

Қазақстан Республикасының
Экология және
табиғи ресурстар
Министрлігі
«Қазгидромет» Республикалық
мемлекеттік кәсіпорны

Министерство экологии и
природных ресурсов
Республики Казахстан
Республиканское
государственное
предприятие «Казгидромет»

Ministry of Ecology and natural
resources
Republic of Kazakhstan
Republican State
Enterprise "Kazgidromet"

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

Quarterly
scientific and technical journal

№4

Астана, 2024
Astana, 2024

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Д.К. Алимбаева

ЗАМ. ГЛАВНОГО
РЕДАКТОРА

С.Б. Саиров

РЕДАКЦИЯ

Н.У. Кужагельдина
М.Қ.Нұрхан
Л.Б. Базарбай

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Н.Н. Абаев (Астана, Казахстан)
Р.Г. Абдрахимов (Алматы, Казахстан)
А.А. Волчек (Брест, Беларусь)
А.В. Галаева (Алматы, Казахстан)
А. Гафуров (Потсдам, Германия)
Е.Ж. Муртазин (Алматы, Казахстан)
Ж.С. Мустафаев (Алматы, Казахстан)
Ж.К. Наурызбаева (Алматы, Казахстан)
К. Опп (Марбург, ФРГ)
Е.В. Островская (Астрахань, Россия)
В.Г. Сальников (Алматы, Казахстан)
Б.С. Степанов (Алматы, Казахстан)
С.Г. Сафаров (Баку, Азербайджан)
А.Г. Терехов (Алматы, Казахстан)
А.В. Чередниченко (Алматы, Казахстан)
Р.К. Яфязова (Алматы, Казахстан)

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ **№ 4 (115)**

© Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ KZ13VPY00070023 от 15 мая 2023 г.

Адрес редакции: 010000, Астана,
пр. Мәңгілік Ел, 11/1, к. 602

Телефон: (7172) 79-83-03;

E-mail: hydromet.journal@gmail.com

<http://www.kazhydromet.kz>

<http://journal.kazhydromet.kz>

EDITOR-IN-CHIEF	D. Alimbayeva
DEPUTY CHIEF EDITORS	S. Sairov
EDITORIAL STAFF	N. Kuzhageldina M. Nurkhan L. Bazarbay
EDITORIAL BOARD	N. Abayev (Astana, Kazakhstan) R. Abdralhimov (Almaty, Kazakhstan) A. Volchek (Brest, Belarus) A. Galayeva (Almaty, Kazakhstan) E. Murtazin (Almaty, Kazakhstan) Zh. Mustafayev (Almaty, Kazakhstan) Zh. Naurozbayeva (Almaty, Kazakhstan) C. Opp (Marburg, Germany) E. Ostrovskaya (Astrakhan, Russia) V. Salnikov (Almaty, Kazakhstan) B. Stepanov (Almaty, Kazakhstan) S. Safarov (Baku, Azerbaijan) A. Terekhov (Almaty, Kazakhstan) A. Cherednichenko (Almaty, Kazakhstan) R. Yafyazova (Almaty, Kazakhstan)

HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

№ 4 (115)

© Published since 1995.
 Registration certificate
 № KZ13VPY00070023 from 15 may 2023.
 Address: 010000, Astana,
 Mangilik El Ave., 11/1 office 602
 Phone (7172) 79-83-03
 E-mail: hydromet.journal@gmail.com
<http://www.kazhydromet.kz>
<http://journal.kazhydromet.kz>

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

А.Г. Елтай, Г.М. Шишкина, Н.Н. Жагпарова, Л.Б. Базарбай	7
ВЛИЯНИЕ РЕКИ ЖАЙЫК НА УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ.....	
Ж.Г. Берденов, Н.Б. Зинабдин, А.Е. Егинбаева, Г.Е. Мендыбаева, С.Р. Садвакасова, Е.Х. Какимжанов	15
АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ ЕЛЕК В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА.....	
Н.Ж. Турсын, Д.Д. Арыстамбекова	28
ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ И МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ В РЕКЕ ЖАЙЫК.....	
М.М. Махамбетова, О. Шатыр, А.С. Нысанбаева	39
ТЕКУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА	
Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова	50
АНТРОПОГЕННЫЙ СЕЛЬ, НАБЛЮДАВШИЙСЯ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ШЫМБУЛАК 30 ИЮНЯ 2024 ГОДА.....	
Ж.О. Озгелдинова, Ж.Т. Мукаев, К.М. Турлыбеков, А.А. Жангужина, М.А. Алагуджаева, М.М. Улыкпанова	62
ОЦЕНКА ПОЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ.....	
С.Т. Токсанбаева, Н.Е. Рамазанова, М.Н. Мусабаева	75
ЛАНДШАФТНЫЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СТЕПНУЮ ЗОНУ БАСЕЙНА РЕКИ ЖАЙЫК ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	
В.П. Капица, Н.Е. Касаткин, И.В. Северский, З.С. Усманова, А.Б. Егоров	91
БАЛАНС И КИНЕМАТИКА МАССЫ ЛЕДНИКА ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТУЙЫКСУ, СЕВЕРНЫЙ СКЛОН ИЛЕ АЛАТАУ.....	
Г.С. Актаева	111
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА К ЗАГРЯЗНЕНИЮ УГЛЕВОДОРОДАМИ НА ТЕРРИТОРИИ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАШАГАН.....	
С.О. Кожажулов, В.Г. Сальников, Г.К. Байдаулетова	123
ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	
Т.Б. Байназарова, Г.Б. Тойчибекова, Ұ.А. Серік, К.Т. Абдраимова, Г.С. Шалабаева	138
СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВЫБРОСОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ В УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	
Н.Т. Кемербаев., Г.А. Мусина, М.Х. Шкиева, К.Б. Самарханов, А.Т. Баталова, А.Н. Рахимжанов	152
ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ СИСТЕМ И ИХ РОЛЬ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	
ХРОНИКА	
М.М. Молдахметов (к 60-летию со дня рождения).....	167

МАЗМҰНЫ

ҒЫЛЫМИ МАҚАЛАЛАР

А.Г. Елтай, Г.М. Шишкина, Н.Н. Жагпарова, Л.Б. Базарбай	7
ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНІҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІ.....	
Ж.Г. Берденов, Н.Б. Зинабдин, А.Е. Егинбаева, Г.Е. Мендыбаева, С.Р. Садвакасова, Е.Х. Какимжанов	15
ТЕХНОГЕНЕЗДІҢ ӘСЕР АЙМАҒЫНДАҒЫ ЕЛЕК ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ СУ САПАСЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ.....	
Н.Ж. Турсын, Д.Д. Арыстамбекова	28
ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНДЕГІ МҰЗ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ МЕН МЕТЕОЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ӨЗГЕРІСІН БАҒАЛАУ.....	
М.М. Махамбетова, О. Шатыр, А.С. Нысанбаева	39
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ШЫҒЫСЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ АҒЫМДАҒЫ ҮРДІСТЕРІ.....	
Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова	50
2024 ЖЫЛ 30 МАУСЫМ ШЫМБҰЛАҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АНТРОПОГЕНДІК СЕЛДІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ.....	
Ж.О. Озгелдинова, Ж.Т. Мукаев, К.М. Турлыбеков, А.А. Жангужина, М.А. Алагуджаева, М.М. Улыкпанова	62
ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ОРМАН ТҮРЛЕРІНІҢ ӨРТКЕ ТӨЗІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ.....	
С.Т. Токсанбаева, Н.Е. Рамазанова, М.Н. Мусабоева	75
БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ДАЛАЛЫҚ БЕЛДЕУІН ҚАЛЫПТАСТЫРАТЫН ЛАНДШАФТТЫҚ ФАКТОРЛАР.....	
В.П. Капица, Н.Е. Касаткин, И.В. Северский, З.С. Усманова, А.Б. Егоров	91
ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БАУРАЙЫНДАҒЫ ОРТАЛЫҚ ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫ МАССАСЫНЫҢ БАЛАНСЫ МЕН КИНЕМАТИКАСЫ.....	
Г.С. Ақтаева	111
ҚАШАҒАН КЕН ОРНЫНЫҢ ЖЕРҮСТІ КЕШЕНІНІҢ АУМАҒЫНДА КӨМІРСҮТЕКТЕРМЕН ЛАСТАНУҒА ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ.....	
С.О. Кожажулов, В.Г. Сальников, Г.К. Байдаулетова	123
БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АУА БАССЕЙІНІНІҢ ЛАСТАНУЫН КЕҢІСТІКТІК ТАЛДАУ.....	
Т.Б. Байназарова, Г.Б. Тойчибекова, Ұ.А. Серік, К.Т. Абдраимова, Г.С. Шалабаева	138
ҚОРШАҒАН ОРТА САПАСЫН ЖАҚСАРТУДА ЖЫЛУ ЭЛЕКТР ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ ЖОЛДАРЫ.....	

ШОЛУ МАҚАЛА

Н.Т. Кемербаев, Г.А. Мусина, М.Х. Шкиева, К.Б. Самарханов, Ә.Т. Баталова, А.Н. Рахимжанов	152
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ КАЛИБРЛЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ШОЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕГІ РӨЛІ.....	

ХРОНИКА

М.М. Молдахметов (туғанына 60 жыл толу мерейтойына орай).....	167
--	-----

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

A. Yeltay, G. Shishkina, N. Zhagparova, L. Bazarbay	7
IMPACT OF THE ZHAIYK RIVER ON CASPIAN SEA LEVEL.....	
Zh. Berdenov, N. Zinabdin, A. Eginbaeva, G. Mendybaeva, S. Sadvakassova, E. Kakimzhanov	15
ANALYSES AND ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY IN THE ELEK RIVER BASIN IN THE ZONE OF TECHNOGENESIS INFLUENCE.....	
N. Tursyn, D. Arystambekova	28
ASSESSMENT OF LONG-TERM CHANGES IN ICE PHENOMENA AND METEOROLOGICAL ELEMENTS IN THE ZHAIYK RIVER.....	
M. Makhambetova, O. Satir, A. Nyssanbaeva	39
PRESENT TRENDS IN AIR TEMPERATURE IN THE EAST OF KAZAKHSTAN.....	
B. Stepanov, R. Yafyazova	50
ANTHROPOGENIC DEBRIS FLOW IN THE SHYMBULAK RIVER BASIN ON JUNE 30, 2024	
Zh. Ozgeldinova, Zh. Mukaev, K. Turlybekov, A. Zhanguzhina, M. Alagujayeva, M. Ulykpanova	62
ASSESMENT OF FIRE RESISTANCE OF FOREST-FORMING ROCKS OF KOSTANAY REGION.....	
S. Toxanbayeva, N. Ramazanova, M. Musabayeva	75
LANDSCAPE FACTORS FORMING THE STEPPE ZONE OF THE ZHAYIK RIVER BASIN OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION.....	
V. Kapitsa, N. Kassatkin, I. Severskiy, Z. Usmanova, A. Yegorov	91
BALANCE AND KINEMATICS OF THE MASS OF CENTRAL TUIYKSU GLACIER, NORTHERN SLOPE OF ILE ALATAU.....	
G. Aktayeva	111
ASSESSMENT OF THE STABILITY OF THE SOIL COVER TO HYDROCARBON POLLUTION IN THE TERRITORY OF THE ONSHORE COMPLEX OF THE KASHAGAN FIELD	
S. Kozhagulov, V. Salnikov, G. Bidauletova	123
SPATIAL ANALYSIS OF AIR POLLUTION IN THE WEST KAZAKHSTAN REGION	
T. Bainazarova, G. Toychibekova, U. Serik, K. Abdraimova	138
WAYS TO RECYCLE THERMAL POWER PLANT EMISSIONS IN IMPROVING ENVIRONMENTAL QUALITY.....	
REVIEW ARTICLE	
N. Kemberbayev, G. Mussina, M. Shkiyeva, K. Samarkhanov, A. Batalova, A. Rakhimzhanov	152
AN OVERVIEW OF INTERNATIONAL CALIBRATION SYSTEMS AND THEIR ROLE IN ENVIRONMENTAL RESEARCH.....	
CHRONICLE	
M. Moldakhmetov (to the 60th anniversary).....	167

IMPACT OF THE ZHAIYK RIVER ON CASPIAN SEA LEVEL

A. Yeltay PhD, G. Shishkina, N. Zhagparova, L. Bazarbay*

RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan

E-mail: bazarbay_l@meteo.kz

The Caspian Sea is subject to multi-year, seasonal and short-period changes in level, especially due to the influence of anthropogenic and climatic factors. The conducted correlation and regression analysis of water level data of the river Zhaiyk river – Atyrau city and the Caspian Sea - Peshnoy Station showed a fairly high linear relationship ($r=0,93$, $R^2=0,87$) between the long-term average daily values of characteristics for 2006...2023. Rise in the Zhaiyk river - Atyrau city in the period of low water is directly reflected in the sea level rise at the sea Peshnoy Station, which was clearly seen in the current year. Thus, space images of Sentinel-2 L2A satellite for April-May 2024 recorded the inflow of river water into the Caspian Sea. The assessment of the relationship between the characteristics under consideration showed that high correlations are not the main factor in determining the impact of the Zhaiyk river flow of the sea, for its northeastern part, other factors of level change (storm winds, tidal events and others) should be considered in particular.

Keywords: level, correlation, regression, change, northeast section.

Accepted: 06.06.2024 y.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-7-14

INTRODUCTION

The coastal zones of seas and oceans are key to ecosystems and human activities, including for the 700 million people living in low-lying coastal and island regions below 10 meters above sea level (UN Chronicle, 2024; Sea Level Rise and Coastal Inundation, 2024). These areas are exposed to significant risks, including sea level fluctuations, storm surges and coastal erosion.

As the largest body of water in Kazakhstan, the Caspian Sea has a significant impact on the coastal regions of the country's west. The hydrometeorological regime of the Caspian Sea is influenced by a range of factors, including climate and human activity in the basin main rivers. The observed climatic changes in the sea area are characterised by an increase in mean annual and seasonal surface air temperatures, an increase in the frequency of extremely high daily temperatures, the duration of heat waves and changes in the precipitation regime. The rate of increase of average annual temperatures in the Caspian region ranges from 0,24 °C to 0,43 °C per 10 years, which confirms the high rate of climate change. The maximum warming is observed in the winter-spring period, which may negatively affect the hydrological regime of rivers such as the Zhaiyk, which is a key

source of water inflow to the Caspian Sea. During the conditionally natural period, the average annual flow was 327 m³/s, while in subsequent years this indicator decreased to 279 m³/s and 294 m³/s, respectively (Dolgikh, 2021). Until now, about 19 large reservoirs have been built, which regulate the flow of the main rivers of the Caspian Sea basin (Mitina, Malashenkov, 2013).

It's notable that Caspian Sea main sources of nutrition are the Volga, Terek, Zhaiyk (Ural), Kura and other rivers, as well as precipitation falling over the sea area (Caspian Sea, 2024). For the observed Kazakhstan part of the Caspian Sea, the Zhaiyk (Ural) is the main river flowing into it, which occur between April and June, and a decreasing trend in flow over recent decades.

The region has seen the number of days with temperatures above 30 °C increase by 1...8 days every 10 years, and days with minimum temperatures below 0 °C decrease by 2...5 days. Positive changes of annual precipitation are also observed at Peshnoy Station. (Ivkina et al., 2020; Davletgaliev, 2015). In recent years (2020 to 2023) an increase in rainfall has been recorded, especially in 2023 the rainfall totaled 214,6 mm. Before that it was: 2020...89,4 mm, 2021...77,1, 2022...166,2 mm. (Data from the website CliWare 2.1.02)

The northeastern part of the Caspian Sea is included in the state protected zone in the northern part of the Caspian Sea (Environmental Code of the Republic of Kazakhstan, 2021), which establishes a certain regime to preserve the ecological balance of the region.

The present study examines the impact of the Zhaiyk river (Ural) on the level of the Caspian Sea in its shallow northeastern part during the 2024 flood period.

MATERIALS AND METHODS

In this paper the dependence between the level of the Caspian Sea in its northeastern part near the Peshnoy Station and the water level on the Zhaiyk river– Atyrau city with the use of data from RSE «Kazhydromet» (Annual data on the regime and resources of surface waters of land...rivers Ural, 2023; Annual data on the regime of the Caspian Sea, 2022) based on correlation and regression analysis of data for the period 2006...2023.

The Pearson correlation coefficient is one of the main tools for assessing the linear relationship between river levels and sea levels. The correlation between the levels of the Zhaiyk river and the level of the Caspian Sea shows peculiarities depending on the season. Summer months are characterised by a lower correlation, which is explained by a decrease in river flow due to evaporation and lower precipitation.

Correlation analysis makes it possible to determine whether there is a relationship between the characteristics under consideration, as well as to identify the degree of association between them:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (1)$$

where, x_i is the value of the actual variable, $\bar{x}$ - the mean or norm of the actual variable, y_i is the value of the variable being compared, $(\bar{y})$ – the mean or norm of the variable being compared;

Regression analysis was used to determine the nature of the relationship between the characteristics and to construct a regression relationship.

RESULTS AND DISCUSSION

Because of its shallowness, the north-eastern part of the sea is subject to frequent changes in sea level, both perennial and seasonal, as well as short-term changes under the influence of strong winds and tides.

During the period of systematic observations at the Peshnoy Station for 1929...2023, the sea level fluctuated around minus 27,67 m (BS – Baltic system), with a maximum of -26,04 m (BS) and a minimum of -28,86 m (BS) (Figure 1). The sea level data at Peshnoy Station were taken from the General Catalogue of the Caspian Sea Level available at the official site of CASPCOM (<http://www.caspcom.com/index.php?razd=sess&lang=1&sess=17&podsess=61>). Since 2006 the sea level at Peshnoy Station has been on a downward trend and by 2023 it has decreased by 1,67 m compared to 2006 to minus -28,72 m (BS).

Therefore, further calculations were made for the current period of sea level fall (2006...2023).

In turn, the intra-annual variation of sea level showed that over the multi-year period, the maximum is observed in May-June (39 % and 31 %, respectively) and the minimum in November-December (25 % and 19 %, respectively) (Fig. 2).

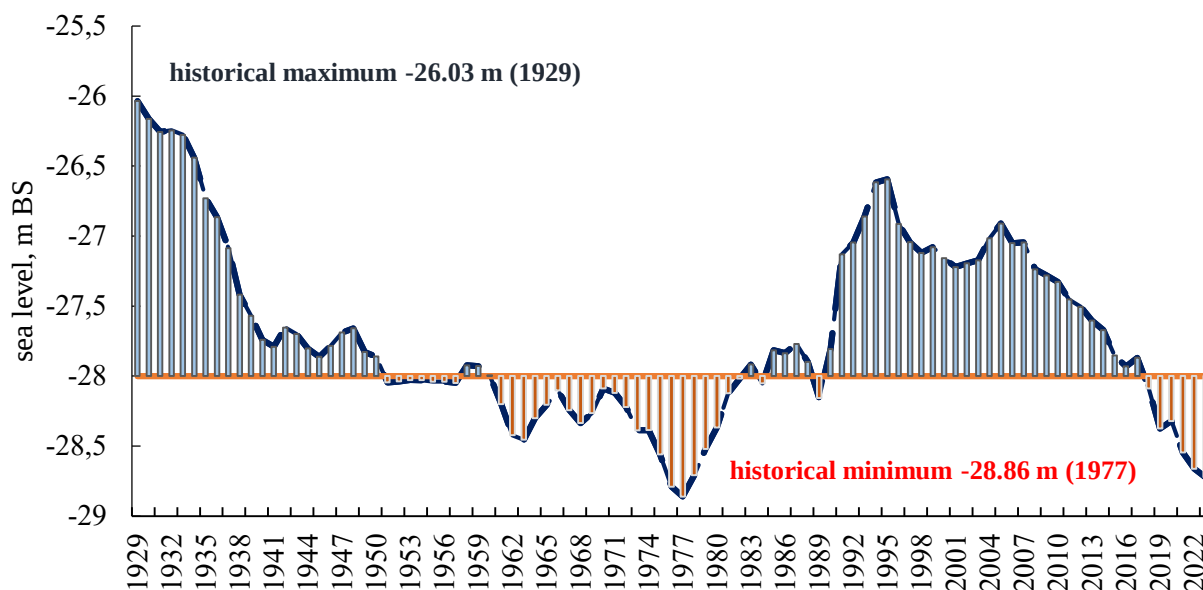


Fig. 1. Graph of changes in mean sea level at Peshnoy Station for 1929 to 2023

The location of the Peshnoy Station near the mouth of the Zhaiyk river (Ural) results in the fact that the hydrological characteristics of the sea in this area are affected by the river, which is noted by its influence on sea level, temperature regime and salinity values (Yeltay, Galayeva, 2020; Ivkina et al., 2020).

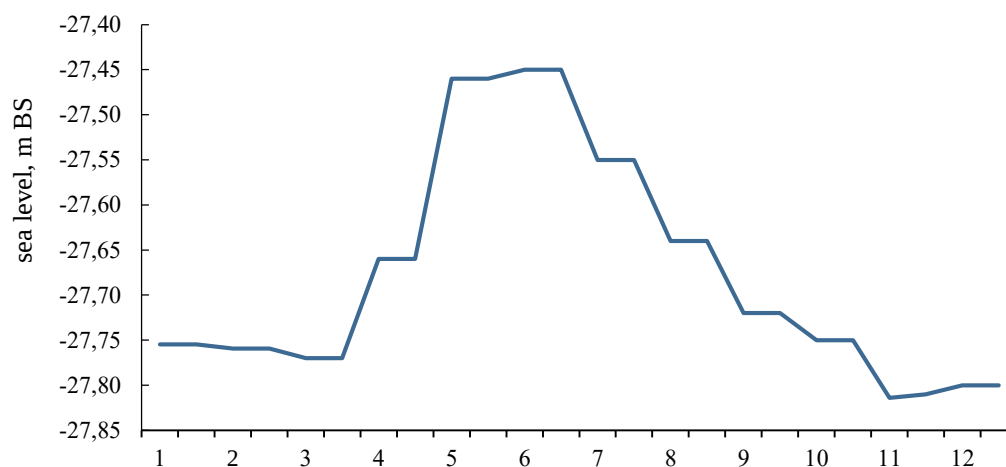


Fig. 2. Intra-annual variation of mean sea level at Peshnoy Station for the period 1929...2023

The correlation between the average daily values of the considered characteristics for April-June separately for each year showed that the closeness of the relationship between the data on average for the period 2006...2023 amounted to 0,54, in some years it ranged from 0,03 (2014) to 0,96 (2023). Looking at the correlation coefficients for individual months, they ranged from -0,11 to 0,92 in April, -0,55 to 0,79 in May, and 0,17 to 0,92 in June.

The conducted correlation analysis of average daily data for 2006...2023 showed that sea level variability near Peshnoy Station is not in direct dependence on the level of the Zhaiyk river

(Ural) near Atyrau city.

In this regard, for further assessment of the impact of river runoff on the sea, the data of multiyear (2006...2023) average daily values of the characteristics under consideration were applied. Analysis of long-term average water levels on the river and in the sea showed that the levels have a fairly high level of correlation, $r=0,93$. Regression analysis showed that the coefficient of determination is equal to 0,87 or 87 %, indicating that the data of water level in the river by 87 % explain the relationship between them and sea level data (Figure 3).

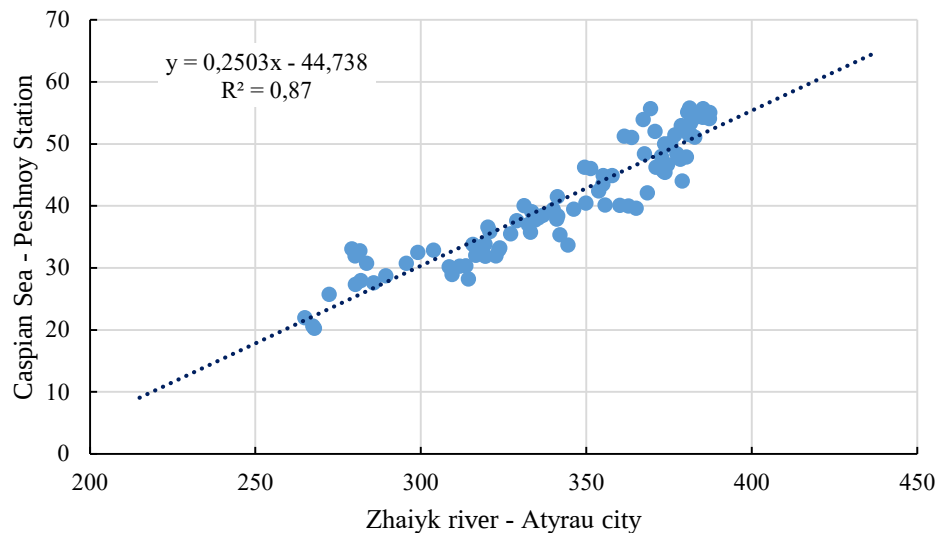


Fig. 3. Graph of relationship between the water level of the Zhaiyk river - Atyrau city and the Caspian Sea near Peshnoy Station

Figure 4 shows a graph of the course of multiyear average values of water levels and for individual years, which shows that the daily course of levels is generally similar. Thus, increase of the level on the Zhaiyk river near Atyrau city during flood period directly reflected on sea level

changes near Peshnoy Station. This highlights the significant impact of river runoff on water exchange and sea level changes in the north-eastern Caspian Sea. It is essential to consider this when assessing the water balance and forecasting hydrological processes in the region.

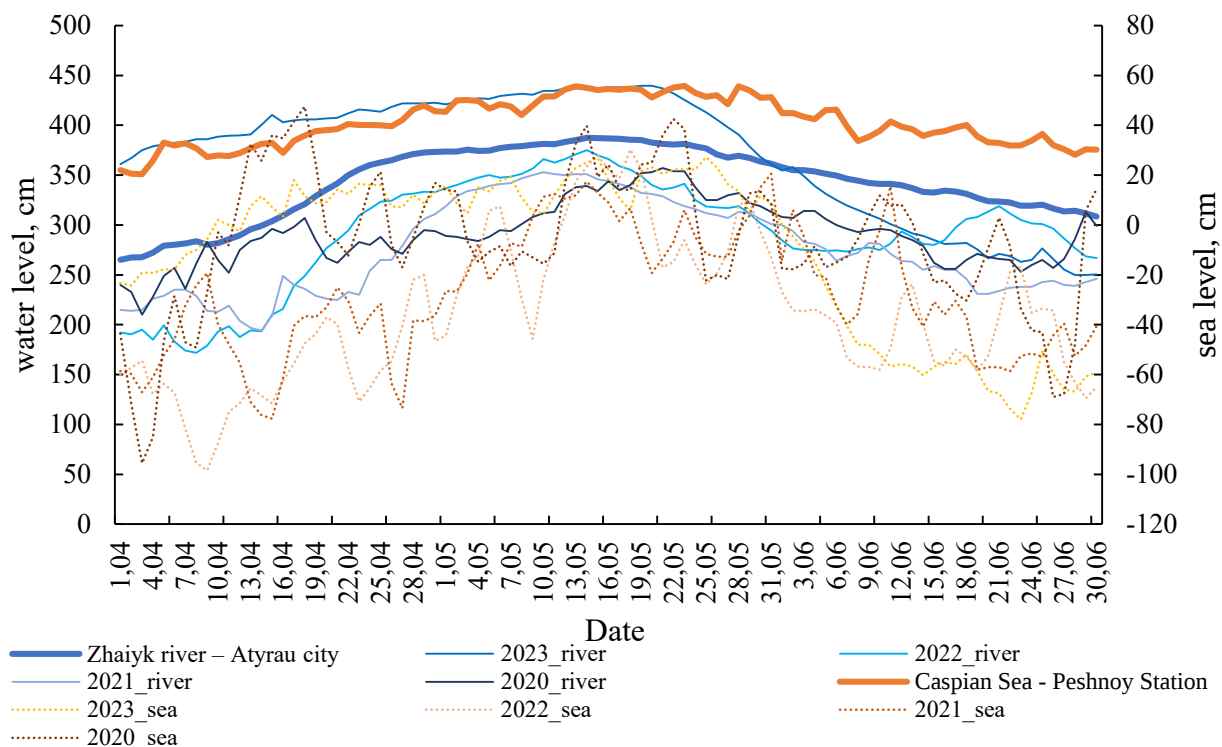


Fig. 4. Graph of level progress on the Zhaiyk river – Atyrau city and Caspian Sea - Peshnoy Station

In the current year, between 11 April and 10 May, a gradual increase in sea level was observed in the Peshnoy Station data, reaching a maximum of 125 cm (from -28,72 m (BS) to

-27,47 m (BS)). From 11 May to 27 June, there was no further increase in sea level, with the level in the Peshnoy area averaging around -27,29 m (BS) (or 71 cm). However, despite the observed sea

level rise in Peshnoy by 1.25 m, no significant sea level change was noted at other sea stations along the Kazakhstan coastline during this period.

Sentinel-2 L2A satellite space images

for April-May 2024 (Figure 5) show the spread of river water on the northeastern part of the Caspian Sea (Copernicus browser, 2024).

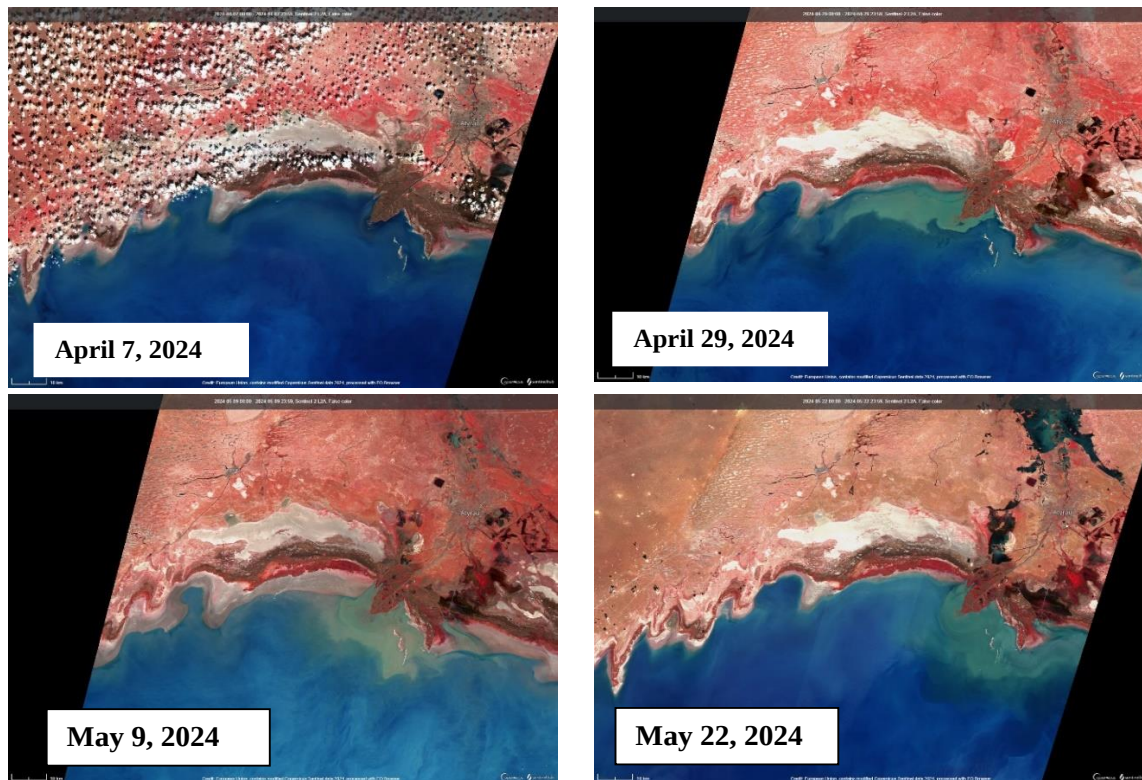


Fig. 5. Space images of the Caspian Sea water areas in April-May 2024 (Copernicus browser; 2024)

In April-May of the current year, the relationship between the water level on the river and Peshnoy Station have a very high correlation coefficient ($r=0,99$), according to regression

analysis, the data of the Zhaiyk river – Atyrau city on 97 % explain the relationship between them and sea level data (Figure 6).

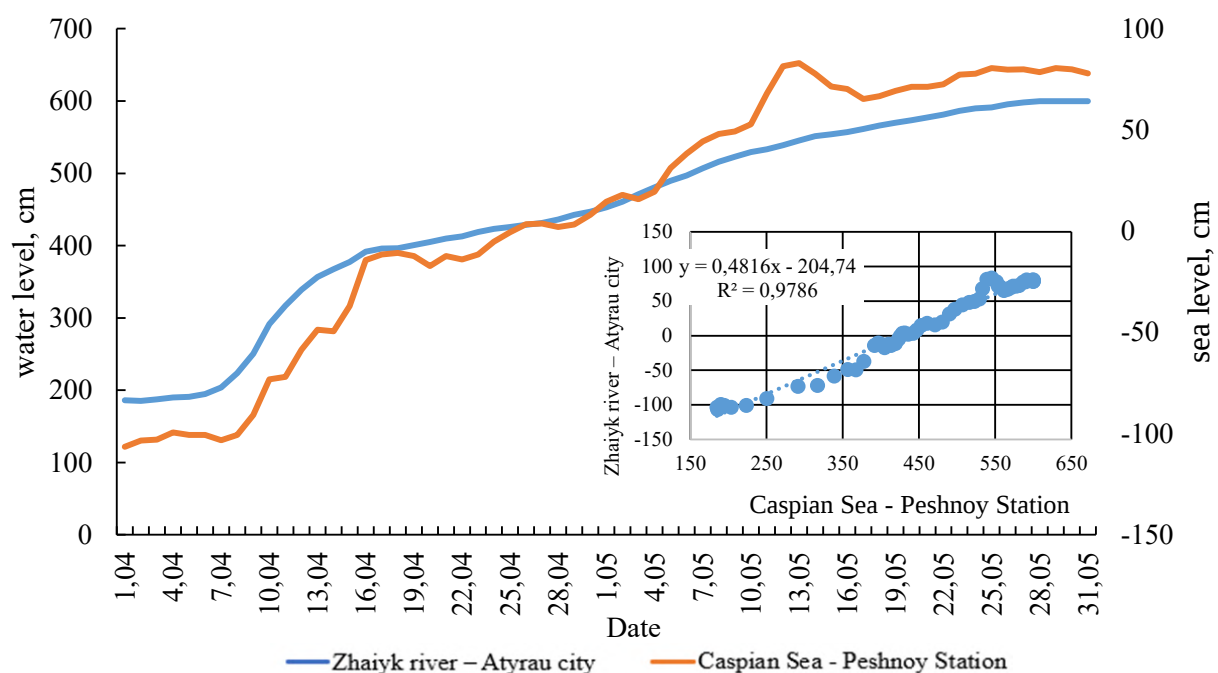


Fig. 6. Graph of level progress on the Zhaiyk river – Atyrau city and Caspian Sea - Peshnoy Station for April-May 2024

CONCLUSION

In conclusion, it should be noted that sea level changes in the Caspian Sea are the result of a complex interaction of natural and anthropogenic factors. Observations carried out during the 2024 flood period showed that the increase in water level in the Zhaiyk river caused a localized increase in sea level in the vicinity of the Peshnoy Station settlement.

Analyses of the relationship between water level data in the Zhaiyk river and sea level at Peshnoy Station settlement revealed a significant straight-line relationship with a high correlation coefficient based on multi-year averages ($r=0,93$). However, despite the detected correlation, the results of the regression analysis do not allow reliable forecasting of future sea level changes. This is due to the fact that in the area under consideration the sea level is subject to short-term and periodic fluctuations caused by wind and other local factors.

In the current year, the change of water level on the Zhaiyk River in the first decade of April by 131 cm and its further increase during the flood period resulted in sea level rise in the area of Peshnoy station by 125 cm (from 11 April to 10 May). It is also worth noting that rainfall during this period was 0,4 mm in April and 27,7 mm in May.

Sea level rise during the flood period may exacerbate the impact of surge events, which may lead to increased wave heights and other negative impacts on coastal areas. Thus, for a more accurate risk assessment and the development of effective measures to protect coastal zones, it is necessary to conduct continuous monitoring and comprehensive analysis of sea level in the area where the Zhaiyk river flows into the Caspian Sea, taking into account both natural fluctuations and the impact of anthropogenic factors.

REFERENCES

1. UN Chronicle. Inequality, Tsunamis and the Climate Crisis: Achieving a Resilient Future for All [Electronic resource] URL: <https://www.un.org/ru/213875>, date of access: 20.04.2024.
2. Dolgikh S.A. Modern climate change in the Kazakhstan territory of the Caspian Sea region, International Scientific Conference 'Climate Change in the Caspian Sea Region', 27-28 October 2021, 42-44 p URL: [https://tehranconvention.org/system/files/web/proceedings_of_the_scientific_conference_on_the_climate_change_in_the_caspian_sea](https://tehranconvention.org/system/files/web/proceedings_of_the_scientific_conference_on_the_climate_change_in_the_caspian_sea_region_rus_1.pdf)
3. Ivkina N.I (2016). Change of water inflow to the Caspian Sea as a result of anthropogenous influence and climate change on the example of Zhayik (Ural) river. Hydrometeorology and Ecology. 2016. №3, 50–56. URL: <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/458>
4. Sea level rise and coastal flooding. [Electronic resource] URL: <https://www.c40.org/ru/what-we-do/scaling-up-climate-action/adaptation-water/the-future-we-dont-want/sea-level-rise/>, date of reference: 19.04.2024.
5. Mitina N.N., Malashenkov B.M. Natural and anthropogenic factors of impact on the Caspian Sea level // Water: Chemistry and Ecology. No.3, 2013. - c.3-8. URL: https://istina.msu.ru/media/publications/articles/ba2fb1/3538329/MITINA_N.N._Pages_from_vch_03-2013_.pdf
6. Caspian Sea. [Electronic resource] URL: http://win.limno.ru/publ/5_3.pdf, date of reference: 15.04.2024.
7. Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Volume 6. Caspian Sea. Vol. 1. / Edited by F.S. Terziev, A.N. Kosarev, A.A. Kerimov. - SPb.:Hydrometeeoizdat, 1992.- P. 358-359.
8. The Ural-Caspian Canal is planned to be included in the TMTM. Ministry of Transport of the RK. [Electronic resource] URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/transport/press/news/details/669839?lang=ru>, date of reference: 15.05.2024.
9. Ecological Code of the RK. [Electronic resource] URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>, date of reference: 10.05.2024.
10. Annual data on terrestrial surface water regime and resources, 2021 Part 1. Rivers and canals. Issue 4. Basins of the Ural River (middle and lower reaches), Emba River and the Volga River estuary. Astana, 2023. 260 p.
11. Annual data on the Caspian Sea regime (Kazakhstan coast), 2021 Astana: RSE "Kazgidromet", 2022. 60 c.
12. Yeltay A.G., Galaeva A.V. Analysis of the World Ocean Atlas data in relation to the Caspian Sea // Hydrometeorology and Ecology. 2020. №3 (98). c. 44-51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-dannyh-atlasa-mirovogo-okeana-primenitelno-k-kaspiyskomu-moryu>, date of access: 20.05.2024.
13. Ivkina N.I., Yeltay A.G., Klove Bjorn, Saduokasova M.T., Shenberger I.V., Shishkina G.M. Level fluctuations and their impact on oil pollution of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea // Hydrometeorology and Ecology. 2020. №2 (97). c. 62-72. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kolebaniya-urovnnya-i-ih-vliyanie-na-neftyanoe-zagryaznenie-kazahstanskogo-sektora-kaspiyskogo-morya>, date of reference: 19.05.2024.
14. Ivkina N.I., Vassenina E.I., Yeltay A.G. Runup and surge phenomena in the northeastern part of the Caspian Sea in modern conditions. Hydrometeorology and Ecology, No. 2 (93), Almaty, 2019. 77-85 pp.
15. Catalog of runup and surge phenomena of the Caspian Sea. RSE "Kazhydromet". - 2012 г. - С. 60.
16. Copernicus browser. [Electronic resource] URL: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> date of reference: 02.04.2024.

17. Ivkina N.I., Galaeva A.V., Sairov S.B., Dolgikh S.A., Smirnova E.Y. ESTIMATION OF ANNUAL RUNOFF OF THE RIVER ZHAYYK (URAL) IN THE RESERVOIR NEAR THE VILLAGE OF KUSHUM FOR THE PERIOD UP TO 2050. INCLUDING CLIMATE CHANGE // Hydrometeorology and Ecology. 2020. №3 (98). С. 52-69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-godovogo-stoka-reki-zhayyk-ural-v-stvore-u-s-kushum-na-perspektivu-do-2050-g>

s-uchetom-izmeneniya-klimata. date of reference: 05.05.2024
18. Davletgaliev S.K. PROGNOSIS OF WATER RESOURCES OF THE URAL-CASPIAN BASIN // Hydrometeorology and Ecology. 2015. №1 (76). С. 115-120. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognoz-vodnyh-resursov-uralo-kaspiyskogo-basseyina>. date of access: 05.05.2024.

ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНІҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІ

А.Г. Елтай PhD, Г.М. Шишкина, Н.Н. Жагпарова, Л.Б. Базарбай*

«Қазгидромет» РМҚ, Астана, Қазақстан

E-mail: bazarbay_l@meteo.kz

Каспий теңізі деңгейінің ұзақ мерзімді, маусымдық және қысқа мерзімді өзгерістерге ұшырауы, әсіресе антропогендік және климаттық факторларға байланысты болады. 2006...2023 жылдарға арналған сипаттамаларға сәйкес Жайық өзені – Атырау қаласы мен Каспий теңізі – Пешной станциясы су деңгейі деректерінің корреляциялық және регрессиялық талдауы көпжылдық орташа тәуліктік мәндер арасында айтарлықтай жоғары сызықтық байланысты ($r=0,93$, $R^2=0,87$) көрсетті. Су тасқыны кезеңінде Жайық өзені – Атырау қаласы суының көтерілуі биылғы жылы Пешной теңіздік станциясындағы теңіз деңгейінің көтерілуінен айқын көрініс тапты. Осылайша, 2024 жылдың сәуір-мамыр айларына арналған Sentinel-2 L2A спутнигінің ғарыштық суреттері өзен суының Каспий теңізіне құйылуын тіркеді. Қарастырылып отырған сипаттамалар арасындағы байланысты бағалау Жайық өзені ағынының теңізге әсерін анықтауда жоғары корреляцияның негізгі фактор болып табылмайтынын көрсетті. Каспий теңізінің солтүстік-шығыс бөлігі үшін теңіз деңгейінің өзгеруіне басқа факторлардың әсерін (дауыл желдері, толқындық құбылыстар және т.б.) ерекше ескеру қажет.

Түйін сөздер: деңгей, корреляция, регрессия, өзгерістер, солтүстік-шығыс бөлігі.

ВЛИЯНИЕ РЕКИ ЖАЙЫК НА УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

А.Г. Елтай PhD, Г.М. Шишкина, Н.Н. Жагпарова, Л.Б. Базарбай*

РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан

E-mail: bazarbay_l@meteo.kz

Каспийское море подвержено многолетним, сезонным и коротко- периодическим изменениям уровня, в особенности из-за влияния антропогенных и климатических факторов. Проведенный корреляционный и регрессионный анализ данных уровня воды реки Жайык – г. Атырау и Каспийское море – станция Пешной показал достаточно высокую прямолинейную связь ($r=0,93$, $R^2=0,87$) между многолетними средними суточными значениями характеристик за 2006...2023 гг. Повышение на реке Жайык – г. Атырау в период половодья непосредственно отражается на повышении уровня моря у морской станции Пешной, что отчетливо было видно в текущем году. Так космические снимки спутника Sentinel-2 L2A за апрель-май 2024 года зафиксировали поступление речной воды в Каспийское море. Проведенная оценка связи между рассматриваемыми характеристиками показала, что высокие корреляционные связи не являются основным фактором определения влияния стока реки Жайык на море, для северо-восточной его части в особенности должны рассматриваться другие факторы изменения уровня (штормовые ветра, приливные явления и другие).

Ключевые слова: уровень, корреляция, регрессия, изменения, северо-восточная часть.

Information about authors/ Авторлар туралы мәліметтер/ Сведения об авторах:

Yeltay A. – PhD, Head of the Caspian Sea hydrometeorological research department of the Scientific-research center, RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan, Mangilik el 11/1, eltai_a@meteo.kz

Bazarbay L. – Master of Natural Sciences, Leading Researcher of the Caspian Sea hydrometeorological research department of the Scientific-research center, RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan, Mangilik el 11/1, bazarbay_l@meteo.kz

Zhagparova N. – Master of Natural Sciences, Leading Engineer of the Caspian Sea hydrometeorological research department of the Scientific-research center, RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan, Mangilik el 11/1, zhagparova_n@meteo.kz

Shishkina G. – Leading Researcher of the Caspian Sea hydrometeorological research department of the Scientific-research center, RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan, Mangilik el 11/1, shishkina_g@meteo.kz

Елтай Айзат Галикызы – PhD, Ғылыми-зерттеу орталығы Каспий теңізін гидрометеорологиялық зерттеулер басқармасының бастығы, «Казгидромет» РМК, Астана, Қазақстан, Мәңгілік ел 11/1, eltai_a@meteo.kz

Базарбай Лаура Бекзатқызы – Жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Ғылыми-зерттеу орталығы Каспий теңізін гидрометеорологиялық зерттеулер басқармасының жетекші ғылыми қызметкері, «Казгидромет» РМК, Астана, Қазақстан, Мәңгілік ел 11/1, bazarbay_l@meteo.kz

Жағпарова Нұрғаным Нұрғисақызы – Жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Ғылыми-зерттеу орталығы Каспий теңізін гидрометеорологиялық зерттеулер басқармасының жетекші инженері, «Казгидромет» РМК, Астана, Қазақстан, Мәңгілік ел 11/1, zhagparova_n@meteo.kz

Шишкина Галина Михайловна – Ғылыми-зерттеу орталығы Каспий теңізін гидрометеорологиялық зерттеулер басқармасының жетекші ғылыми қызметкері, «Казгидромет» РМК, Астана, Қазақстан, Мәңгілік ел 11/1, shishkina_g@meteo.kz

Елтай Айзат Галикызы – PhD, начальник управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря Научно-исследовательского центра, РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан, Мангилик ел 11/1, eltai_a@meteo.kz

Базарбай Лаура Бекзатқызы – Магистр естественных наук, Ведущий научный сотрудник управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря Научно-исследовательского центра, РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан, Мангилик ел 11/1, bazarbay_l@meteo.kz

Жағпарова Нұрғаным Нұрғисақызы – Магистр естественных наук, Ведущий инженер управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря Научно-исследовательского центра, РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан, Мангилик ел 11/1, zhagparova_n@meteo.kz

Шишкина Галина Михайловна – Ведущий научный сотрудник управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря Научно-исследовательского центра, РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан, Мангилик ел 11/1, shishkina_g@meteo.kz

Authors' contribution/ Авторлардың қосқан үлесі/ Вклад авторов:

Елтай А. Г. – разработка концепции, проведение статистического анализа, разработка методологии, ресурсы

Базарбай Л. Б. – проведение статистического анализа, подготовка текста, визуализация

Жағпарова Н. Н. – подготовка текста, визуализация

Шишкина Г. М. – подготовка текста, визуализация, проведение статистического анализа

Елтай А. Г. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдіснаманы әзірлеу, статистикалық талдау, ресурстар

Базарбай Л. Б. – статистикалық талдау, мәтінді дайындау, көрнекілік

Жағпарова Н. Н. – мәтінді дайындау, көрнекілік

Шишкина Г. М. – статистикалық талдау, мәтінді дайындау, көрнекілік

Yeltay A. – conceptualization, resources, development of methodology, statistical analysis

Bazarbay L. – statistical analysis, text preparation, visualization

Zhagparova N. – text preparation, visualization

Shishkina G. – statistical analysis, text preparation, visualization

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ ЕЛЕК В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА

Ж.Г. Берденов¹ PhD, Н.Б. Зинабдин¹ PhD, А.Е. Егинбаева¹ PhD, Г.Е. Мендыбаева²,
С.Р. Садвакасова^{1,3*} к.г.н., Е.Х. Какимжанов² PhD

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³НАО «Информационно-аналитический центр водных ресурсов», Астана, Казахстан

E-mail: saltik81@mail.ru

В статье представлен общий спектр антропогенных факторов, негативно влияющих на геосистемы бассейна реки Елек. Накопление химических элементов и их поступление в объекты окружающей среды являются результатом промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека. В статье анализируются как природные, так и антропогенные факторы, которые негативно влияют на качественный состав поверхностных вод бассейна реки Елек. Основное внимание уделяется исследованию гидрологического режима реки Елек и ее крупных притоков на основе экспедиционных наблюдений, проведенных в 2024 году. Установлено, что геосистемы бассейна Елека уже на протяжении нескольких десятилетий подвержены значительному воздействию как естественных, так и техногенных факторов. В результате химических анализов проб поверхностных вод, отобранных на ключевых участках реки и ее притоков, была выявлена прямая корреляция между присутствующими в воде загрязняющими элементами и деятельностью техносферы. Особое внимание уделено загрязнению притоков реки Елек первого и второго порядка, расположенных в северо-восточной части бассейна. Исследование показало, что источниками тяжёлых металлов, попадающих в водоемы, являются горнодобывающая промышленность и геологоразведочные работы, проводимые в регионе. Для оценки уровня загрязнения воды был рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ) как для реки Елек, так и для её основных притоков. На основе полученных данных сделан вывод, что несмотря на то, что большая часть водных объектов Актюбинской области в целом соответствует нормативам качества поверхностных вод, воды в среднем течении реки Елек попадают в категорию сильно загрязнённых. Это указывает на необходимость более детального и углубленного мониторинга их состояния для предупреждения дальнейшего ухудшения качества вод и разработки мер по снижению уровня загрязнения.

Ключевые слова: бассейн реки, гидрохимические показатели, геоэкологическое состояние.

Поступила: 25.08.2024 г.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-15-27

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение поверхностных вод биосферы относится к глобальным экологическим проблемам. В настоящий момент наблюдается интенсификация промышленного производства, приводящая к увеличению темпов загрязнения водных объектов, а также изъятию значительных объёмов пресной воды из окружающей природной среды. Согласно данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), в настоящее время 3,6 миллиарда человек, что составляет около

46 % населения Земли, испытывают недостаток доступа к воде хотя бы один месяц в году (Доклад ВМО). Деятельность горнодобывающих предприятий оказывает значительное негативное влияние на окружающую среду, вызывая множество сложных и длительных последствий. Одним из основных факторов является разрушение природных ландшафтов, которое происходит при строительстве карьеров, шахт и других объектов инфраструктуры. Этот процесс сопровождается нарушением целостности

почвенного покрова, вырубкой лесов и уничтожением естественных мест обитания множества видов флоры и фауны, что приводит к их исчезновению или вынужденной миграции. Механические факторы, такие как вибрации, шума, а также интенсивное использование тяжелой техники, негативно влияют на животный мир и растительность, способствуя эрозии почв и изменению гидрологического режима территорий. Химико-технологические процессы, сопровождающие добычу, включают использование различных химических реагентов для извлечения металлов и минералов. Это приводит к загрязнению воздуха и водоёмов вредными выбросами и отходами, которые содержат тяжёлые металлы, кислоты и другие токсичные вещества. Кроме того, нарушение гидрологического баланса регионов, где ведётся добыча, может привести к изменению водного стока, осушению болот и рек, что существенно ухудшает экосистемы и негативно сказывается на водных ресурсах, которые могут стать непригодными для использования людьми и животными. Загрязнение вод тяжёлыми металлами и высокоминерализованными растворами часто приводит к накоплению этих вредных веществ в пищевых цепочках, что в долгосрочной перспективе угрожает здоровью как диких животных, так и человека. Складывание отходов горнодобывающей промышленности в виде шлаков и отходов способствует образованию больших площадей токсичных территорий, которые трудно восстановить. Эти отходы могут просачиваться в грунтовые воды и отравлять их, создавая дополнительные риски для сельского хозяйства и снабжения питьевой водой. Таким образом, деятельность горнодобывающих предприятий несёт с собой многоуровневое и продолжительное негативное воздействие на окружающую среду, включая разрушение экосистем, загрязнение атмосферы, воды и почв, а также ухудшение условий для жизни и здоровья местного населения. (Александрова В.В., 2013).

Механическое воздействие связано с целым рядом земляных работ, проводимых во время добычи, складирования и транспортировки руды. Оно приводит к серьёзным изменениям окружающей

среды, включая деформацию поверхности и разрушение микрорельефа, подтопление территорий и образование запруд на озёрах, а также частичное или полное уничтожение растительного покрова и нарушение структуры почвы. Зона воздействия этих изменений распространяется на значительные расстояния, и подтопление территорий вызывает изменение существующих природно-территориальных комплексов (Александрова В.В. и др., 2019).

Техногенез - внутренне закономерный процесс, в определенной мере изменяющийся под влиянием внешних факторов (Saket Dubey et. al., 2021; Berdenov Z. et. al., 2015). В настоящее время техногенез — это процесс, который на глобальном уровне практически неконтролируем и в современном геологическом контексте не управляется разумом и волей человека. Этот процесс протекает на различных иерархических уровнях, условно выделяемых как локальный, региональный и глобальный. Локальные процессы нам знакомы лучше, так как человек часто сознательно вмешивается в их ход и может изменять их направление. Однако взаимосвязи техногенных процессов на разных уровнях остаются слабо изученными (Лаврусевич А.А., 2015; Dzhanaleyeva K. et. al., 2017).

Большое влияние инженерная деятельность человека оказывает на экзогенные процессы, прежде всего - на речную сеть и эрозию (Beketova A. et. al., 2019). Применяется искусственное питание рек благодаря перебрасыванию воды из одной реки в другую и перераспределению стока реки во времени. Плотины, шлюзы и каналы приводят к регулированию как расходов, так и эрозионной деятельности рек. Для зарегулированных рек распространённое в современной геоморфологии представление о так называемой кривой равновесия по большей части теряет смысл. Немаловажный фактор оказывает геоэкологическое состояние поверхностных вод. Поверхностные воды являются одним из важнейших компонентов окружающей среды и их состояние, зачастую, оказывает решающее влияние на экологическую ситуацию в регионе (Krabbenhof C.A. et. al., 2020).

Состояние поверхностных вод и

(Krabbenhof C.A. et. al., 2020).

Состояние поверхностных вод и речной сток служит важной характеристикой геоэкологической обстановки территорий водосборных бассейнов, а знание химического состава вод и его изменения является необходимым условием выявления механизмов и масштабов взаимодействия между компонентами природной среды и объективной оценки геоэкологического состояния территорий региона (Ramazanova N.Y. et. al., 2018).

Выбор территории основывается на более полуторовековой истории антропогенного влияния на поверхностные воды бассейна реки Елек. Вот уже 70 лет поверхностные воды бассейна реки Елек загрязняются бором, более 50 лет – хромом, более 150 лет к ряду в русло реки сбрасываются канализационные стоки не только промышленных предприятий, но и всех населённых пунктов региона (Berdenov Zh., 2017).

Цель работы состояла в изучении показателей качества воды поверхностных водных объектов в зоне влияния техногенеза Актыбинской области с помощью лабораторных исследований, а также оценке экологического состояния водных источни-

ков по различным интегральным характеристикам загрязнённости поверхностных вод.

Территория исследования. Исследуемая территория относится к Жайык-Каспийскому водному бассейну. Гидрографическую сеть образуют река Елек с притоками 1-го порядка, впадающая в р. Жайык (Урал) и далее в Каспийское море (Джаналеева Г.М., 2010). Река Елек – левый приток реки Жайык (Урал), образуется слиянием рек Караганды (левая составляющая) и Жарык (правая составляющая) в 8 км к северу от железнодорожной станции Кандагаш. Впадает в р. Жайык слева на 1085-м км от ее устья, в Оренбургской области. Общая длина реки 623 км (от истока р. Жарык 699 км), площадь водосбора около 42 000 км² (рисунок 1). Река имеет двухстороннюю пойму, ширина в среднем течении от 0,4 до 1 км. Коэффициент извилистости по длине реки изменяется незначительно и составляет в среднем 1,5. Берега местами обрывистые, сложены суглинками и супесями. Дно песчаное и супесчаное, на отдельных участках песчано-галечное и суглинистое, местами слабо заиленное (Абдуллин А.А., 1994).

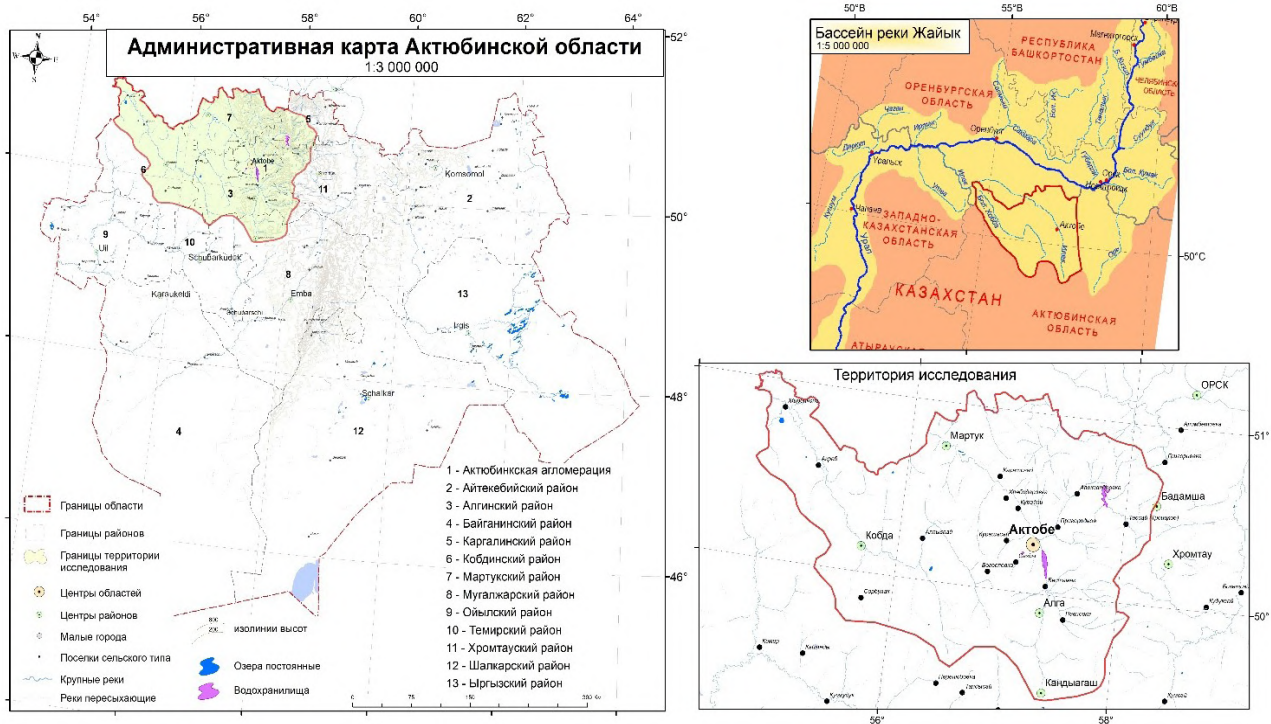


Рис. 1. Гидрографическая сеть бассейна реки Елек

Длина реки в исследуемой Актюбинской области 257 км. Основные притоки: правые – р. Коктюбе (длина 38 км), р. Табантал (длина 56 км), р. Каргала (длина 114 км), и левые – р. Сазды (длина 40 км), р. Таныберген (длина 58 км), р. Аксу (длина 42 км). Кроме перечисленных, река принимает ряд других притоков, длиной от 20 до 30 км, и много небольших, летом сухих балок (Berdenov Zh., et. al., 2016). Общее направление течения р. Елек до г. Актобе с юга на север, а затем на северо-запад. Водосбор располагается на западных отрогах Мугоджарских гор и гор Джарык-Тау, характеризуется сильно расчленённым рельефом. Притоки образуют довольно густую гидрографическую сеть. К гидротехническим сооружениям на реке Елек относятся Актюбинское, Каргалинское и Саздинское водохранилища, которые являются искусственными водоёмами многолетнего наполнения с сезонными сработками уровня воды (Информ.-аналит. отчет, 2012).

Одним из основных природных факторов, обеспечивающих вынос продуктов техногенеза из геосистем – является гидрологический и гидрогеологический фактор, появляющийся в период активизации деятельности водных потоков, поскольку их химический состав оказывает прямое воздействие на живые организмы (Низовцев В.А., 1999).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При сборе и анализе материалов использовались традиционные методы географических исследований (наблюдение, картирование, геохимический анализ проб поверхностных вод) (Safarov R. Z., et. al., 2020). В исследованиях проводился замер температурного режима реки, одного из важных экологических показателей. Температура поверхностных вод является результатом нескольких, одновременно протекающих, процессов, таких как: солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентное перемешивание вод и др. Температура воды - важнейший фактор, влияющий на про-

текающие в водоеме физические, химические, биохимические и биологические процессы. От температуры воды в значительной мере зависят кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения (Mariem Ben-Said, 2021). Важным показателем экологического состояния водоема, находящегося в условиях антропогенного воздействия, является концентрация в воде биогенных элементов. Это в первую очередь относится к минеральным соединениям азота и фосфора, как наиболее легко усвояемой фитопланктоном форме (Donghai Yuan, et. al., 2020). Для биогенных элементов характерна сезонная изменчивость, их содержание в воде тесно связано с вегетацией фитопланктона. В связи с чем в зимний период при снижении биомассы фитопланктона концентрация фосфора увеличивается, а летом наоборот – содержание потребляемого фитопланктоном фосфора снижается.

Отбор проб для дальнейших лабораторных исследований был выполнен в соответствии с действующими государственными стандартами (ГОСТ РК 51592 – 2003 «Вода. Общие требования к отбору проб»), и осуществлялся в летний период с 15 июля по 25 августа 2024 г. Для гидрохимического анализа вода была отобрана на расстоянии 30...40 см выше дна. С целью изучения состава вод рек пробы отбирались на удалении от берега, на расстоянии 50 см от поверхности.

Отбор проб поверхностных вод проводился по 5 ключевым участкам (рисунок 2) от истока до устья реки Елек, а также отбирались пробы в крупных притоках реки Елек (Каргалы, Танарберген, Жаксы Каргалы), для определения концентрации разбавления основной реки водами притоков. Анализы проб воды на анионные остатки выполнялись в лаборатории РГП «Казгидромет» (г. Актобе), анализы проб воды на тяжелые металлы в лаборатории ТОО «ИСТ-ЭКО». По результатам химического анализа производился расчет индекса загрязнения воды (ИЗВ) поверхностных вод притоков и основного русла реки Елек.

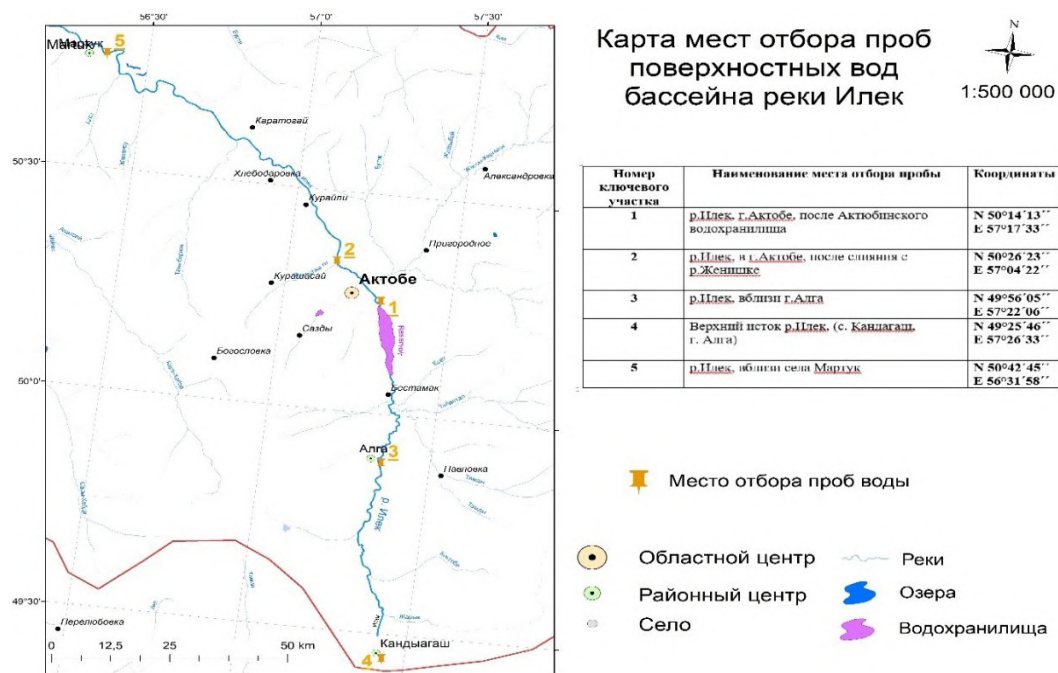


Рис. 2. Карта ключевых участков (места отбора проб поверхностной воды)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бассейн реки Елек располагается в горнодобывающих районах. В горнодобывающих и горно-перерабатывающих районах резко меняются специфика и интенсивность поступления химических элементов в водотоки. В непосредственной близости от предприятий поверхностные и подземные воды изменяют химический состав под влиянием техногенной нагрузки. В них происходит накопление сульфатов, тяжелых металлов и других компонентов, изменяется кислотность. Кислые воды несут повышенное содержание подвижных форм металлов и способствуют их миграции в сопряженные среды (Berdenov Zh., 2017).

В бассейне реки Елек формируется особая природно-техногенная геосистема, представляющая собой ассоциацию природных и техногенных элементов, функционирующих, как единая система. Техногенная составляющая подгеосистем изучаемых районов бассейна имеет длительную историю формирования, поэтому понимание условий интеграции окружающей среды и элементов техносферы здесь весьма актуально. Исследованию вопросов экологического состояния водных ресурсов Актюбинской области посвящено большое количество работ (Berdenov Zh., 2017; Чибилев А.А., 1992; Beketova, A., 2019; Джаналеева Г.М., 2010). Естественно-исторические процессы загрязнения территории подробно изучены в

исторических документах и сводках (Нурышев Г.Ж., Омаров С.К., 2007).

Современным источником загрязнения вод являются промышленные предприятия и объекты коммунально-бытового назначения. Основные крупные населенные пункты расположены в основном вблизи водоемов, вследствие этого происходит загрязнение вод бытовым мусором, отходами животноводства и промпроизводства. Актюбинский деловой и культурный центр (г.Актобе) основан в 1869 году на берегу реки Елек (Berdenov Zh., 2017). Основными предприятиями-загрязнителями являются: Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС), Актюбинский завод ферросплавов АО «ТНК Казхром» (АЗФ), остановленное крупное химическое производство – Алгинский химзавод им. Кирова (в г. Алга), «Актобе ТЭЦ», «Акбулак», АО «Актюбрентген», АО «Актюбинский завод нефтяного оборудования», производство алкогольных напитков ТОО «Геом», ТОО «Омирбек», ТОО «Бахтияр», горнорудные предприятия северо-западной части крупных притоков реки Елек: «Актобе Темир ВС», «Кызыл-Каин Мамыт».

Общий спектр антропогенных факторов, воздействующих на бассейн р. Елек, достаточно широк. Ниже приведены основные виды техногенного воздействия, определяющие современное экологическое состояние Елекского бассейна в целом.

Влияние интенсивности движения транспортных средств. Непосредственная близость расположения металлургической промышленности: АЗХС, АЗФ, КазХром, Казцинк к водным объектам в г.Актобе, после слияния реки Илек с рекой Женишке наблюдается повышенная концентрация в поверхностных водах тяжёлых металлов на ключе № 2. Химический анализ показал резкое увеличение ПДК по Cr (в 3,85 раз), Pb (в 1,1 раз), Cu (в 8 раз), Fe (в 1,0 раз) (Постановление Правительства РК от 31.12.2016 № 908, 2016) (таблица №1), очевидно это связано с близким расположением реки Женишке к промышленной зоне, где возможна утечка отходов в поверхностные

воды реки Женишке а также развитого транспортного узла.

Также превышение ПДК в несколько раз по Cu, (Постановление Правительства РК от 31.12.2016 № 908, 2016), более чем в 13 раз, наблюдаем на р.Елек вблизи посёлка Алга на ключевом участке № 3 (таблица 1), очевидно это связано с развитой химической промышленностью и сельским хозяйством в данном регионе. Также по результатам химического анализа мы наблюдаем превышение ПДК по Pb на ключевом участке №1, очевидно, это связано с близким расположением аэропорта города Актобе.

Таблица 1

Средние концентрации загрязняющих веществ в р. Елек (по данным проб с ключевых участков за 2024 год)

Наименование места отбора пробы	Вероятные источники техногенеза	Химические элементы (превышение ПДК/раз)									
		B	Cr	Cu	Pb	Fe	Ni	БПК5	PO ₄ ³⁻	ИЗВ	
Верхний исток р.Елек, (с. Кандагаш, г. Алга) ключ 4	Транспортный узел, месторождение стройматериалов	-	-	13	0,9	0,4	-	1,75	1,1	2,5	
р.Елек, ключ 3, вблизи г.Алга	Химическая промышленность, сельское хозяйство	20,0	-	13	0,4	0,3	-	1,97	1,0	8	
р.Елек, ключ 2, в г.Актобе, после слияния с р. Женишке	Металлургическая промышленность, АЗХС, АЗФ, КазХром, Казцинк	13,8	3,85	8	1,1	1,0	2,5	0,65	1,0	11	
р.Елек, ключ 1, г.Актобе, после Актюбинского водохранилища	Бахчевое хозяйство, авиатранспорт	10,1	-	11	1,1	0,3	-	0,5	0,3	7	
р.Елек, ключ 5, вблизи села Мартук	Сельское хозяйство	10	2,2	6	0,4	-	1,2	1,70	0,5	5,5	

Примечание – «-» – значения в пределах нормы

Действие горнодобывающих предприятий. Особую значимость в загрязнении бассейна играет горнодобывающая промышленность в восточной части бассейна, приуроченной к реке Каргала, правобережный приток реки Елек. Значительное влияние на формирование современного ландшафта района оказала многолетняя разработка (с 1921) коренных рудных и россыпных никелевых, железорудных и медных месторождений. Разведывательными изысканиями сырьевых запасов было охвачено около двух третей территории Каргалинского района Актюбинской области, где располо-

жены большинство левобережных притоков реки Елек (77 %): р.Жаман Каргалы, р.Жаксы Каргалы, р.Косистек, р.Куагаш, р.Табантал, р.Кокпекты, р.Тарангул и др. Территория Каргалинского района Актюбинской области характеризуется полувековым периодом выноса рудных и сопровождающих их элементов на дневную поверхность, вследствие этого наблюдается нарушение природного, биологического, гидрогеологического и геохимического равновесия. Нарушение биологического равновесия проявляется в уничтожении аквальных и приаквальных ландшафтов.

Пойменная терраса рек: Косистек, Карабутак, Куагаш, Кокпекты практически завалена отвалами вскрышных пород Кызыл-Каин-Мамытского рудника. Результаты химических анализов по левобережным притокам реки Елек показали значительное превышение ПДК БПК₅, азота нитритного и аммонийных ионов (таблица 2). Очевидно, это связано с горнодобывающей промышленностью. Вблизи реки Куагаш расположены вскрышные породы геологоразведывательных работ (с. Бадамша, с. Никельтау). Вблизи реки Косистек расположено Велиховское Южное и Велиховское Северное месторождение железа с большими площадями отвалов. Большое превышение карбонатных ионов и меди наблюдается в

р. Жаман Каргалы, очевидно это связано с месторождением Новороссийское (известняк), а также крупные месторождения меди вблизи села Акжар (быв. с. Новороссийское), Приорское месторождение (Колчеданные руды, 1967 г.), месторождение 50 лет Октября, месторождение Авангард. Превышение ПДК по азоту нитритному, аммонийным ионам наблюдается в р. Жаксы Каргалы (таблица 2), очевидно это связано с хозяйственной деятельностью в Каргалинском районе, вблизи села Шамши Калдаяков (Александровка), села Петропавловка (орошаемое земледелие: ТОО «Торе Агро», ТОО «Каргала Агро Продукт», ТОО «Пацаева», ТОО «Табигат+»).

Таблица 2

Результаты химического анализа поверхностных вод притоков р. Елек, 2024 год (мг/дм³)

Показатель	р.Сазды, вблизи г.Актобе	р.Куагаш, вблизи с.Бадамша	р.Косистек вблизи с.Косистек	р.Жаксы Каргала, вблизи с.Петропавловка	р.Жаман Каргалы, вблизи с.Акжар	р. Аксу, вблизи с.Мартук до впадения в р. Елек
Мутность	1,3	2,8	1,03	0,88	1,4	0,1
Окисляемость	3,5	2,1	1,9	1,1	1,8	0,9
pH	7,7	8,1	8,4	7,1	8,0	7,0
Общая жёсткость	6	5,8	5,9	5,4	5,5	2,5
Аммонийные ионы	0,14	н/о	0,2	0,4	0,3	-
Азот нитритный	0,004	0,002	н/о	н/о	-	-
Нитраты	38	30	46	49	30	32
Железо	н/о	0,02	0,3	0,08	0,05	н/о
Медь	0,34	0,54	0,24	0,18	0,5	-
Cl ⁻	35	72	58,2	45,5	52	40,4
F ⁻	0,5	0,2	0,12	0,1	1,0	н/о

Действие промышленности. На протяжении второй половины прошлого столетия воды реки Елек сильно загрязнялись тяжёлыми металлами, фенолами, бором, органическими веществами, фосфатами, сульфатами и другими компонентами. В качестве основных источников загрязнения выступили крупнейшие предприятия: Актюбинский химический завод им. С.М. Кирова (г. Алга) прекративший свою деятельность в 1996 году; Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС), Актюбинский завод ферросплавов АО «ТНК Казхром» (АЗФ), на долю которых приходилось около 85 % всех загрязнений, поступающих со сбросами сточных вод. В зоне крупных промышленных

узлов предельно допустимая концентрация по основным загрязняющим компонентам оказалась многократно превышена, в результате чего ИЗВ реки Елек после города Актобе варьирует от 7 до 10, воды относятся к «классу 6» - очень грязные.

Из таблицы 1 мы видим рост ИЗВ от истока к городу Актобе, в зависимости от расположения источника техногенеза вблизи реки Елек, также это связано с впадением притоков со своей концентрацией вод. Максимальный ИЗВ наблюдается в г. Актобе, после впадения реки Женишке в главное русло Елека, это связано с расположением промышленной зоны (АЗХС, АЗФ и др.). Также мы наблюдаем снижение ИЗВ по

устью вблизи с. Мартук (ближе к границе с РФ), очевидно это связано с разбавлением поверхностных вод притоками рек Таныберген, Жамансу, Аксу. По результатам расчёта ИЗВ

поверхностных вод основного русла реки Елек была составлена карта загрязнения водосборного бассейна по ИЗВ (рисунок 3).

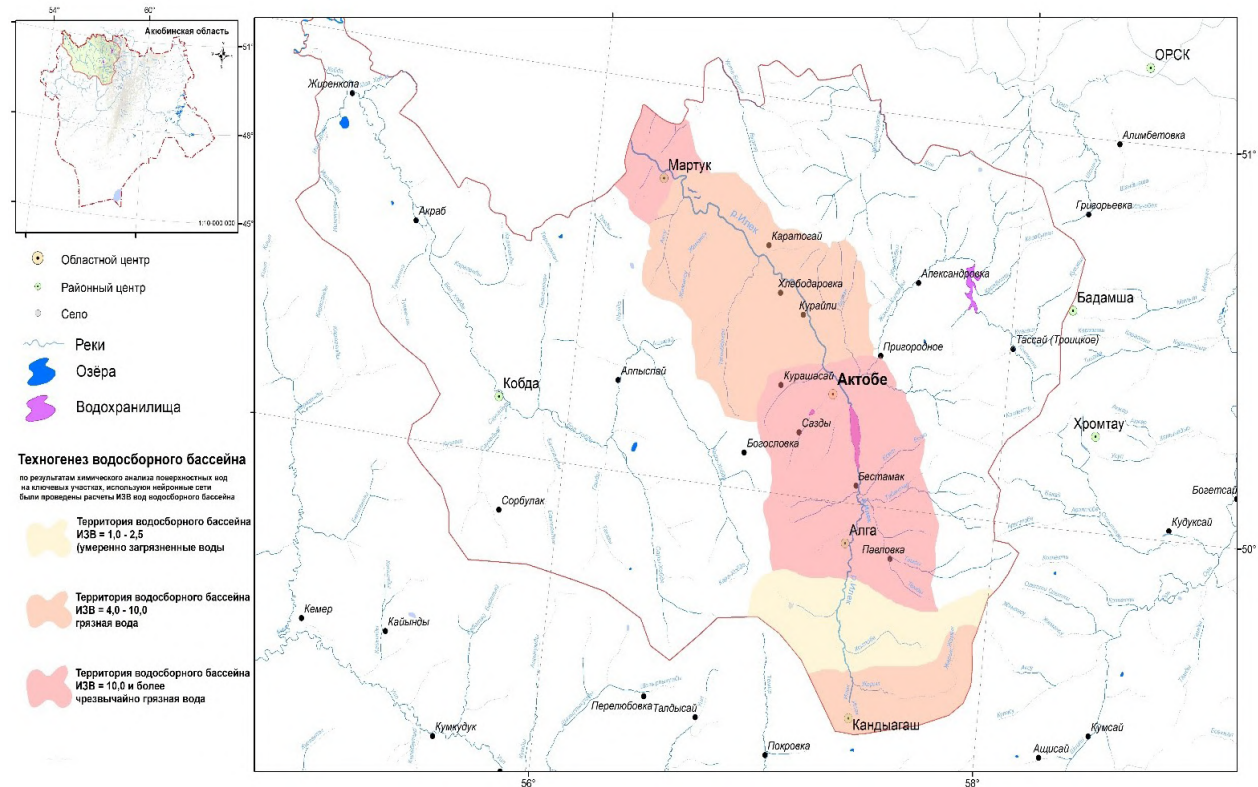


Рис. 3. Карта загрязнения водосборного бассейна реки Елек по показателю ИЗВ

Из рисунка 3 видно, что после города Актобе ИЗВ поверхностных вод реки Елек уменьшается и варьируется в пределах 4...6. Очевидно это связано с разбавлением поверхностных вод притоками первого и второго порядка рек Каргалы, Танарберген.

ПДК нами были отобраны пробы поверхностных вод притоков первого порядка реки Каргалы на определение содержания микроэлементов. Анализ проводился методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в лаборатории РГП «Казгидромет» по городу Актобе. Результаты химических анализов приведены в таблице 3.

Для определения фонового содержания

Таблица 3

Состояние качества вод притоков реки Каргала по гидрохимическим показателям (средняя за 2024 г.)

№	Наименования участка отбора проб	ИЗВ	Ингредиенты и показатели качества воды	Средняя концентрация	Кратность превышения ПДК
1	Река Жаксы Каргала, в зоне формирования стока, приток реки Каргалы вблизи с. Кос-Естек	2,54	БПК5	1,73	0,58
			Кислород	11,44	0,52
			Нитриты	0,06	3,00
			Железо общее	0,11	1,10
			Аммонийные ионы	4,02	8,04
			Фенолы	0,002	2,00
2	Река Жаксы Каргала, приток реки Каргалы вблизи с. Петропавловка	2,20	БПК5	0,93	0,31
			Кислород	11,71	0,51
			Нитриты	0,04	2,00
			Железо общее	0,03	0,30
			Аммонийные ионы	3,05	6,10
			Медь	0,004	4,00

В таблице 3 показаны различия показателей загрязнения воды в пробах разных притоков. Эти различия коррелируют с хозяйственной деятельностью населенных пунктов вблизи рек.

Водная миграция элементов в основном происходит в периоды снеготаяния и после редких сильных дождей, когда наполняются водой многочисленные сухие русла. Помимо вышеперечисленных внешних факторов на гидрохимические показатели реки оказывают значительное воздействие процессы, происходящие непосредственно в речных водах (седиментация, комплексообразование, окисление или восстановление элементов и т.д.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование поверхностных вод реки Елек и крупных притоков показало связь развития промышленности с техногенной нагрузкой геосистемы бассейна. Высокую опасность представляют шламонакопители промышленных предприятий. В верхне-Елекской части территории бассейна, отмечается высокое содержание меди и цинка в поверхностных водах. Загрязнение в этой области относится ко 2-му классу опасности, превышение ПДК местами достигает 40...45 раз, так как территория бассейна находится, в непосредственной близости к крупной узловой железнодорожной станции Кандагаш, созданной в 1928 году в составе Актюбинского округа.

В среднем течении угрожающий характер для вод бассейна также носит Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС), Актюбинский завод ферросплавов АО «ТНК Казхром» (АЗФ), которые интенсивно загрязняют речные воды соединениями шестивалентного хрома из накоплений, хромсодержащих шламов АЗХС и шлаков ферросплавного производства АЗФ.

Третьей, не менее значимой проблемой является горнодобывающая промышленность в правобережной части бассейна реки Елек. Горнодобывающие предприятия имеют довольно крупные горные отводы в пользовании, поэтому нагрузка от них на окружающую среду, на поверхностные воды также соизмеримо велика. Анализ последствий развития техногенных процессов весьма сложен по той причине, что собственно техногенное начало может сопровождаться цепочкой последующих природных

событий. Изымая огромные по объему массы породы, вмещающих полезное ископаемое, идет внедрение в формировавшуюся миллионы лет геологическую среду, что приводит к последовательному развитию следующих событий: ослаблению горного давления внутри напряженного массива; формированию полостей окисления природных агентов; образованию провалов земли на дневной поверхности; активизации эрозии почв; нарушению первичных природных условий окружающей среды. Данные гидрохимического мониторинга водных объектов бассейна не только являются основой для оценки качества поверхностных вод, но и служат одновременно объективным показателем геоэкологического состояния геосистем всего бассейна.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование проводится в рамках научного проекта и финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19575017).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллин А.А. Геология и минеральные ресурсы Казахстана. - Алма-Ата: Гылым, 1994. -400 с.
2. Александрова В.В. Анализ корреляционной зависимости выживаемости и плодовитости тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* с химическим составом воды. Вестник Нижневартковского государственного университета. - 2013.-№ 3. - С. 60-63.
3. Александрова В.В., Левкова А.Н., Иванова А.В. Анализ и прогноз миграции химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. - 2019. - Т. 11. - № 2-2. - С.12-20.
4. ГОСТ РК 51592 – 2003 «Вода. Общие требования к отбору проб». Электронный источник: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30015917. (Дата обращения 10.06.2024).
5. Джаналеева Г.М. Физическая география Республики Казахстан: учебное пособие / под ред. Г.М. Джаналеевой. – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2010. – 560 с.
6. Доклад Всемирной метеорологической организации. 2023 год стал самым засушливым годом для рек по всему миру за последние 33 года. 7 октября 2024 г. Электронный ресурс: <https://wmo.int/ru/news/media-centre/v-doklade-vmo-podcherkivaetsya-rastuschiy-deficit-i-nekhvatka-globalnykh-vodnykh-resursov>
7. Информационно-аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности Актюбинской экологической инспекции за 2010 год. Тобыл-Торгайский департамент экологии. – Актюбе, 2011. – 200 с.
8. Лаврусевич А.А. Основные черты техногенеза. Вестник МГСУ, - 2015. - №4. – С. 175-181.

9. Низовцев В.А. Антропогенный ландшафтогенез: предмет и задачи исследования. Вестник Моск. ун-та. Серия География. - 1999. - №1. С. 26-30.
10. Нурышев Г.Ж., Омаров С.К. Научно-исторический справочник Актыбинской области. - Актобе: АГПИ, 2007. - С. 178-200.
11. Постановление Правительства РК от 31.12.2016 № 908. [Электронный ресурс]. - <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513> (дата обращения: 21.01.2025).
12. Чибилев А.А. Ландшафтно-экологические основы рационализации природопользования в степной зоне (на примере Южного Урала и сопредельных территорий): автореферат докт. геогр. наук. - СПб: ГУ, 1992. - 50 с.
13. Фактическое состояние водных ресурсов» по Актыбинской области 2012 г. Информ.-аналит. отчет / Департамент экологии. - Актобе, 2012. - С. 10-11.
14. Beketova, A., Berdenov, Z., Ataeva, G., Shomanova, Z., Herman, G.V. Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan). *Geojournal of Tourism and Geosites*, 2019, 27(4). - P. 1449-1463. <https://doi.org/10.30892/gtg.27428-447>
15. Berdenov Zh. Current state and geoecological analysis of geosystems in the Ilek river basin. Monograph. Astana: "Master Po", 2017. - 155 p. ISBN 978-9965-31-886-3.
16. Berdenov Z., Mendybayev, E.H., Ataeva, G.M., Dzhanaaleeva, G.M. Landscape and geochemical features of man-made pollution zones of aktobe agglomerations. *Oxidation Communications*, 2015, 38(2). - P. 852-859.
17. Berdenov Zh., Mendibaev E.H., G. Ataeva, E. Atasoy. Geosystems geoecological assessment of the basin of rivers for tourist valorization case study of Ilek river basin. *GeoJournal of Tourism and Geosites.- Romania*. - 2016. - №2, vol. 18. - P. 187-195. ISSN 2065-0817.
18. Donghai Yuan, Yinxiu Zhao, Xujing Guo, Linxiao Zhai, Xinyi Wang, Jiazhao Wang, Yanqi Cui, Liansheng He, Chenling Yan, Yingying Kou. Impact of hydrophyte decomposition on the changes and characteristics of dissolved organic matter in lake water. *Ecological Indicators*. - 2020. - Vol. 116 (106482). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106482>
19. Dzhanaaleyeva K., Mazhitova G., Zhanguzhina A., Berdenov Z., Bazarbayeva T., Atasoy E. Technogenesis of geoecological systems of Northern Kazakhstan: Progress, development and evolution. *Chemistry*, 2017, 26(6). - P. 903-921.
20. Krabbenhoft Corey A., Kashiana Donna R. Citizen science data are a reliable complement to quantitative ecological assessments in urban rivers. *Ecological Indicators*. - 2020. - № 116 (106407). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106476>
21. Mariem Ben-Said. Spatial point-pattern analysis as a powerful tool in identifying pattern-process relationships in plant ecology: an updated review. *Ecological Processes*. - 2021. - № 10 (56). <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00314-4>
22. Safarov R.Z., Shomanova Zh.K., Nossenkov Yu.G., Berdenov Zh.G., Bexetova Zh.B., Shomanov A. S., Mansurova M. Solving of classification problem in spatial analysis applying the technology of gradient boosting CatBoost. *Folia Geographica*. - 2020. - № 1 (62). - P.112-126.
23. Saket Dubey, Ashutosh Sharma, Venkatesh Kishor Panchariya, Manish Kumar Goyal, Rao Y. Surampalli, Tian C. Zhang. Regional sustainable development of renewable natural resources using Net Primary Productivity on a global scale. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 127 (107768). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107768>
24. Ramazanov N.Y., Berdenov Z.G., Ramazanov S.K., Kazangapova N.B., Romanova S.M., Toksanbaeva S.T., Wendt J. Landscape-geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. - 2018. - Vol. 4 (436). - P. 33-41. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.95>

REFERENCES

1. Abdullin, A.A. (1994). *Geologiya i mineral'nye resursy Kazakhstan* [Geology and mineral resources of Kazakhstan]. - Alma-Ata: Fylym, 400 p [in Russian].
2. Aleksandrova, V.V. (2013). *Analiz korrelyatsionnoi zavisimosti vyzhivaemosti i plodovitosti test-ob"ekta Seriodaphnia affinis s khimicheskim sostavom vody* [Analysis of the correlation between the survival and fertility of the test object Ceriodaphnia affinis and the chemical composition of water]. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 3, pp. 60-63 [in Russian].
3. Aleksandrova, V.V., Levkova, A.N., Ivanova, A.V. (2019). *Analiz i prognoz migratsii khimicheskikh veshchestv v poverkhnostnykh vodakh i donnykh otlozheniyakh malykh rek* [Analysis and forecast of migration of chemical substances in surface waters and bottom sediments of small rivers]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, vol. 11, no. 2-2, pp. 12-20 [in Russian].
4. GOST RK 51592 – 2003 «Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob». *Elektronnyi istochnik*: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30015917. (Data obrashcheniya 10.06.2024).
5. Dzhanaaleeva, G.M. (2010). *Fizicheskaya geografiya Respubliki Kazakhstan: uchebnoe posobie* [Physical Geography of the Republic of Kazakhstan: a textbook]/ pod red. G.M. Dzhanaalevoi. - Astana: ENU im. L.N. Gumileva, 560 p. [in Russian].
6. *Doklad Vsemirnoi meteorologicheskoi organizatsii. 2023 god stal samym zasushlivym godom dlya rek po vsemu miru za poslednie 33 goda. 7 oktyabrya 2024 g.* *Elektronnyi resurs*: <https://wmo.int/ru/news/media-centre/v-doklade-vmopodchervivaetsya-rastuschiy-deficit-i-nekhvatka-globalnykh-vodnykh-resursov> [in Russian].
7. *Informatsionno-analiticheskii otchet po kontrol'noi i pravoprimeritel'noi deyatel'nosti Aktyubinskoi ekologicheskoi inspeksii za 2010 god. Tobyl-Torgaiskii departament ekologii* (2011). - Aktoobe, 200 p. [in Russian].
8. Lavrusovich, A.A. (2015). *Osnovnye cherty tekhnogeneza* [The main features of technogenesis]. *Vestnik MGSU*, vol. 4, pp. 175-181 [in Russian].
9. Nizovtsev, V.A. (1999). *Antropoennyye landshaftogenez: predmet i zadachi issledovaniya* [Anthropogenic landscape genesis: subject and objectives of the research]. *Vestnik Mosk. un-ta. Seriya Geografiya*, vol. 1, pp. 26-30 [in Russian].
10. Nuryshchev, G.Zh., Omarov, S.K. (2007). *Nauchno-istoricheskii spravochnik Aktyubinskoi oblasti* [Scientific and historical reference book of Aktoobe region]. Aktoobe: AGPI, pp. 178-200 [in Russian].

11. Postanovlenie Pravitelstva RK ot 31.12.2016 № 908 [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 31, 2016 No. 908]. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513> (Accessed: January 21, 2025) [in Russian]
12. Chibilev, A.A. (1992). *Landshaftno-ekologicheskie osnovy ratsionalizatsii prirodopol'zovaniya v stepnoi zone (na primere Yuzhnogo Urala i sopredel'nykh territorii): avtoreferat dokt. geogr. nauk* [Landscape-ecological foundations of rationalization of nature management in the steppe zone (on the example of the Southern Urals and adjacent territories): abstract of the doctor of geogr. sciences]. SPb: GU, pp. 50 [in Russian].
13. Fakticheskoe sostoyanie vodnykh resursov po Aktyubinskoi oblasti 2012 g. [Actual state of water resources" in Aktobe region 2012] (2012). Inform.-analit. otchet / Departament ekologii. Aktobe, pp. 10-11 [in Russian].
14. Beketova, A., Berdenov, Z., Ataeva, G., Shomanova, Z., Herman, G.V. (2019). Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan). *Geojournal of Tourism and Geosites*, vol. 27, no 4. pp. 1449-1463. <https://doi.org/10.30892/gtg.27428-447>
15. Berdenov, Zh. (2017). Current state and geoeological analysis of geosystems in the Ilek river basin. Monograph. Astana: "Master Po", 155 p. ISBN 978-9965-31-886-3.
16. Berdenov, Z., Mendybayev, E.H., Ataeva, G.M., Dzhanaaleeva, G.M. (2015). Landscape and geochemical features of man-made pollution zones of aktobe agglomerations. *Oxidation Communications*, vol. 38 no 2, pp. 852–859.
17. Berdenov, Zh., Mendibaev, E.H., Ataeva, G., Atasoy, E. (2016). Geosystems geoeological assessment of the basin of rivers for tourist valorization case study of Ilek river basin. *GeoJournal of Tourism and Geosites, Romania*, vol. 18, no 2, pp. 187-195. ISSN 2065-0817.
18. Donghai, Yuan, Yinxiu, Zhao, Xujing, Guo, Linxiao, Zhai, Xinyi, Wang, Jiazhao, Wang, Yanqi, Cui, Liansheng, He, Chenling, Yan, Yingying, Kou (2020). Impact of hydrophyte decomposition on the changes and characteristics of dissolved organic matter in lake water. *Ecological Indicators*, vol. 116 (106482). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106482>
19. Dzhanaaleyeva, K., Mazhitova, G., Zhanguzhina, A., Berdenov, Z., Bazarbayeva, T., Atasoy, E. (2017). Technogenesis of geoeological systems of Northern Kazakhstan: Progress, development and evolution. *Chemistry*, vol. 26, no 6, pp. 903-921.
20. Krabbenhoft, Corey A., Kashiana, Donna R. (2020). Citizen science data are a reliable complement to quantitative ecological assessments in urban rivers. *Ecological Indicators*, vol. 116 (106407). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106407>
21. Mariem, Ben-Said (2021). Spatial point-pattern analysis as a powerful tool in identifying pattern-process relationships in plant ecology: an updated review. *Ecological Processes*, vol. 10, no 56. <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00314-4>
22. Safarov, R.Z., Shomanova, Zh.K., Nossenkov, Yu.G., Berdenov, Zh.G., Bexetova, Zh.B., Shomanov, A.S., Mansurova, M. (2020). Solving of classification problem in spatial analysis applying the technology of gradient boosting CatBoost. *Folia Geographica*, vol. 1, no 62, pp. 112-126.
23. Saket, Dubey, Ashutosh, Sharma, Venkatesh, Kishor Panchariya, Manish Kumar, Goyal, Rao, Y., Surampalli, Tian, C.Zhang (2021). Regional sustainable development of renewable natural resources using Net Primary Productivity on a global scale. *Ecological Indicators*, vol. 127 (107768). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107768>
24. Ramazanov, N.Y., Berdenov, Z.G., Ramazanov, S.K., Kazangapova, N.B., Romanova, S.M., Toksanbaeva, S.T., Wendt, J. (2018). Landscape-geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, vol. 4 no 436, pp. 33-41. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.95>

ТЕХНОГЕНЕЗДІҢ ӘСЕР АЙМАҒЫНДАҒЫ ЕЛЕК ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ СУ САПАСЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ

Ж.Г.Берденов¹ PhD, Н.Б.Зинабдин¹ PhD, А.Е.Егинбаева¹ PhD, Г.Е.Мендыбаева², С.Р.Садвакасова^{1,3*} д.ғ.к., Е.Х.Какимжанов², PhD

¹Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

³«Су ресурстары ақпараттық-талдау орталығы» АҚ, Астана, Қазақстан

E-mail: saltik81@mail.ru

Мақалада Елек өзені бассейнінің геожүйелеріне теріс әсер ететін антропогендік факторлардың жалпы спектрі көрсетілген. Химиялық элементтердің жиналуы және олардың қоршаған орта объектілеріне түсуі адамның өнеркәсіптік және ауыл шаруашылығы қызметінің нәтижесі болып табылады. Мақалада Елек өзені бассейніндегі беткі сулардың сапалық құрамына кері әсер ететін табиғи және антропогендік факторлар талданады. Негізгі назар 2024 жылы жүргізілген экспедициялық бақылаулар негізінде Елек өзенінің және оның ірі салаларының гидрологиялық режимін зерттеуге аударылған. Елек бассейнінің геожүйелері бірнеше онжылдық бойы табиғи және техногендік факторлардың едәуір әсеріне ұшырап келе жатқаны анықталды. Өзеннің және оның салаларының негізгі учаскелерінен алынған беткі су үлгілерінің химиялық талдау нәтижесінде судың ластанған элементтері мен техносфераның қызметі арасында тікелей

байланыс анықталды. Елек өзенінің солтүстік-шығыс бөлігіндегі бірінші және екінші тәртіптегі салаларының ластануына ерекше назар аударылды. Зерттеу нәтижесінде су айдындарына ауыр металдардың негізгі көздері өңірде жүргізілетін тау-кен өнеркәсібі мен геологиялық барлау жұмыстары екені анықталды. Судың ластану деңгейін бағалау үшін Елек өзені мен оның негізгі салалары бойынша су ластану индексі (СЛИ) есептелді. Алынған деректер негізінде, Ақтөбе облысындағы су объектілерінің көпшілігі жалпы алғанда беткі су сапасының стандарттарына сәйкес келгенімен, Елек өзенінің орта ағысында орналасқан сулар қатты ластанғандар санатына жататыны анықталды деген қорытынды жасалды. Бұл су сапасының одан әрі нашарлауының алдын алу және ластану деңгейін төмендету бойынша шаралар әзірлеу үшін олардың жағдайына неғұрлым егжей-тегжейлі және тереңдетілген мониторинг жүргізудің қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: өзен бассейні, гидрохимиялық көрсеткіштер, геоэкологиялық жағдай.

ANALYSES AND ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY IN THE ELEK RIVER BASIN IN THE ZONE OF TECHNOGENESIS INFLUENCE

Zh. Berdenov¹ PhD, N. Zinabdin¹ PhD, A. Eginbaeva¹ PhD, G. Mendybaeva², S. Sadvakassova^{1,3*}
Candidate of Geographical Sciences, E. Kakimzhanov² PhD

¹*L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

²*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

³*JSC Information and Analytical Center for Water Resources, Astana, Kazakhstan*

E-mail: saltik81@mail.ru

The article provides an overview of anthropogenic factors negatively affecting the geosystems of the Ilek River basin. The accumulation of chemical elements and their introduction into the environment result from human industrial and agricultural activities. The article examines natural and anthropogenic causes that adversely impact the qualitative composition of surface waters in the Ilek River basin. It also considers the hydrological regime of the Ilek River and its major tributaries based on field observations conducted in 2024. The study identifies natural and anthropogenic factors that have been influencing the geosystems of the Ilek River basin for decades. Results of chemical analyses of surface water samples from key sites demonstrate a clear correlation with elements of the technosphere. It has been established that first- and second-order tributaries of the Ilek River, located in the northeastern part of the basin, are polluted with heavy metals due to mining and geological exploration activities. The Water Pollution Index (WPI) was calculated for the Ilek River and its major tributaries. The findings indicate that while the water bodies of Aktobe oblast, which remain under-researched, generally meet surface water quality standards, the surface waters in the middle reaches of the Ilek River are classified as highly polluted. This highlights the necessity for more comprehensive investigations to prevent further deterioration and to develop measures for reducing pollution levels.

Keywords: river basin, hydrochemical indicators, geo-ecological state.

Сведения об авторах/ Авторлар туралы мәліметтер/About the authors:

Берденов Жарас Галимжанович – PhD, ассоциированный профессор, декан факультета естественных наук Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, ул. Казимукана, 13, Казахстан. Berdenov-z@mail.ru

Зинабдин Нұрлыбек Бердібекұлы – PhD, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, ул. Казимукана, 13, Казахстан. zinabdin.n@gmail.com

Егинбаева Айгуль Есенгалиевна – PhD, и.о. доцента кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, ул. Кажымукана, 13, Казахстан. aeginbaeva@mail.ru

Мендыбаева Гульшара Ерболатовна – Докторант по образовательной программе «8D07303-Картография» Казахского национального университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан. mendybaeva95@list.ru

Садвакасова Салтанат Рагимовна – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, руководитель научно-исследовательских проектов НАО «Информационно-аналитический центр водных ресурсов», Астана, Казахстан. saltik81@mail.ru

Какимжанов Еркин Хамитович – PhD, и.о. доцента кафедры картографии и геоинформатики Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан. erka_7717@mail.ru

Берденов Жарас Галимжанович – PhD, доцент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің жаратылыстану ғылымдары факультетінің деканы., Астана қ., Қажымұқан, 13, Қазақстан. Berdenov-z@mail.ru

Зинабдин Нұрлыбек Бердібекұлы – PhD докторы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қажымұқан, 13, Қазақстан. zinabdin.n@gmail.com

Егинбаева Айгуль Есенгалиевна – PhD докторы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының доцент м.а., Астана, Қажымұқан, 13, Қазақстан. aeginbaeva@mail.ru

Мендыбаева Гульшара Ерболатовна – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «8D07303-Картография» білім беру бағдарламасының докторанты, Алматы, Қазақстан. mendybaeva95@list.ru

Садвакасова Салтанат Рагимовна – география ғылымдардың кандидаты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының аға оқытушысы, «Су ресурстары акпараттық-талдау орталығы» АҚ, ғылыми-зерттеу жобаларының басшысы, Астана, Қазақстан. saltik81@mail.ru

Какимжанов Еркин Хамитович – PhD, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ картография және геоинформатика кафедрасының доцент м.а., Алматы, Қазақстан. erka_7717@mail.ru

Berdenov Zharas Galimzhanovich - PhD, Associate Professor, Dean of the Faculty of Natural Sciences, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, 13, Kazhimukana str., Kazakhstan. Berdenov-z@mail.ru

Zinabdin Nurlybek Berdibekuly - PhD, Senior Lecturer, Department of Physical and Economic Geography, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, 13, Kazhimukan str., Kazakhstan. zinabdin.n@gmail.com

Eginbaeva Aigul Yesengalieva - PhD, Associate Professor, Department of Physical and Economic Geography, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, 13 Kazhimukan str., Kazakhstan. aeginbaeva@mail.ru

Mendybayeva Gulshara Yerbolatovna - Doctoral student in the educational programme '8D07303-Cartography' of al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. mendybaeva95@list.ru

Sadvakasova Saltanat Ragimovna - Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Physical and Economic Geography, L.N. Gumilev Eurasian National University, JSC Information and Analytical Center for Water Resources, Head of Research Projects, Astana, Kazakhstan. saltik81@mail.ru

Kakimzhanov Erkin Khamitovich – PhD, Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. erka_7717@mail.ru

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/Authors' contribution:

Берденов Ж.Г. – разработка концепции и методологии, проведение исследований

Зинабдин Н. Б. – картографирование и проведение статистического анализа

Егинбаева А.Е. – разработка методологии, предоставление исследовательских материалов

Мендыбаева Г.Е. – проведение полевых исследований

Садвакасова С.Р. – картографирование и проведение статистического анализа, подготовка и редактирование текста

Какимжанов Е.Х. – проведение полевых исследований

Берденов Ж.Г. – тұжырымдама мен әдістемелерді әзірлеу, зерттеу жұмыстарын жүргізу

Зинабдин Н.Б. – картографиялық және статистикалық талдау

Егинбаева А.Е. – әдістемені әзірлеу, зерттеу материалдарымен қамтамасыз ету

Мендыбаева Г.Е. – далалық зерттеулер жүргізу

Садвакасова С.Р. – картографиялық және статистикалық талдау, мәтінді дайындау және өңдеу

Какимжанов Е.Х. – далалық зерттеулер жүргізу

Berdenov Zh. – development of the concept and methodology, conducting research

Zinabdin N. – mapping and statistical analysis

Eginbaeva A. – development of the methodology, provision of research materials

Mendybaeva G. – conducting field research

Sadvakasova S. – mapping and statistical analysis, preparation and editing of the text

Kakimzhanov E. – conducting field research

ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНДЕГІ МҰЗ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ МЕН МЕТЕОЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ӨЗГЕРІСІН БАҒАЛАУ

Н.Ж. Турсын*, Д.Д. Арыстамбекова PhD

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: nurila_t@bk.ru

Бұл мақалада 1936...2021 жылдар аралығындағы Жайық өзенінің қазақстандық бөлігіндегі мұз құбылыстары мен метеорологиялық параметрлердің өзгеруі қарастырылды. Жайық өзені бойынша көп жылдар ішінде байқалған мұз құбылыстарының өзгерісі талданды. Ол үшін өзен бойында орналасқан әртүрлі бекеттердегі мұз құбылыстарының басталуы мен аяқталуы туралы көпжылдық деректер қолданылды. Нәтижесінде өзендегі мұз қату күндерінің кері шегерілуі, мұздан арылу құбылысының алдыға жылжуы және мұз жамылғысы ұзақтығының қысқару тенденциялары анықталды. Аумақтағы көпжылдық орташа ауа температураларының өзгерісін бағалау үшін Mann-Kendall критерийі және Sen's Slope әдісі қолданылды. Нәтижесінде жыл сайынғы ауа температураларының жоғарылауы 0,032...0,035 арасында екені анықталды. Сонымен қатар температураның және жауын-шашынның көпжылдық мәндерінің өзгеруіне, сондай-ақ олардың өзен ағындысына тигізетін әсеріне талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері жаһандық және жергілікті климаттық өзгерістер Жайық өзенінің мұз құбылыстары мен гидрологиялық сипаттамаларына айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді.

Түйін сөздер: Жайық өзені, мұз құбылыстары, метеорологиялық параметрлер, климаттық өзгерістер, мұз құбылыстарының ұзақтығы, ауа температурасы, су өтімі.

Қабылданды: 05.09.2024 ж.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-28-38

КІРІСПЕ

Климаттың өзгеруі және соның әсерінен табиғи процестердегі туындаған өзгерістер қазіргі заманның маңызды ғылыми және тәжірибелік мәселелерінің бірі болып табылады.

Бүгінгі таңда жаһандық жылыну жалпыға бірдей танылған құбылыс және ауа температурасының көтерілуі бүкіл әлемде байқалады деуге болады. Бұл өзгерістер барлық континенттер мен климаттық аймақтарға әсер етеді (Изменение климата, 2023). Ауа температурасының жылдан жылға табиғи түрде ауытқуы мүмкін болғанымен, БҰҰ-ның Климаттың өзгеруі жөніндегі халықаралық үкіметтік тобы соңғы 100 жылда тіркелген өзгеріс (жалпы жылыну үрдісі) соңғы мыңжылдықтарда бұрын-соңды болмаған деген қорытындыға келді. Яғни, соңғы жылдары ауа температурасының мәні айтарлықтай үлкен жылдамдықпен өсіп келеді.

БҰҰ-ның «Жаһандық климат 2011...2020: жеделдету онжылдығы» есебінде

1990 жылдан бері, әрбір онжылдықтың алдыңғы онжылдықтарға қарағанда жылырақ болғаны атап өтілген. 2011...2020 жылдар аралығы тарихтағы ең жылы кезең болған, 2011...2020 жылдардағы әлемдегі температура индустрияға дейінгі деңгейден 1,1 °C жоғары болды, бұл жылынуудың айтарлықтай тенденциясын көрсетеді (A decade of.. 2023).

Өзендердегі мұз құбылыстарын зерттеуде жаһандық жылынуудың әсерін қарастыру маңызды. Себебі, әлемнің барлық бөлігінде де жаһандық жылынуға байланысты өзендердегі мұздық режимі өзгеріске ұшырауда. Мысалы, Польша өзендерінде мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы 19-шы ғасырдан бері қысқарып келеді (Analysis of changes..., 2024) Ал Ресейдің кейбір өңірлерінде климаттық өзгерістер өзендердегі мұз құбылыстарының ұзақтығын азайтып, экожүйелерге кері әсерін тигізуде (River Ice Processes..., 2020) Азия аумағында да мұздың кейінірек қату процестері және өзендердің мұздан ертерек тазаруы байқалады. Мысалы,

Қытайдағы Хуанхэ өзенінде мұз қату әр онжылдықта 4,2...5,7 күннен кейінге шегеріліп отыру үстінде, ал мұздан тазару әр онжылдықта 5,7 және 3,3 күн ертерек орын алуда (Changes in river..., 2023).

Қазақстан аумағында да климаттың өзгеруі салдарынан мұздықтар мен су объектілерінің мұз режимі өзгеріске ұшырауда. 2022 жылғы климаттық шолуға сәйкес, Қазақстандағы климат соңғы онжылдықтарда тұрақты түрде жылынып келеді. 2013 пен 2022 жылдар аралығындағы орташа жылдық температура климаттық нормадан 1,33 °C-қа жоғары болған. Қазақстанның батыс өңірлерінде 2022 жылы температуралық ауытқулар +2,12 °C-қа жеткен (Обзор об особенностях климата..., 2022). Ж.К. Наурызбаеваның және Н.И. Ивкинаның Каспий теңізіне қатысты жүргізген зерттеулері климаттың өзгеруі салдарынан өзендегі мұз құбылыстарының байқалу уақытының, мұздың қалыңдығының және мұздың пайда болуы мен мұз еру мерзімдерінің өзгерістеріне әкелетінін көрсетті (Ивкина Н.И., 2015).

Жоғарыда келтірілген деректер Қазақстанның батыс аумағында ауа температурасының жоғарылауын, мұз құбылыстарының өзгерісін айқын көрсетеді. Бұл өңірдегі негізгі су артерияларының бірі – Жайық өзені болып табылады. Әсіресе, Атырау облысы аймағындағы халық тұтынатын судың 70 %-ы Жайық өзені арқылы қамтамасыз етіледі (Предварительные результаты..., 2016). Сонымен қатар, өзеннің су ресурстары ауылшаруашылық жерлерін суару және мұнай-газ секторының кәсіпорындары сияқты өндірістік нысандарды сумен қамтамасыз ету үшін пайдаланылады (Итоги работ..., 2018). Сондықтан, бұл жұмыста зерттеу нысаны ретінде Жайық өзені таңдап алынды.

Зерттеу нысаны: Жайық өзені

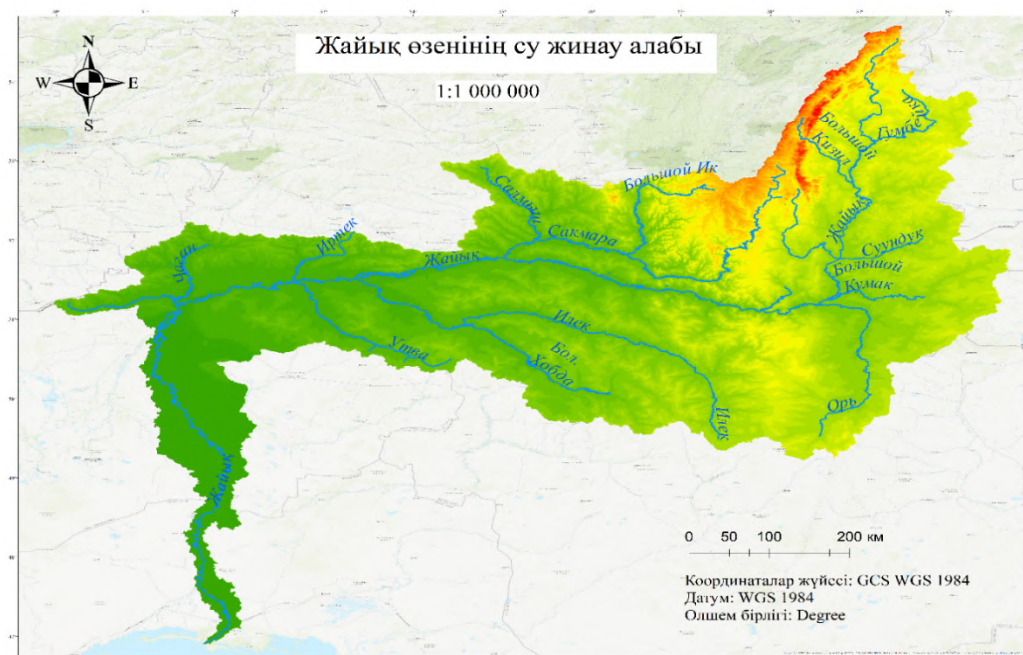
Оңтүстік Орал тауларынан басталып, оңтүстікке қарай ағып, Ресей мен Қазақстан аумағын кесіп өтіп, Каспий теңізіне барып құяды. Өзен ұзындығы 2428 шақырымды құрайды, ал Қазақстан аумағындағы ұзындығы 1084 шақырым. Су жинау алабының ауданы 231 мың км² құрайды. Басты салалары – Ор, Елек, Шыңғырлау (Утва), Гүмбейка, Үлкен Қараған, Сақмара және т.б. Негізгі қоректену көзі қар суы (Давлетғалиев С.К., 2011) (Ресурсы поверхностных вод). Берілген зерттеу жұмысында Жайық өзені алабының қазақстандық бөлігі қарастырылады.

Зерттеудің мақсаты – Жайық өзеніндегі мұз құбылыстарының және метеоэлементтердің көпжылдық өзгерістерін бағалау болып табылады. Осыған сәйкес зерттеудің міндеттері:

1. Жайық өзенінің мұз құбылыстарының көпжылдық динамикасын анықтау.
2. Аумақтағы көпжылдық орташа жылдық ауа температурасының өзгерісін талдау.
3. Ауа температурасы, жауын-шашын және орташа жылдық су өтімдерінің көпжылдық жүрісін талдау.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Гидрологиялық және метеорологиялық мәліметтер 1936...2021 жылдар аралығын қамтыды. Зерттеу барысында аумақтағы мұз құбылыстарының өзгерісін анықтау үшін Орал, Көшім, Тайпақ, Махамбет, Атырау гидрологиялық бекеттерінен мұз құбылыстарын бақылау мәліметтері және аумақтағы метеоэлементтердің өзгерісін анықтау үшін Атырау, Орал және Тайпақ метеостанцияларынан алынған мәліметтер қолданылды. Жайық өзенінің су жинау алабы төмендегі суретте көрсетілген (1-сурет).



Сур. 1. Жайық өзенінің су жинау алабы

Жайық өзенің мұздық режимін талдау үшін өзендегі мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы, мұз құбылыстарының басталу және аяқталу уақытына, метеорологиялық сипаттамалардан ауа температурасы және жылдық жауын-шашын мөлшеріне басты назар аударылады. Талдау үшін деректер гидрологиялық жылнамалардан, сондай-ақ «Қазгидромет» РМК желісінен және Бүкілресейлік гидрометеорологиялық ақпарат ғылыми-зерттеу институтынан (ВНИИГМИ) алынды.

Зерттеу барысында, өзеннің мұздық режимін талдау үшін 1936...2021 жылдар аралығында бес гидрологиялық бекеттен жиналған мәліметтер қолданылды. Мұздық режимінің сипаттамаларының өзгеруін зерттеу кезінде екі кезең таңдап алынды: 1936...1980 жылдар және 1981...2021 жылдар. Бұл кезеңдер 1936...2021 жылдар аралығында Атырау, Тайпақ және Орал метеостанцияларында тіркелген орташа ауа температураларының жиынтық интеграл қисығын тұрызып, оны талдау негізінде бөлінді.

Аумақтағы көпжылдық орташа ауа температураларындағы өзгерістердің тенденцияларын анықтауға және бағалауға мүмкіндік беретін статистикалық әдістер қолданылды: а) Mann-Kendall критерийі: Бұл параметрлік емес тест уақыт қатарындағы монотонды трендтерді анықтау үшін қолданылады. Ол трендтің қалыпты таралуын немесе сызықтығын

ескермей, деректердегі жүйелі өзгерісті тексереді (Hamed, K.H., 2018). б) Sen's Slope көлбеуі: Sen's Slope әдісі уақыт қатарларындағы трендтің көлбеуін, яғни өзгеру жылдамдығын бағалау үшін қолданылады (Mavromatis et al., 2011).

Мұндағы басты назар аудару қажет параметрлер:

– Z: Манн-Кендалл тестінің статистикасы. Егер $Z > 0$ болса, тренд оң, ал $Z < 0$ болса, тренд теріс дегенді білдіреді.

– p мәні: байқалған трендтің кездейсоқ пайда болу ықтималдығы. Мән неғұрлым кішкентай болса (0.05-тен төмен) трендтің статистикалық маңызы жоғары.

– Tau: Трендтің күші мен бағытын көрсететін корреляция коэффициенті. 1-ге жақын мән оң трендті, ал -1-ге жақын мән теріс трендті көрсетеді.

– Sen ' s Slope: Әдіс бойынша тренд сызығының көлбеуін бағалау. Оң мән өсу тенденциясын, теріс - төмендеуді көрсетеді.

– Sen ' s Slope үшін 95 %: Тренд сызығының шынайы көлбеуінің 95 % ықтималдығы бар диапазоны (сенімділік аралығы).

1930...2021 жылдар аралығындағы температураның ауытқу динамикасын талдау үшін жылдық температура мәндерінің деректеріне талдау жүргізілді. Ол үшін аталған метеостанциялардан алынған көпжылдық орташа ауа температураларының мәндері және

оған қатысты жылжымалы орташаның мәндері бойынша график тұрғызылып, оған тренд сызығы жүргізілді. Жылжымалы орташа мәндерді есептеу үшін 10-жылдық жылжымалы орташа әдісі қолданылды, сонымен қатар тренд сызығын анықтау үшін сызықтық регрессия әдісі пайдаланылды. Ауа температураларының өзгерісін нақтырақ бағалау үшін ДМУ-ның (Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым) базалық кезеңіне қатысты ауытқулары есептелді.

Климаттық және гидрологиялық сипаттамалардың ұзақ мерзімді өзгерістерін сипаттау үшін Атырау, Орал, Тайпақ метеостанциялары мен Атырау, Көшім, Махамбет гидрологиялық бекеттерінің мәліметтері негізінде кешенді графиктері тұрғызылды.

Мұз құбылыстарының орташа даталары мен ұзақтығы арифметикалық орташа мәндері арқылы анықталды:

– Мұзқұбылыстарының пайда болу күні:

өзенде мұз жамылғысының пайда болу күні.

– Мұз құбылыстарының аяқталу күні: мұздың толық еруі және өзеннің мұз қабатынан босатылған күні.

– Мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы: өзен мұзбен жабылған күндер саны (Агафонова и др., 2016) (Данченко Р.В., 1987).

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Жайық өзеніні алабындағы көпжылдық бақылаулардың деректеріне сүйене отырып, көпжылдық жауын-шашынның және ауа температураларының трендтері мен магнитудалық өзгерістері параметрлік емес Mann-Kendall критерийі, Sen's Slope көлбеуі арқылы анықталды.

Төмендегі кестеде Атырау, Тайпақ, Орал МС бойынша көпжылдық орташа ауа температураларының трендтерін талдау көрсетілген (1-кесте).

Кесте 1

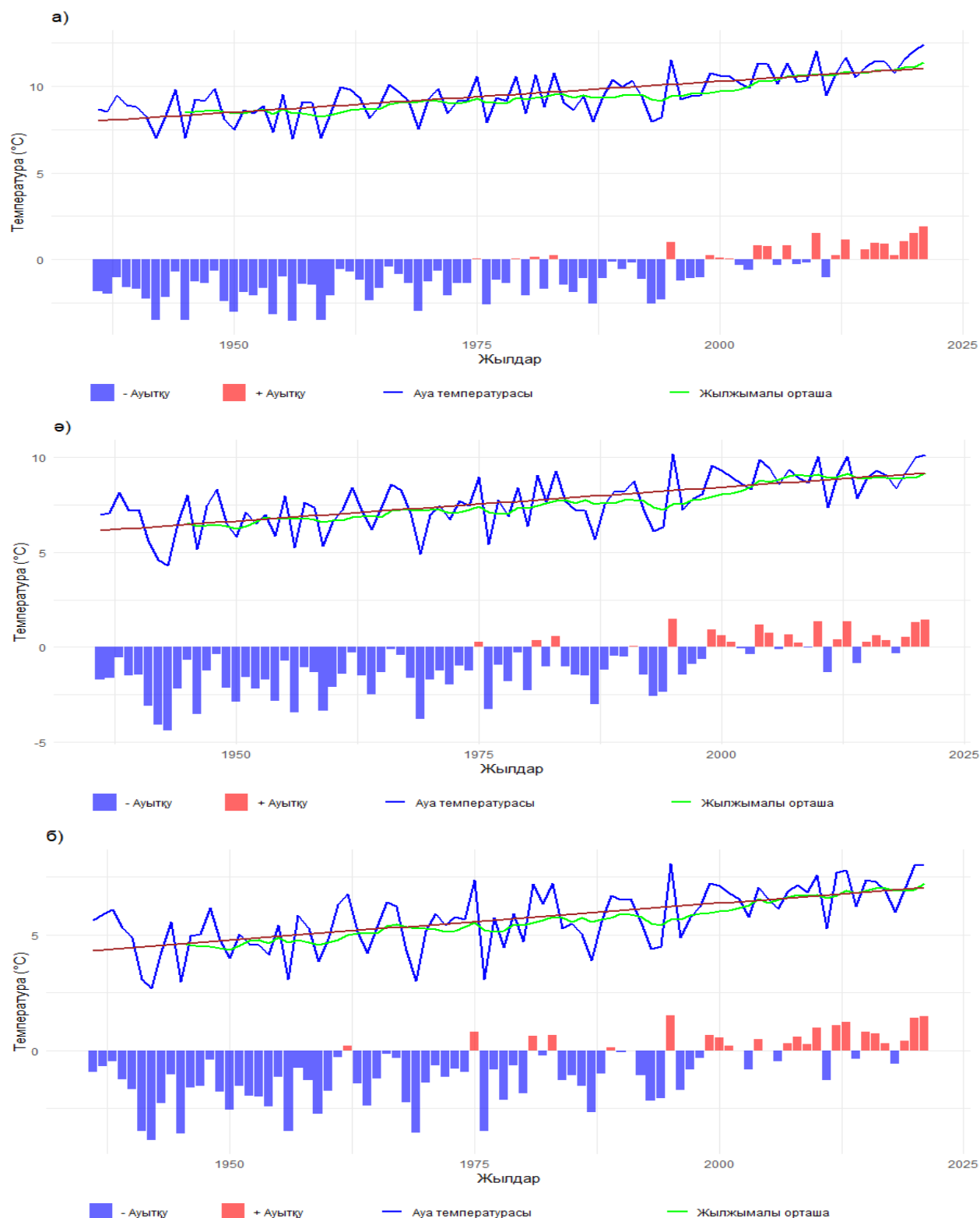
Атырау, Тайпақ, Орал МС бойынша көпжылдық орташа ауа температураларының трендтерін талдау (Mann-Kendall және Sen's Slope критерийлері)

МС	z	p-value	S	Var(S)	Tau	Sen's Slope	Sen ' s Slope үшін 95 % сенімділік аралығы
Атырау	6,99 (n=86)	2,754e-12	1,875+03	7,188e+04	0,513	0,035	0,0271...0,0442
Тайпақ	6,27 (n=86)	3,528e-10	1,683e+03	7,188e+04	0,460	0,033	0,0246...0,0423
Орал	6,02 (n=86)	1,744e-09	1,615e+03	7,188e+04	0,442	0,032	0,0230...0,0418

Есептеу барысында алынған нәтижелерді талдайтын болсақ, барлық метеостанцияда көпжылдық ауа температураларының статистикалық маңызды өсу үрдісі көрінеді. Жыл сайынғы ауа температурасының орташа өсуі Атырау, Тайпақ, Орал МС үшін сәйкесінше 0,035, 0,033 және 0,032 °C/жыл құрайды.

Атырау, Тайпақ және Орал метеостанцияларындағы ауа температурасының өзгерісін

талдау 1930...2021 жылдар аралығында жүргізілді. Төмендегі суретте ауа температураларының көпжылдық мәндерінің (°C) ауытқулары мен 1991...2020 жылдардағы ДМУ базалық кезеңіне қатысты есептелген ауытқулар көрсетілген. 1936...2020 жылдар аралығындағы сызықтық тренд қоңыр түспен ерекшелеп көрсетілген (2- сурет).



Сур.2. 1930..2021 жылдар кезеңінде а)Атырау, б)Тайнақ, в)Орал МС бойынша ауа температурасының жылдық мәндерінің (°C) ауытқуларының уақытша қатарлары

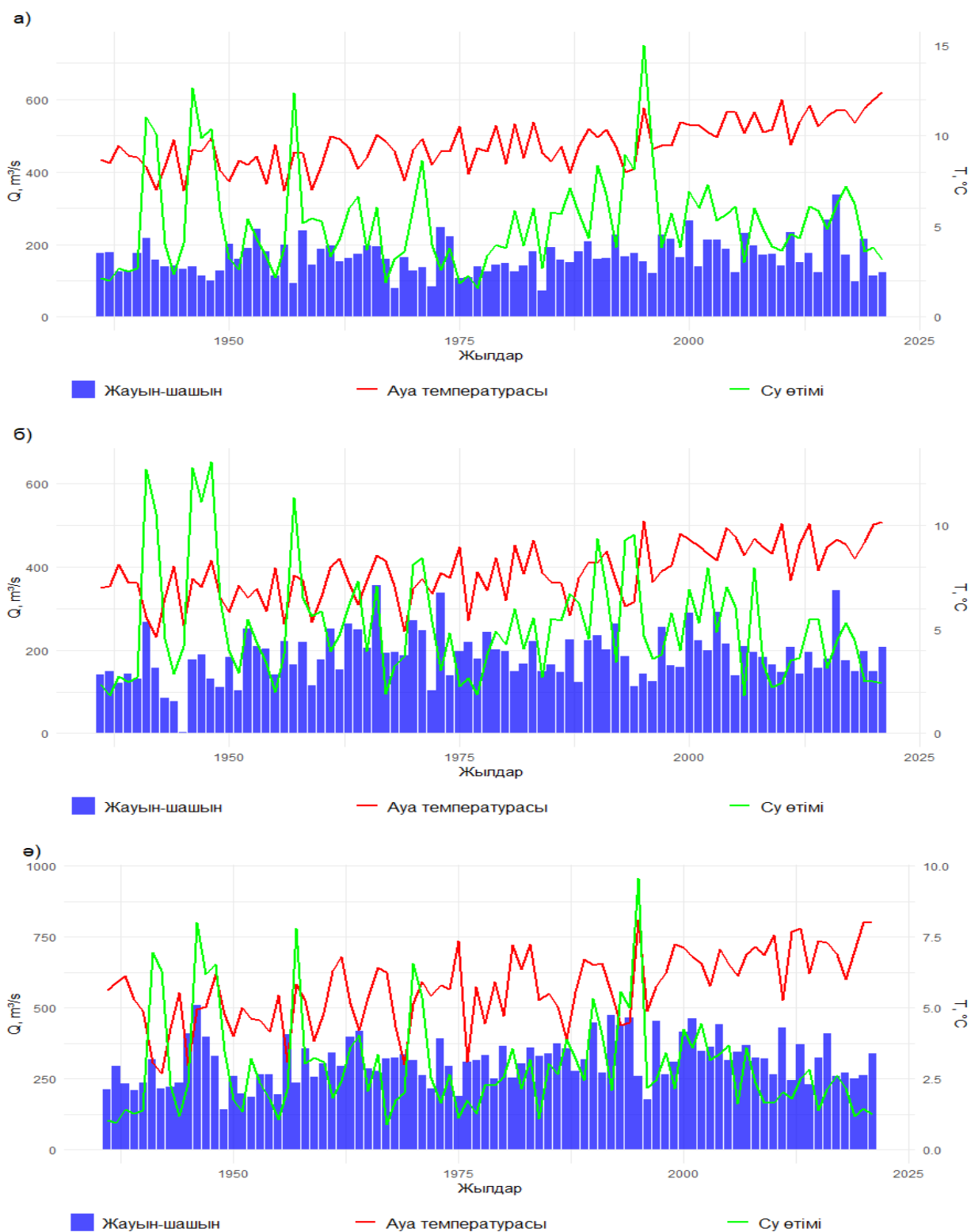
Көрсетілген графиктерден ауа температураларының оң тренді байқалады. ДМҰ-ның 1991...2020 жылдардағы базалық кезеңіне қатысты соңғы онжылдықтарда ауа температурасының жоғары ауытқуы көрінеді. Барлық метеостанцияларда 1990-шы жылдардан бастап оң ауытқулар көп екенін байқауға болады, бұл

жаһандық жылынуға сәйкес ауа температураларының айтарлықтай өсуін көрсетеді.

Климаттық және гидрологиялық сипаттамалардың ұзақ мерзімді өзгерістерін сипаттау үшін 1936...2021 жылдар аралығындағы температураның, жауын-шашынның және су өтімдерінің көпжылдық өзгерісіне бағалау

жүргізілді. Төмендегі графиктер 85 жыл ішінде жиналған деректердің кешенді талдауын көрсетеді (3-сурет). Графиктер Атырау метеостанциясы мен Атырау гидрологиялық бекеті,

Орал метеостанциясы мен Көшім гидрологиялық бекетінің, сондай-ақ Тайпақ метеостанциясы мен Махамбет гидрологиялық бекетінің мәліметтері негізінде тұрғызылды.



Сур. 3. Жайық өзені бойынша ағынды мен метеоэлементтердің кешенді көпжылдық жүрісі (1936...2021 жж). а) Атырау метеостанциясы – Атырау гидрологиялық бекеті, ә) Орал метеостанциясы – Көшім гидрологиялық бекеті, б) Тайпақ метеостанциясы – Махамбет гидрологиялық бекеті

1936 жылдан 2020 жылға дейін берілген станцияларда көпжылдық су өтімнің, жауын-шашынның және ауа температурасының динамикасы көрінеді. Ауа температурасының мәні тұрақты түрде жоғарылаған, әсіресе 1980 жылдардан бастап көтерілу байқалады. Соңғы жылдары максималды мәндерге жеткен. Жауын-шашын бойынша да біршама жылдық ауытқулар бар, бірақ ұзақ мерзімді тренд байқалмайды. Жылдық су өтімі болса 1993...1995 жылдардағы қалыптан тыс шынды қоспағанда, төмендей түскен.

Жайық өзенінің мұз режиміндегі өзгерістерді бағалау үшін мұз қабатының пайда болу және аяқталу күндеріне, сондай-ақ мұз қабатының ұзақтығына талдау жүргізілді. Төменде келтірілген кестеде 1937...2021 жылдар аралығындағы Жайық өзеніндегі мұз құбылыстарының пайда болу, аяқталу және байқалу ұзақтығы туралы мәліметтер келтірілген (2-кесте). Бұл мәліметтер өзеннің мұз режиміндегі көпжылдық өзгерістерді талдауға мүмкіндік береді.

Кесте 2

Жайық өзенінде мұз құбылыстарының пайда болу, аяқталу күндері және байқалу ұзақтығы (1937...2021 жж.)

Бекет	Күндері		Мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы
	Мұз құбылыстарының басталуы	Мұз құбылыстарының аяқталуы	
1936...1980 жж.			
Жайық өзені –Орал қаласы	09.11	13.04	155
Жайық өзені – Көшім ауылы	10.11	14.04	155
Жайық өзені – Тайпақ ауылы	16.11	09.04	144
Жайық өзені – Махамбет ауылы	19.11	02.04	134
Жайық өзені – Атырау қаласы	21.11	30.03	129
1981...2021 жж.			
Жайық өзені –Орал қаласы	16.11	09.04	144
Жайық өзені – Көшім ауылы	17.11	09.04	143
Жайық өзені – Тайпақ ауылы	24.11	06.04	133
Жайық өзені – Махамбет ауылы	24.11	28.03	124
Жайық өзені – Атырау қаласы	26.11	23.03	117

Есептеу нәтижелері көпжылдық кезеңдегі мұз құбылыстарының басталу және аяқталу уақытындағы өзгерістерді, сондай-ақ өзен мұзбен жабылған кезеңнің ұзақтығындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік берді:

Кестеге талдау жасасақ 1936...1980 жылдар аралығында мұз құбылыстарының басталуы 9 қарашадан 21 қарашаға дейін, ал аяқталуы 30 наурыздан 14 сәуірге дейін өзгерген. 1981...2021 жылдар аралығында мұз құбылыстарының басталуы 16 қарашадан 26 қарашаға дейін, ал аяқталуы 23 наурыздан 10 сәуірге дейін ауысқан. Қарастырылып отырған 6 бекеттің әрқайсысында да мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығының қысқаруы байқалады. Орал қаласында ұзақтығы 155 – тен 144 күнге дейін, Көшім ауылында – 155 – тен 143 күнге дейін, Тайпақ ауылында – 144-тен 133 күнге дейін, Махамбет ауылында-134-тен 124 күнге дейін, Атырауда қаласында-129-дан 117 күнге дейін қысқарған. Кесте 1981...2021 жыл-

дардағы өзендегі мұздың пайда болуының кеш басталуы мен ертерек аяқталуын, 1936...1980 жылдармен салыстырғанда мұз құбылыстарының ұзақтығының 10...12 күнге қысқарғанын көрсетеді. Бұл төмендеу жаһандық және жергілікті климаттың өзгеруіне байланысты болуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста мұз құбылыстарының пайда болу және өзеннің мұздан тазару күндері туралы тарихи деректер талданды, орташа су өтімдерінің, ауа температурасы мен жауын-шашын мәндерінің көпжылдық өзгерісі бағаланды. Жайық өзенінің мұздық режиміндегі өзгерістерді бағалау үшін мұз қабатының пайда болу және аяқталу күндеріне, мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығына талдау жүргізілді. Бұл параметрлер көпжылдық кезеңдегі мұз құбылыстарының басталу және аяқталу уақытындағы өзгерістерді, сонымен қатар өзен

мұзбен жабылған кезеңнің ұзақтығындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелерін қорытындай келе, соңғы жылдары Жайық өзені алабында ауа температурасының жоғарылағаны байқалады, Алынған нәтижелер басқа да Қазақстандық зерттеушілердің нәтижелерімен сәйкес келеді (Ивкина, 2015) (Кисебаев, 2020) (Смагулов, 2021) (Арыстамбекова, 2022), Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері келесідей өзгерістерді көрсетеді:

– соңғы жылдары Жайық өзені бойынша ағындының төмендеу үрдісі байқалады;
– қазіргі кезде өзенде мұз қату мерзімі артқа шегеріліп жатыр;

– ал мұздың еру құбылысы ерте байқалу үстінде;

– 1936...1980 жылдармен салыстырғанда мұз құбылыстарының ұзақтығы 10...12 күнге қысқарған.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Агафонов С. А., Фролова Н. Л., Василенко А. Н., Широкова В. А. Ледовый режим и опасные гидрологические явления на реках Арктической зоны европейской территории России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2016. – № 67. – С. 41–49.
2. Арыстамбекова Д. Д., Сайлаубек А. М. Жайық алабы өзендерінің көпжылдық мұздық режимінің өзгерісін бағалау // География және су ресурстары. – 2022. – № 2. – С. 12–18.
3. Белдеубаев Е. Е., Сальников В. Г. О сроках установления и разрушения ледяного покрова на озере Балхаш в современных климатических условиях // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 1. – С. 6–16.
4. Вуглинский В. С. Оценка изменений характеристик ледового режима водных объектов для различных регионов страны в современных климатических условиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. География. География. – 2014. – № 3. – С. 32–45.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [Электрондық ресурс]. – URL: <http://www.meteoinfo.ru> (қаралған күні: 06.06.2024).
6. Давлетгалиев С. К. Поверхностные водные ресурсы Жайык-Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 1. – С. 56–66.
7. Данченко Р. В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 247 с.
8. Ивкина Н. И., Галаева А. В., Саиров С. Б., Долгих С. А., Смирнова Е. Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе у с. Кушум на перспективу до 2050 г. с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2020. – № 3. – С. 52–69.
9. Ивкина Н. И., Наурызбаева Ж. К. Изменение характеристик ледового режима казахстанской части Каспийского

моря в связи с изменением климата // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 2. – С. 28–35.

10. Изменение климата, 2023 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Х. Ли и Х. Ромеро / МГЭИК. – Женева, Швейцария, 2023. – 184 с.

11. Кисебаев Д. К. Изменение стока реки Жайык в условиях антропогенного воздействия и изменения климата // Вопросы географии и геоэкологии. – 2020. – № 2. – С. 40–45.

12. Kochanek, K., Rutkowska, A., Baran-Gurgul, K., Kuptel-Markiewicz, I., Mirosław-Świątek, D., & Grygoruk, M. (2024). Analysis of changes in the occurrence of ice phenomena in upland and mountain rivers of Poland. PLoS ONE, 19(7), e0307842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307842>.

13. Mavromatis, T., & Stathis, D. (2011). Response of the water balance in Greece to temperature and precipitation trends. Theoretical and Applied Climatology, 104, 13–24.

14. Fukś, M. (2023). Changes in river ice cover in the context of climate change and dam impacts: a review. Aquatic Sciences, 85, 113. <https://doi.org/10.1007/s00027-023-01011-4>.

15. Обзор особенностей климата на территории Казахстана. РГП «Казгидромет», г. Астана. – Астана, 2022. – 40 с.

16. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район / Под ред. З. Г. Марковой-Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 152 с.

17. Hamed, K. H. (2008). Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis. Journal of Hydrology, 349, 350–363.

18. Yang, D., Park, H., Prowse, T., Shiklomanov, A., & McLeod, E. (2021). River Ice Processes and Changes Across the Northern Regions. In: Yang, D., & Kane, D. L. (Eds.), Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems (pp. 509–530). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50930-9_13.

19. Смагулов Ж. Ж. Внутригодовые изменения стока реки Жайык и его основных притоков // География и водные ресурсы. – 2021. – № 3. – С. 38–44.

20. UNECE. Предварительные результаты исследований по р. Жайык (Урал) [Электрондық ресурс]. – URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Transboundary_Rivers_Study_in_Kazakhstan_Ural_River_Feb_2017.pdf (қаралған күні: 06.06.2024).

21. WMO. The Global Climate 2011–2020: A decade of accelerating climate change [Электрондық ресурс]. – URL: <https://library.wmo.int/records/item/68585-the-global-climate-2011-2020> (қаралған күні: 06.06.2024).

REFERENCES

1. Agafonova, S. A., Frolova, N. L., Vasilenko, A. N., Shirokova, V. A. (2016). Ledovyi rezhim i opasnye gidrologicheskie yavleniya na rekakh Arkticheskoi zony evropeiskoi territorii Rossii [Ice regime and hazardous hydrological phenomena on the rivers of the Arctic zone of the European territory of Russia]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya, vol. 67, pp. 41–49 [in Russian].
2. Arystambekova, D. D., Sailaubek, A. M. (2022). Zhaiyq alaby özenderiniñ köpzhylдық müzдық rezhiminiñ özgerisin bağalau [Assessment of changes in the long-term ice regime of the Zhaiyq River]. Geografiya zhāne su resurstary, no. 2, pp. 12–18 [in Kazakh].

3. Beldeubaev, E. E., Sal'nikov, V. G. (2021). O srokakh ustanovleniya i razrusheniya ledyanogo pokrova na ozere Balkhash v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh [On the dates of formation and destruction of ice cover on Lake Balkhash in modern climatic conditions]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, no. 1, pp. 6–16 [in Russian].
4. Vuglinskii, V. S. (2014). Otsenka izmenenii kharakteristik ledovogo rezhima vodnykh ob'ektov dlya razlichnykh regionov strany v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh [Assessment of changes in the characteristics of ice regime of water bodies for different regions of the country in modern climatic conditions]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya*, no. 3, pp. 32–45 [in Russian].
5. Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovoi tsentr dannykh [Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center] [Electronic resource]. – URL: <http://www.meteoinfo.ru> (accessed: 06.06.2024).
6. Davletgaliev, S. K. (2011). Poverkhnostnye vodnye resursy Zhaiyk-Kaspiiskogo basseina v granitsakh Respubliki Kazakhstan [Surface water resources of the Zhaiyk-Caspian basin within the Republic of Kazakhstan]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, no. 1, pp. 56–66 [in Russian].
7. Danchenko, R. V. (1987). Ledovyi rezhim rek SSSR [Ice regime of rivers of the USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 247 pp. [in Russian].
8. Ivkina, N. I., Galaeva, A. V., Sairov, S. B., Dolgikh, S. A., Smirnova, E. Yu. (2020). Otsenka godovogo stoka reki Zhaiyk (Ural) v stvore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. s uchetom izmeneniya klimata [Assessment of annual river flow of the Zhaiyk (Ural) at the Kushum station until 2050 considering climate change]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, no. 3, pp. 52–69 [in Russian].
9. Ivkina, N. I., Naurozbaeva, Zh. K. (2015). Izmenenie kharakteristik ledovogo rezhima kazakhstanskoi chasti Kaspiiskogo morya v svyazi s izmeneniem klimata [Changes in the ice regime characteristics of the Kazakh part of the Caspian Sea due to climate change]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, no. 2, pp. 28–35 [in Russian].
10. Izmenenie klimata, 2023 g.: Obobshchayushchii doklad. Vklad Rabochikh grupp I, II i III v Shestoi otsenochnyi doklad Mezhpriatel'svennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata / Pod red. Kh. Li i Kh. Romero / MGEIK. (2023). *Izmenenie klimata 2023: Obobshchayushchii doklad* [Climate change, 2023: Synthesis Report]. MGEIK, Geneva, Switzerland, 184 pp. [in Russian].
11. Kisebaev, D. K. (2020). Izmenenie stoka reki Zhaiyk v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya i izmeneniya klimata [Changes in the flow of the Zhaiyk River under anthropogenic influence and climate change]. *Voprosy geografii i geoekologii*, no. 2, pp. 40–45 [in Russian].
12. Kochanek, K., Rutkowska, A., Baran-Gurgul, K., Kuptel-Markiewicz, I., Mirosław-Świątek, D., Grygoruk, M. (2024). Analysis of changes in the occurrence of ice phenomena in upland and mountain rivers of Poland. *PLoS ONE*, 19(7), e0307842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307842>.
13. Mavromatis, T., Stathis, D. (2011). Response of the water balance in Greece to temperature and precipitation trends. *Theoretical and Applied Climatology*, 104, pp. 13–24.
14. Fukś, M. (2023). Changes in river ice cover in the context of climate change and dam impacts: a review. *Aquatic Sciences*, 85, 113. <https://doi.org/10.1007/s00027-023-01011-4>.
15. Obzor osobennostei klimata na territorii Kazakhstana. RGP «Kazgidromet», g. Astana. (2022). – Astana, 40 pp. [in Russian].
16. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion / Pod red. Z.G. Markovoi (1966). L.: Gidrometeoizdat, 152 pp. [in Russian].
17. Hamed, K. H. (2008). Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis. *Journal of Hydrology*, 349, pp. 350–363.
18. Yang, D., Park, H., Prowse, T., Shiklomanov, A., McLeod, E. (2021). River Ice Processes and Changes Across the Northern Regions. In: Yang, D., & Kane, D. L. (Eds.), *Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems* (pp. 509–530). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50930-9_13.
19. Smagulov, Zh. Zh. (2021). Vnutrigodovye izmeneniya stoka reki Zhaiyk i ego osnovnykh pritokov [Intra-annual changes in the flow of the Zhaiyk River and its main tributaries]. *Geografiya i vodnye resursy*, no. 3, pp. 38–44 [in Russian].
20. UNECE. Predvaritel'nye rezul'taty issledovaniy po r. Zhaiyk (Ural) [Preliminary results of the study on the Zhaiyk River (Ural)] [Electronic resource]. – URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Transboundary_Rivers_Study_in_Kazakhstan_Ural_River_Feb_2017.pdf (accessed: 06.06.2024).
21. WMO. The Global Climate 2011–2020: A decade of accelerating climate change [Electronic resource]. – URL: <https://library.wmo.int/records/item/68585-the-global-climate-2011-2020> (accessed: 06.06.2024).

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ И МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ В РЕКЕ ЖАЙЫК

Н.Ж. Турсын*, Д.Д. Арыстамбекова PhD

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

E-mail: nurila_t@bk.ru

В данной статье рассмотрены изменения ледовых явлений и метеорологических параметров реки Жайык в период 1936...2021 гг. Проанализированы изменения ледниковых явлений, наблюдавшиеся за многие годы вдоль реки Жайык. Для этого были использованы многолетние данные о начале и окончании ледниковых явлений на различных станциях, расположенных вдоль реки. В результате установлено, что сроки образования льда на реке сместились на более поздние сроки, очищение реки ото льда сместилась на более ранние сроки, а продолжительность существования ледяного покрова уменьшилась. Критерий Манна-Кендалла и метод Sen's Slope использовались для оценки изменения средних многолетних температур воздуха на территории. В результате определено, что годовое повышение температуры воздуха находится в пределах 0,032...0,035. Кроме того, был проведен анализ изменения многолетних значений температуры и осадков, а также их влияния на сток реки. Результаты исследования показывают, что глобальные и локальные изменения климата оказывают существенное влияние на ледовые явления и гидрологические характеристики реки Жайык.

Ключевые слова: Река Жайык, ледовые явления, метеорологические параметры, климатические изменения, продолжительность ледовых явлений, температура воздуха, расход воды.

ASSESSMENT OF LONG-TERM CHANGES IN ICE PHENOMENA AND METEOROLOGICAL ELEMENTS IN THE ZHAIYK RIVER

N.Zh. Tursyn*, D.D. Arystambekova PhD

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: nurila_t@bk.ru

This article examines the changes in ice phenomena and meteorological parameters of the Zhaiyk River during the period from 1936 to 2021. The changes in ice phenomena observed over many years along the Zhaiyk River were analyzed. For this, long-term data on the start and end of ice phenomena at various stations along the river were used. As a result, it was established that the formation of ice on the river has shifted to later dates, the clearing of the river from ice has shifted to earlier dates, and the duration of the ice cover has decreased. The Mann-Kendall test and the Sen's Slope method were used to assess the changes in long-term average air temperatures in the region. As a result, it was determined that the annual air temperature increase is within the range of 0,032...0,035. Additionally, changes in long-term values of temperature and precipitation, as well as their impact on river discharge, were analyzed. The study results show that global and local climate changes have a significant impact on ice phenomena and the hydrological characteristics of the Zhaiyk River.

Keywords: Zhaiyk River, ice phenomena, meteorological parameters, climatic changes, duration of ice phenomena, air temperature, water discharge.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Турсын Нурила Жанатқызы – магистрант 2-го курса, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, nurila_t@bk.ru

Арыстамбекова Динара Дандыбаевна – PhD, ст. преподаватель, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, d_arystambekova@mail.ru

Турсын Нурила Жанатқызы – 2-ші курс магистрант, әл -Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71, nurila_t@bk.ru

Арыстамбекова Динара Дандыбаевна – PhD, аға оқытушы, әл -Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71, d_arystambekova@mail.ru

Tursyn Nurila – 2nd year master’s student, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, al-Farabi ave., 71, nurila_t@bk.ru

Arystambekova Dinara – PhD, senior lecture, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, al-Farabi ave., 71, d_arystambekova@mail.ru

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/ Authors’ contribution:

Турсын Н.Ж. – проведение расчетов, проведение анализа, подготовка и редактирование текста

Арыстамбекова Д.Д. – разработка концепции, разработка методологии

Турсын Н.Ж. – есептеулер жүргізу, талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу

Арыстамбекова Д.Д. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдіснаманы әзірлеу

Tursyn N.Zh. – calculations, analyses, text preparation and editing

Arystambekova D.D. – concept development, methodology development

PRESENT TRENDS IN AIR TEMPERATURE IN THE EAST OF KAZAKHSTAN

M.M. Makhambetova^{1*}, Onur Satir² PhD, A.S. Nyssanbaeva¹ Candidate of geographical sciences

¹al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan

²Yuzuncu Yil University, Department of Landscape Architecture, Van, Turkey

E-mail: meruyert.makhambetova22@gmail.com

According to world research, over the past decades there has been a tendency for air temperature to rise and an increase in the frequency of extreme weather events. The study of the climatic predisposition of individual regions to extreme events, in particular fires, is an urgent problem of our time. The main purpose of this study was to define current trends in air temperature in Eastern Kazakhstan on an annual, seasonal and monthly scale. The non-parametric Mann-Kendall test and Sen's slope estimation were used for the analysis, and the co-kriging method was used to interpolate the data to obtain areal distribution. As a result of the study, it was revealed that in most of Eastern Kazakhstan, there has been an increasing trend in average and maximum temperatures significantly. It was also noted that the main statistically significant changes are observed in the spring and summer seasons. Changes at some stations were reached from 0,2 to 1,0 °C in ten years. The most consistent and significant trends in temperature increase were recorded in March and April.

Keywords: Air temperature, Non-parametric Mann-Kendall test, Co-kriging.

Accepted:16.10.2024 y.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-39-49

INTRODUCTION

According to the world climate literature, there has been a trend of rising air temperatures and an increase in the frequency of extreme weather events in recent decades (Change, 2023, Perreault-Carranza, 2024, Valavanidis, 2023).

In the IPCC's sixth assessment Report on the physical basis of climate change, it was noted that human activities, mainly due to greenhouse gas emissions have caused global warming. The report showed that the temperature of the earth's surface between 2011 and 2020 was 1,1°C, higher than between 1850 and 1900. It was also noted that the global temperature of the earth's surface has risen faster than in any other 50-year period since 1970, according to the data of the last 2000 years (IPCC, 2021).

Climate risks are potential risks that may arise as a result of climate change (physical risks) or measures to minimize its effects (transitional risks) (Bank of Russia, 2022). The key factors that cause a high degree of vulnerability may be due to a number of geographical factors – for example, the presence of territories in different climatic zones.

In global research on climate change,

especially changes in air temperature trends, it includes various methods, depending on the objectives of the study, the data used, and the time and spatial scale. In various works (Ceyhunlu, 2024, Costa, 2024, Mudelse, 2018) changes in air temperature were calculated using the linear regression method, the trend reversal analysis method, automatic and cross-correlation analysis, etc. In this study, the Mann-Kendall test and the Sen's slope estimation were selected for analysis.

In the works of many researchers (Faquseh, 2024, Hossen, 2023, Rahdari, 2024), it was noted that the Mann-Kendall test is especially effective in assessing monotonous trends such as air temperature, precipitation, snow cover height, etc.

This nonparametric test is used not only in meteorology but also in various fields of science and medicine. The Mann-Kendall test allows us to calculate the trend toward an increase or decrease in the values of meteorological parameters, as well as to assess the statistical significance of these changes (Neel, 2018).

The Mann-Kendall's statistics depend on the functions of the observation ranks rather than their actual values, which mean the method does not depend on the actual distribution of data and is

less sensitive to outliers. Nonparametric statistics are usually much less affected by outliers and other forms of abnormality and are an indicator of monotonic linear dependence. A statistically significant trend identified using a nonparametric model, such as the Mann-Kendall test (MK), can be supplemented by an estimate of the slope of the Sen to determine the magnitude of the trend (Yadav, 2014).

One of the manifestations of climate change is an increase in air temperature, which is continuously associated with an increase in the incidence of extreme weather events such as droughts and fires and other dangerous phenomena. It should be noted that in the east of Kazakhstan, which is the object of research, there are forests important for the ecosystem, the area of which decreases every year and suffers from forest fires. The fire that occurred in 2023 in the territory of the Abad region destroyed more than 60,000 hectares of forest, which is a major disaster on a global scale (Wikipedia contributors, 2023).

In this regard, the purpose of this study was to analyse trends in changes in the average and maximum air temperature in the Eastern Kazakhstan associated with an increase in extreme weather events, in particular wildfires.

MATERIALS AND METHODS

The study area. The climate of the east of

Kazakhstan is very diverse and in this regard, the climatic risks of different regions of Kazakhstan are also not the same. The key factors that cause a high degree of vulnerability may be due to a number of geographical factors – for example, the presence of territories in different climatic zones.

The study area is the East of Kazakhstan, which includes the Abai and East-Kazakhstan regions. It is located between latitudes 45,32 and 51,43 north latitude and 76,47 and 87,19 east longitude, has a maximum length of 760 km from east to west and 610 km from north to south, covers an area of 283,300 km², altitude ranges from 121 meters to 4350 meters above sea level. On the territory of the east of Kazakhstan there are both vast flat areas and high-altitude areas where the Altai and Saur-Tarbagatai mountains are located (Egorina, 2014).

The state of Kazakhstan's forest lands is of particular concern. Occupying only 4% of the country's territory, they are the habitat of the most valuable and rare species of animals, 90 % of the species of higher plants known in the republic. The forest cover of the entire republic is mainly in the east and north of Kazakhstan, for each region the total forest cover is 14 % (Makeeva, 2022). The most important forests for the republic are located in the studied area, and climate change can affect changes in the ecosystem and forest cover in this area.

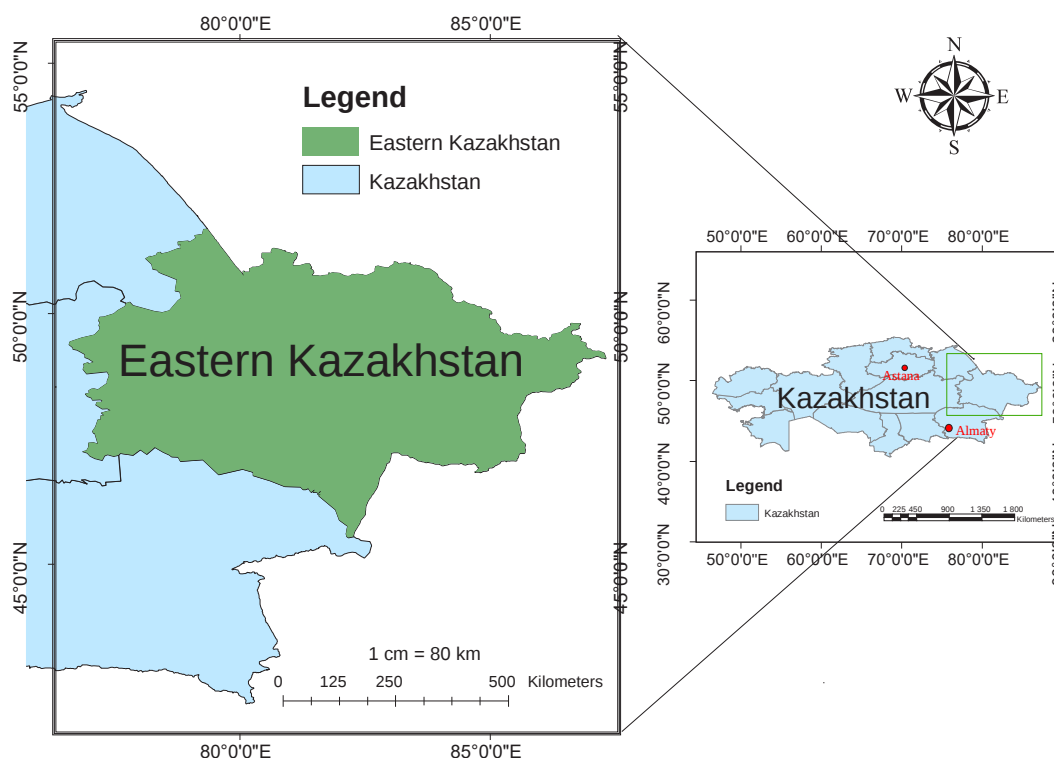


Fig. 1. The map of object of the study – the east of Kazakhstan

To conduct this study, data were taken from the archive of urgent observations of RSE Kazhydromet for the period 1978...2023 from 24 meteorological stations (Kazhydromet, n.d.).

The non-parametric Mann-Kendall test was used to analyze the data, which allows us to identify trends and determine the statistical significance of changes in time series. It is important to note that these methods are resistant to emissions and are used to identify significant climatic trends, which makes them optimal for this type of data and they are justified in the context of analyzing temperature trends.

According to this test, the statistics of S and Z , Kendall's tau (τ), the p value, etc. were evaluated. Also, the values of Sen's slope were determined to assess the trend. All calculations were created using the Python programming language (Python Software Foundation, n.d.) in the Jupyter Notebook software (Project Jupyter, n.d.).

The Mann-Kendall test. The MK test is a nonparametric test for detecting trends in time series data. The S statistics for the MK test are calculated using the following formulas (1...2):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_j - X_k), \quad (1)$$

$$\text{sgn}(X_j - X_k) = \begin{cases} 1, & \text{if } (X_j - X_k) > 0 \\ 0, & \text{if } (X_j - X_k) = 0 \\ -1, & \text{if } (X_j - X_k) < 0 \end{cases}, \quad (2)$$

where, n is the length of the dataset, X_j and X_k are the data values at times j and k , and sgn is a signed function that takes values -1 , 0 and $+1$. The value of t from S shows uptrends or downtrends in climate datasets:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{k=1}^p t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18}, \quad (3)$$

where, p is the associated group, and t_k is the number of observations in the k group. The standard Z statistic for the Mann-Kendall test is calculated using the following formula:

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases}, \quad (4)$$

where, Z_s shows the significance of the trend. Then, standardized test statistics are applied

to test the null hypothesis, H_0 , if $Z_s > Z_{\alpha}/2$ and α shows the confidence level.

The Sen's slope is calculated using the following formula:

$$Q = \frac{X_j - X_k}{j - k} \quad k < j, \quad (5)$$

where, X_j and X_k are the values of meteorological parameters at time j and k (Gulakhmadov, 2021).

Data visualization. The co-kriging method was chosen to visualize and calculate the spatial distribution of data. Co-kriging is an advanced kriging technique that is used to interpolate spatial data using multiple interconnected data. The co-kriging method has been extensively studied by various researchers and adapted to different practical scenarios. The advantage of co-kriging is that it shows more accurate results (Giraldo, 2020). In this paper, Mann-Kendall statistics and the height of the earth's surface were used for co-kriging.

RESULTS AND DISCUSSION

In many studies (Bisai, 2014, Latrech, 2023, Liyew, 2024) that the non-parametric Mann-Kendall test was used, calculations have shown that the trends to increase of the air temperature is statistically significant. For example, in studies conducted in Morocco from 1970 to 2019, the test results showed that air temperature has seasonal trends and revealed a trend towards an increase in temperature in spring and summer (Qadem, 2024).

In studies in India, the results were also obtained, according to which there is an increase in the number of warm days and nights and the number of cold days and nights decreases. The authors also noted that the observed growing warming trends may lead to floods in India in the future (Frimpong, 2022).

The Mann-Kendall test was also used to study trends of changes in average temperature values across the territory of Kazakhstan. According to the results of this study, the authors note that there is a tendency for a significant increase in air temperature in Kazakhstan. The average annual temperature over the past 50 years has increased by an average of 0.034°C per year. In all four seasons of the year, there were trends towards an increase in the corresponding average temperatures, especially significant changes were in spring, summer and autumn (Farooq, 2021).

The same results, i.e. significant trends in temperature increases in spring, summer, autumn and minor changes in winter, were obtained according to the study over the Kyzylorda region of Kazakhstan (Abdolla, 2024).

Mann-Kendall statistics in the east of Kazakhstan. As mentioned above, their average and maximum values were taken to study trends in

air temperature changes. The analysis of changes in the temperature range in the east of Kazakhstan over the past 45 years was carried out. Tables 1...3 provide Z-values calculated for the average and maximum air temperature. Table 1 shows annual and seasonal Mann-Kendall statistics on average and maximum temperatures for 24 meteorological stations.

Table 1

Seasonal Mann–Kendall statistics (Z-values) for average (a) and maximum (b) temperatures (in °C) for the period 1978...2023 in Eastern Kazakhstan

MS	Average air temperature					Maximum air temperature				
	Ann.	Spr.	Sum.	Fall	Wint.	Ann.	Spr.	Sum.	Fall	Wint.
Aksuat	3,97*	3,94	2,97	1,82	1,18	3,95	4,14	2,78	1,44	1,26
Aktogai	2,49	3,15	2,33	0,70	-0,06	2,61	2,98	3,14	1,09	-0,26
Ayagoz	3,27	3,95	2,91	0,91	0,24	2,45	3,63	1,41	0,32	-0,42
Bakty	3,29	3,59	3,67	1,34	-0,33	3,61	3,77	4,01	1,21	-0,14
Barshatas	2,89	3,60	2,02	0,70	0,04	1,30	3,11	0,53	-0,27	-0,44
Dmitriyevka	1,77	3,26	2,21	0,20	-0,50	1,83	3,39	1,77	0,15	-0,54
Kainar	2,11	3,31	0,66	-0,40	0,00	2,15	3,79	1,24	-0,04	-0,71
Karaaul	1,58	3,60	1,37	-0,30	-0,49	1,68	3,92	1,54	-0,08	-0,67
Katon-karagai	2,41	3,49	3,69	0,22	-0,56	1,96	3,11	2,17	-0,13	-0,49
Kokpekty	3,18	3,98	3,36	0,90	0,92	3,41	3,28	3,44	0,86	0,93
Kurshim	2,05	3,05	3,01	0,05	0,09	3,21	3,38	4,19	0,91	0,65
Leninogorsk	1,43	4,08	3,02	-0,41	-0,86	0,30	3,04	2,30	-1,41	-2,00
Zapovednik Markakol	3,70	4,36	4,24	1,08	0,97	4,47	4,94	4,91	1,35	1,48
Samarka	2,83	3,32	2,85	0,66	0,64	2,48	3,21	2,55	0,26	-0,10
Semey	1,73	3,54	1,66	0,39	-0,34	2,42	4,17	2,22	0,59	-0,38
Semiyarka	1,60	3,57	1,65	0,39	-0,26	2,67	3,96	3,25	0,84	-0,38
Shalabai	1,36	3,30	1,59	-0,14	-0,64	1,37	3,38	2,64	0,31	-1,72
Shar	1,72	3,50	1,87	0,09	-0,44	2,21	3,90	2,67	0,63	-0,57
Shemonaiha	2,39	3,88	2,47	0,67	0,13	2,66	4,42	3,18	0,92	-0,46
Terekty	1,57	3,28	2,47	-0,16	-0,73	1,87	3,05	1,91	-0,09	-0,06
Ulken Naryn	1,61	2,61	2,45	0,59	-0,49	2,19	2,33	2,25	0,33	0,62
Urzhar	0,30	2,49	1,44	-0,64	-2,55	0,37	2,13	0,39	-0,01	-2,09
Zaisan	2,63	3,56	3,13	0,40	0,17	1,20	2,92	2,50	-0,42	-0,91
Zhalgyztobe	1,76	3,57	2,07	0,22	-0,59	1,64	3,51	2,53	0,24	-1,17

*In the table, values in bold represent Mann–Kendall results that are significant at $p < 0,05$

Calculations show (Table 1) an increase in the annual tends of the average temperature at 13 stations out of 24 and the maximum temperature at 15 stations, which was statistically significant (p value < 0.05). At the same time, none of the stations showed negative dynamics.

During the spring season, significant positive temperature changes were observed at all meteorological stations. There was also a significant positive trend during the summer period, with the exception of a few stations such

as Shar, Shalabai, Semiyarka, Karaaul and Kainar, for which temperature trends were insignificant. In autumn and winter, no significant trends were detected at the stations.

The average annual and seasonal trend of maximum temperature repeats the average temperature.

Table 2 shows the results of the statistical Z values of the Mann–Kendall test for the average temperature by month.

Table 2

Mann–Kendall statistics (Z-values) by month (in °C) for the period 1978...2023 in the eastern Kazakhstan for average temperature

Station	Average air temperature											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Aksuat	0,08	2,12*	3,22	2,60	0,78	1,89	1,14	2,55	0,65	2,32	1,67	0,44
Aktogai	0,15	1,18	2,72	2,42	0,93	1,64	1,39	1,34	0,27	1,44	0,32	-0,50
Ayagoz	0,00	1,55	3,46	3,18	1,10	1,85	1,43	1,82	0,93	1,40	0,55	-0,67
Bakty	-0,04	1,12	2,94	2,94	0,88	3,05	2,09	2,09	1,41	1,84	0,12	-0,68
Barshatas	0,28	1,53	3,32	2,70	1,08	1,50	0,23	1,68	0,09	1,50	0,05	-0,42
Dmitriyevka	-0,58	0,55	2,99	2,89	1,00	1,45	0,31	1,72	-0,09	1,09	0,15	-1,33
Kainar	-0,36	1,17	3,13	2,25	0,99	0,82	0,13	1,16	-0,75	0,41	-0,24	-0,64
Karaaul	-0,83	0,98	3,20	2,56	0,76	0,98	-0,10	0,99	-0,72	0,57	-0,17	-1,64
Katon-karagai	-0,64	0,62	2,92	2,67	0,41	2,05	1,83	3,24	-0,02	1,08	0,05	-1,62
Kokpekty	-0,01	1,46	3,51	2,70	0,93	2,26	1,55	1,88	-0,03	1,14	0,90	-0,08
Kurshim	-0,40	1,09	2,41	2,83	-0,17	1,74	1,67	1,84	-0,40	0,25	0,42	-0,65
Leninogorsk	-1,25	0,70	3,13	2,79	0,76	1,55	1,13	2,25	-0,84	0,64	-0,40	-1,88
Zapovednik Markakol	0,30	1,81	2,61	3,35	2,17	3,21	2,09	3,06	0,71	1,46	0,26	0,07
Samarka	0,15	1,65	2,79	2,53	0,60	1,83	1,04	1,77	-0,63	1,28	0,85	-0,22
Semey	-0,55	0,80	2,85	2,69	1,15	1,07	-0,28	1,71	0,14	1,12	0,04	-1,37
Semiyarka	-0,56	0,73	2,99	2,44	1,17	0,83	0,11	1,79	-0,27	1,18	0,28	-0,92
Shalabai	-1,34	0,66	2,99	2,99	0,47	1,17	0,13	1,03	-0,04	0,49	0,08	-1,49
Shar	-0,70	0,87	2,96	3,12	0,72	1,39	0,20	1,15	-0,09	0,76	0,06	-1,42
Shemonaiha	-0,47	1,23	3,28	2,99	1,13	1,35	0,99	1,89	0,20	1,15	0,55	-0,63
Terekty	-0,80	0,71	3,17	2,61	0,04	1,90	0,66	1,47	-0,37	0,80	0,09	-1,44
Ulken Naryn	-1,28	0,14	2,77	1,89	-0,32	1,62	0,83	1,13	-0,99	0,64	1,07	-0,09
Urzhar	-1,49	-0,20	2,07	2,11	0,30	1,22	0,57	0,62	-1,16	-0,23	-0,09	-1,52
Zaisan	-0,37	1,12	2,76	2,96	0,58	2,04	1,72	2,13	-0,06	0,64	0,72	-0,46
Zhalgyztobe	-0,87	0,71	2,96	2,95	0,60	1,62	0,65	1,37	0,00	0,83	0,17	-1,56

*In the table, values in bold represent Mann–Kendall results that are significant at $p < 0,05$

It was found that in the period from 1978 to 2023, there was a tendency for temperatures to rise in most months. However, not all months have equally significant trends in temperature increase. During the cold period of the year (September–February), negative trends are also noted, but they are not significant. The most consistent and

significant trends in temperature increase were recorded in March and April. In summer, in June and August, a significant positive trend was recorded only at 5...6 stations.

Table 3 shows the results of the statistical values of the Mann–Kendall test for the maximum temperature by month.

Table 3

Mann–Kendall statistics (Z-values) by month (in °C) for the period 1978...2023 in the eastern Kazakhstan for maximum temperature

Station	Maximum air temperature											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Aksuat	0,68	1,99*	3,20	3,32	1,48	2,31	1,59	2,16	0,28	1,30	1,52	0,24
Aktogai	-0,24	0,44	2,43	2,11	1,33	2,28	1,58	1,38	0,34	1,21	0,93	-0,56
Ayagoz	-0,54	1,29	3,11	2,68	0,88	1,59	0,68	0,62	-0,43	0,68	0,58	-1,27
Bakty	0,17	1,36	3,15	2,54	1,53	2,94	2,16	2,53	0,72	1,27	0,80	-0,70
Barshatas	-0,46	0,88	2,73	2,49	1,07	1,03	-0,80	0,47	-1,16	0,39	0,02	-1,20
Dmitriyevka	-0,84	0,97	3,13	3,03	1,13	1,19	0,37	1,28	-0,03	1,15	-0,09	-1,77
Kainar	-0,44	0,98	2,92	2,57	1,80	1,14	0,06	0,77	-0,72	0,52	-0,13	-1,55
Karaaul	-1,04	0,90	3,20	2,94	1,49	1,66	0,30	1,15	-0,53	0,72	-0,19	-1,94
Katon-karagai	-0,48	0,93	2,72	2,03	0,31	1,57	0,70	1,68	-0,35	1,06	-0,20	-1,65
Kokpekty	0,44	1,68	3,08	2,34	1,19	2,62	1,55	2,21	0,02	1,00	0,89	-0,08
Kurshim	0,09	1,46	2,38	2,66	1,13	2,50	2,86	3,21	0,88	1,07	0,67	-0,26
Leninogorsk	-1,56	0,25	2,69	2,04	0,65	1,93	1,11	1,95	-0,89	-0,05	-1,31	-3,01
Zapovednik Markakol	0,62	2,40	2,88	4,26	2,87	3,70	3,04	4,11	1,62	1,52	0,47	0,38
Samarka	-0,09	0,91	2,30	2,57	1,05	2,28	0,99	1,47	-0,09	0,74	0,59	-0,69
Semey	-0,62	1,17	3,08	3,49	1,54	1,37	0,31	1,97	0,20	1,47	0,09	-1,44
Semiyarka	-0,71	0,63	3,16	3,18	2,13	1,75	1,29	2,68	0,27	1,73	0,27	-0,92
Shalabai	-1,56	-0,19	2,06	3,17	1,18	1,84	1,24	1,75	0,42	1,06	-0,06	-2,21
Shar	-0,87	0,78	2,79	3,40	1,15	1,95	0,99	1,81	0,31	1,48	0,33	-1,47
Shemonaiha	-0,69	1,00	3,22	3,55	1,60	2,13	1,86	2,34	0,59	1,60	0,46	-1,18
Terekty	-0,33	1,29	2,85	2,52	0,69	1,81	-0,01	1,86	-0,05	0,82	-0,17	-0,95
Ulken Naryn	-0,30	1,06	2,27	1,80	0,47	1,82	0,35	1,21	-0,66	-0,15	1,02	0,27
Urzhar	-1,50	0,10	1,84	1,71	0,25	0,58	0,03	-0,15	-0,97	0,35	0,06	-1,43
Zaisan	-1,23	0,45	2,42	2,44	0,31	1,93	1,37	1,38	-0,45	0,03	0,08	-1,21
Zhalgyztobe	-1,11	0,57	2,78	3,22	0,74	1,94	0,98	1,42	-0,08	0,96	-0,01	-2,06

*In the table, values in bold represent Mann–Kendall results that are significant at $p < 0,05$

The monthly statistical values of Mann–Kendall for maximum temperature have a similar pattern to the average temperature. Significant changes were also detected in March and April, and an increase in temperature is observed at all stations.

Visualization of the current trend in air temperature in the East of Kazakhstan. According to the statistical data of the Sen's slope estimator, interpolated data were calculated using the co-

kriging method and maps of the spatial distribution of air temperature changes in Eastern Kazakhstan were visualized using the ArcGIS desktop environment. On a seasonal scale, statistical values varied within different limits for each season, which made it difficult to use a single scale for data visualization. Because of this difference, each season has its own specific scale (Fig. 2).

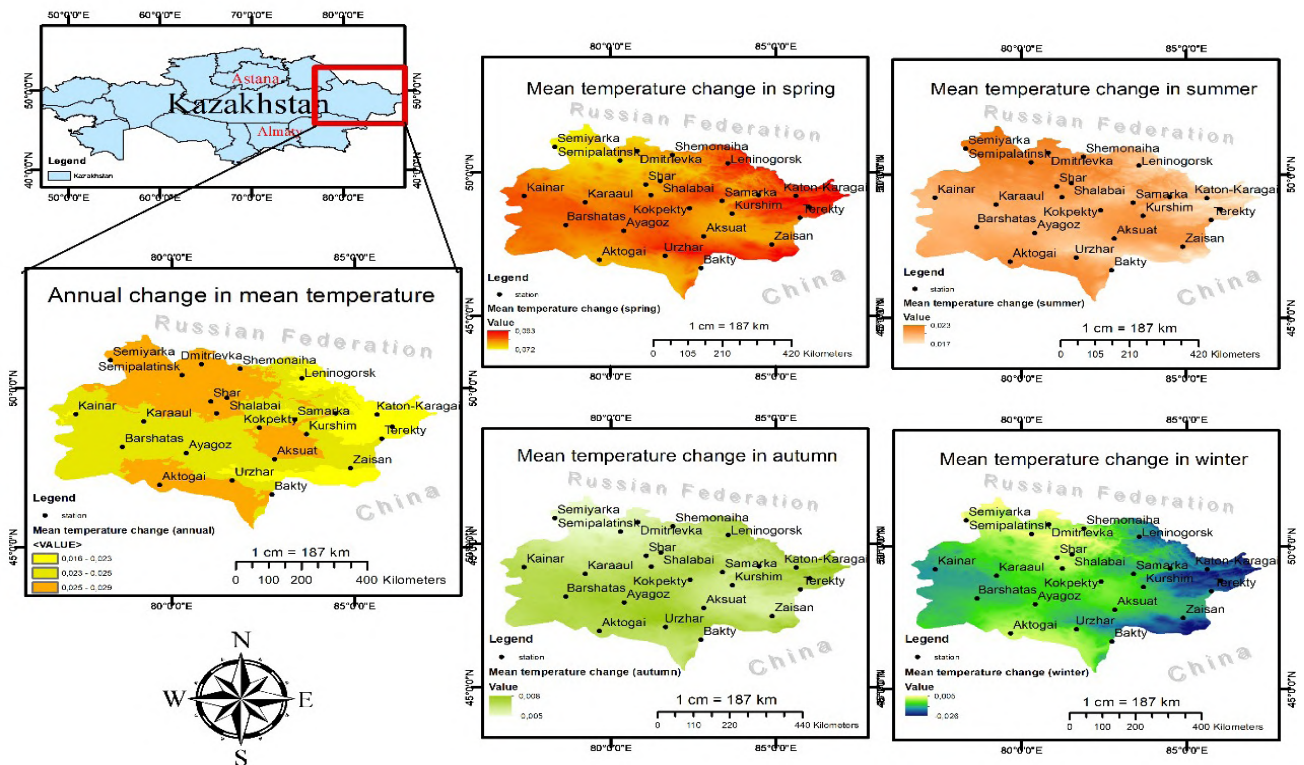


Fig. 2. Annual and seasonal changes in average temperature (in °C/year) in the eastern Kazakhstan

Figure 2 shows maps with interpolated values of Sen's slope (in °C/year) on an annual and seasonal scale for the average temperature. Trend calculations of annual mean temperatures show an increase of 0,2...0,4 °C over the decade. The map shows a significant increase in the plains of eastern Kazakhstan. Minimal changes were recorded in the highlands.

Among the four seasons of the year, the greatest temperature increase is observed in spring and summer, and the minimum change is during the cold season.

The smallest change was recorded in autumn, during this period the trend varies between 0,1...0,2 °C per decade. In spring, the temperature increase varies between 0,6...1,0 °C over ten years, changes with maximum values are localized in the high-altitude area. In summer, you can also see a significant positive increase in temperature, in the range of 0,2...0,4 °C per decade.

The calculated data based on the maximum temperature were shown in the following maps (Fig. 3).

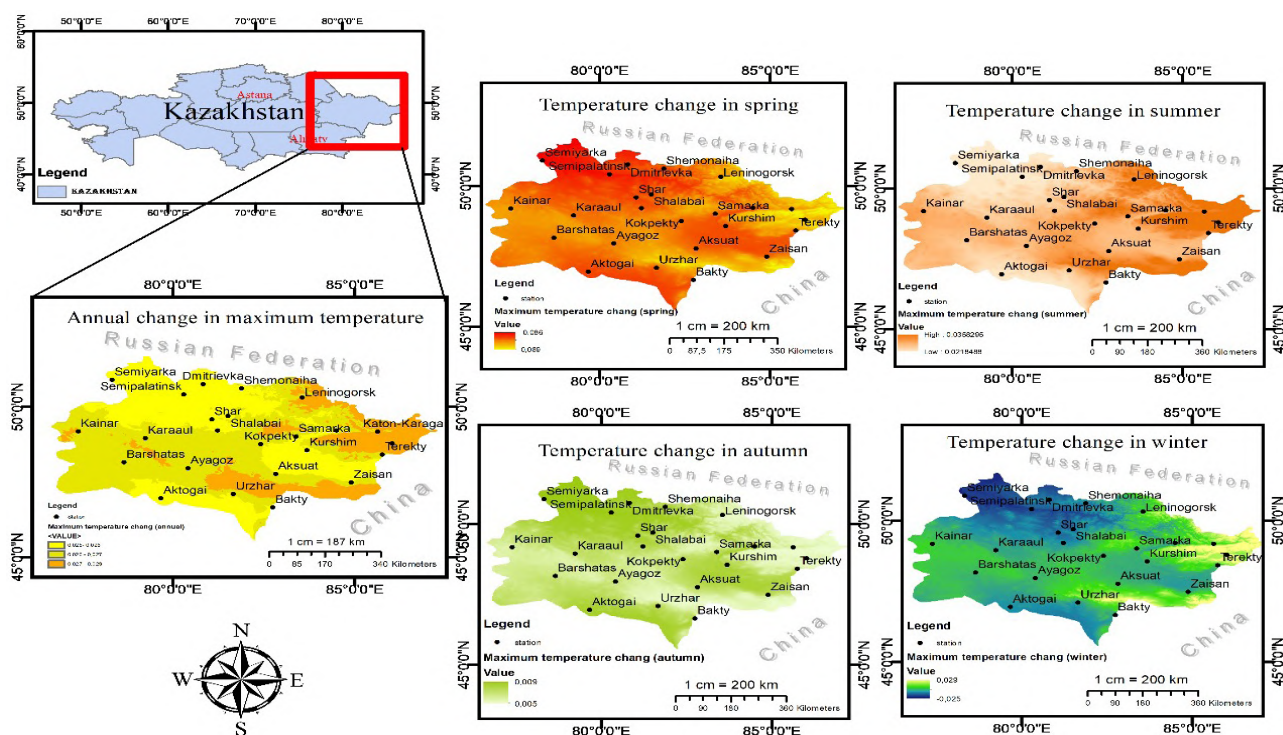


Fig. 3. Annual and seasonal changes in maximum temperature (in °C/year) in the eastern Kazakhstan

Trend calculations of annual maximum temperatures show an increase of 0,2...0,5 °C over the decade. The map shows that a significant increase was recorded in the mountain area of eastern Kazakhstan.

Among the four seasons of the year, the maximum temperature has a similar pattern to the average temperature. The greatest increase is observed in spring and summer, and the minimum in winter and autumn.

The smallest change was recorded in autumn and winter, during this period the trend varies between 0,1...0,2 °C per decade. In spring, the temperature increase varies between 0,6...1,0 °C over ten years, changes with maximum values are localized in flat terrain. In summer, you can also see a significant positive increase in temperature, in the range of 0,2...0,8 °C per decade.

CONCLUSION

Climate change in the studied region has a significant impact on the ecosystem, agriculture and economic stability. In this work were calculated an annual, seasonal and monthly air temperature changes in the territory of eastern Kazakhstan and the following conclusions were made:

1. There is an increase in the average and maximum temperature in most of the territory of eastern Kazakhstan. Calculations show an increase in the annual trends of the average temperature at 13 stations out of 24 and the maximum temperature at 15 stations, which was statistically significant (p value < 0,05).

2. A significant increase in the average air temperature was in the flat terrain of eastern Kazakhstan and minimal changes were recorded in the highlands.

3. The spatial distribution of changes in the maximum temperature has a diametrically opposite distribution of the average temperature, a significant increase in it was recorded in mountainous areas.

4. According to the Sen's slope estimator, annual increases in average air temperature were in the range of 0,2...0,4 °C over ten years. For the maximum temperature, the changes were in the range of 0,2...0,5 °C over ten years.

5. In spring and summer, there was a significant increase in the average and maximum temperature at all stations, the changes ranged from 0,6...1,0 °C over ten years in terms of average terms of maximum air temperature.

In conclusion, it can be noted that statistically significant temperature changes with an upward trend have been observed in recent decades. The observed changes may lead to an increase in the frequency of natural hazards associated with high temperatures, in particular fires, droughts and floods in the studied region.

REFERENCES

1. Abdolla, N. S., Nyssanbaeva, A. S., & Abdirazak, A. K. (2024). Kyzylorda oblysyndagy aua temperaturasy synyn 1961...2020 zhyldar aralygynda ozgerui. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, (1)(112).
2. Bank Rossii. (2022). Klimaticheskieriskivmenyayushchikhsya ekonomicheskikh usloviyakh: doklad dlya obshchestvennykh konsul'tatsii. Retrieved from https://www.cbr.ru/Content/Document/File/143643/Consultation_Paper_21122022.pdf
3. Bisai, D., Chatterjee, S., Khan, A., & Barman, N. (2014). Application of Sequential Mann-Kendall Test for Detection of Approximate Significant Change Point in Surface Air Temperature for Kolkata Weather Observatory, West Bengal, India. *International Journal of Current Research*, 6, 5319–5324.
4. Ceyhunlu, A., & Ceribasi, G. (2024). Changes in precipitation and air temperature over Turkey using innovative trend pivot analysis method. *Journal of Water and Climate Change*, 15, 2446–2463. <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.041>
5. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change information for regional impact and risk assessment. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.014>
6. Costa, M., Brito, A., Castro, A., Dias, R., & Zebende, G. (2024). Trends in the air temperature: A practical approach for auto- and cross-correlation analysis. *Advances in Meteorology*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/3098248>
7. Egorina, A. V., & Loginovskaya, A. N. (2014). Rel'ef kak faktor rekreatsionnoi deyatel'nosti (na primere Vostochnogo Kazakhstana). *Naukaiturizm: strategii v zaimodeistviya*, 1, 47–50.
8. Faquseh, H., & Grossi, G. (2024). Trend analysis of precipitation, temperature, and snow water equivalent in Lombardy region, northern Italy. *Sustainable Water Resources Management*, 10. <https://doi.org/10.1007/s40899-023-00992-2>
9. Farooq, I., Shah, A. R., & Salik, K. M. (2021). Annual, seasonal, and monthly trend analysis of temperature in Kazakhstan during 1970–2017 using non-parametric statistical methods and GIS technologies. *Earth Systems and Environment*, 5, 575–595. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00244-3>
10. Frimpong, B. F., Koranteng, A., & Molkenhuth, F. (2022). Analysis of temperature variability utilizing Mann-Kendall and Sen's slope estimator tests in the Accra and Kumasi metropolises in Ghana. *Environmental Systems Research*, 11, 24. <https://doi.org/10.1186/s40068-022-00269-1>
11. Gulakhmadov, A. A. (2021). Otsenka trendov i magnitudnykh izmenenii osadkov za poslednie desyatiletia v basseine reki Kafirnigan. *Vestnik pedagogicheskogo universiteta (Estestvennykh nauk)*, 1–2(9–10).
12. Giraldo, R., Herrera, L., & Leiva, V. (2020). Cokriging prediction using as secondary variable a functional random field with application in environmental pollution. *Mathematics*, 8(8), 1305. <https://doi.org/10.3390/math8081305>
13. Hossen, M. S., & Evan, R. (2023). Assessing historical climate trends in Dhaka City: A multivariate analysis using Mann-Kendall and Sen's slope method. *International Journal of Climate Research*, 7(1), 24–45. <https://doi.org/10.18488/112.v7i1.3452>
14. IPCC. (2021). Summary for policymakers. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* (pp. 3–32). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
15. Latrech, B., Yacoubi, S., Hermassi, T., Slatni, A., Jarray, F., & Pouget, L. (2023). Homogeneity and trend analysis of climatic variables in Cap-Bon region of Tunisia. *Applied Sciences*, 13, 10593. <https://doi.org/10.3390/app131910593>
16. Liyew, C., Di Nardo, E., Meo, R., & Ferraris, S. (2024). Identifying time patterns of highland and lowland air temperature trends in Italy and the UK across monthly and annual scales. *Advances in Statistical Climatology, Meteorology and Oceanography*, 10, 173–194. <https://doi.org/10.5194/ascmo-10-173-2024>
17. Makeeva, L. A., Urazbaeva, S. E., & Mukanov, S. S. (2022). Izuchenie ekologicheskikh problemy prirodookhrannogo kharaktera lesov Respubliki Kazakhstan. *Endless light in science*, (November), 161–165.
18. Mudelsee, M. (2018). Trend analysis of climate time series: A review of methods. *Earth-Science Reviews*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.12.005>
19. Neel, K., & Pachauri, S. (2018). Mann-Kendall test – A novel approach for statistical trend analysis. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 63(1), 18–21.
20. Perreault-Carranza, T., Ni, V., Savoie, J., Saucier, J., Frenette, J., & Jbilou, J. (2024). Core competencies of the public health workforce in climate change and extreme weather events preparedness, response, and recovery: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21. <https://doi.org/10.3390/ijerph21091233>
21. Qadem, Z., & Tayfur, G. (2024). In-depth exploration of temperature trends in Morocco: Combining traditional methods of Mann-Kendall with innovative ITA and IPTA approaches. *Pure and Applied Geophysics*, 181, 2717–2739. <https://doi.org/10.1007/s00024-024-03535-8>
22. Rahdari, M., Kharazmi, R., Rodrigo-Comino, J., & Rodríguez-Seijo, A. (2024). Spatial-temporal assessment of dust events and trend analysis of sand drift potential in northeastern Iran, Gonabad. *Land*, 13, 1906. <https://doi.org/10.3390/land13111906>
23. Valavanidis, A. (2023). Extreme weather events exacerbated by the global impact of climate change. *A glimpse of the future, if climate change continues unabated*, 1, 1–40.
24. Yadav, R., Tripathi, S., Gogumalla, P., & Dubey, S. (2014). Trend analysis by Mann-Kendall test for precipitation and temperature for thirteen districts of Uttarakhand. *Journal of Agrometeorology*, 16, 164. <https://doi.org/10.54386/jam.v16i2.1507>
25. Wikipedia contributors. (2023). 2023 Kazakhstan wildfires. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/2023_Kazakhstan_wildfires
26. Kazhydromet. (n.d.). Climate kadastr. Retrieved from https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr/
27. Python Software Foundation. (n.d.). Python. Retrieved from <https://www.python.org>
28. Project Jupyter. (n.d.). Jupyter. Retrieved from <https://jupyter.org>

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ШЫҒЫСЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ АҒЫМДАҒЫ ҮРДІСТЕРІ

М.М. Махамбетова^{1*}, О. Шатыр² PhD, А.С. Нысанбаева¹ г.г.к.

¹ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

² Юзунчу Йил Университеті, Ван, Түркия

E-mail: meruyert.makhambetova22@gmail.com

Әлемдік зерттеулерге сәйкес, соңғы жылдары ауа температурасының жоғарылау тенденциясы және экстремалды ауа райы құбылыстарының жиілігінің артуы байқалуда. Өңірлердің экстремалды құбылыстарға, атап айтқанда өрттерге климаттық бейімділігін зерттеу қазіргі заманның өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты Қазақстанның шығысындағы ауа температурасының жылдық, маусымдық және айлық ауқымдағы қазіргі заманғы трендтерін зерттеу болып табылады. Талдау үшін Манн-Кендаллдың параметрлік емес сынағы және Сенның өзгеру тренді бағалау әдісі қолданылды, ал деректерді визуализациялау үшін ArcGIS-те ко-кригинг әдісі қолданылды. Осы зерттеу нәтижесінде Қазақстанның шығысындағы үлкен аумақта орташа және ең жоғары температураның көтерілу үрдісі байқалғаны анықталды. Сондай-ақ, негізгі статистикалық маңызды өзгерістер көктем мен жаз мезгілдерінде байқалатыны атап өтілді. Қарастырылып отырған кезеңде кейбір станциялардағы өзгерістер он жыл ішінде 0,2-ден 1,0 °C-қа дейін жетеді. Температураның көтерілуінің ең дәйекті және маңызды тенденциялары наурыз және сәуір айларында тіркелді.

Түйін сөздер: ауа температурасы, параметрлік емес Манн-Кендалл тесті, ко-кригинг әдісі.

ТЕКУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА

М.М. Махамбетова^{1*}, О. Шатыр² PhD, А.С. Нысанбаева¹ г.г.к.

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

² Университет Юзунку Йил, Ван, Турция

E-mail: meruyert.makhambetova22@gmail.com

По данным мировых исследований, за последние десятилетия наблюдается тенденция повышения температуры воздуха и увеличение частоты экстремальных погодных явлений. Изучение климатической предрасположенности отдельных регионов к экстремальным явлениям, в частности пожаров, является актуальной проблемой современности. Целью данного исследования является изучение современных трендов температуры воздуха на востоке Казахстана в годовом, сезонном и месячном масштабе. Для анализа были использованы непараметрический тест Манн-Кендалла и оценка наклона Сена, а для визуализации данных был использован метод ко-кригинг в ArcGIS. В результате данного исследования, были выявлено, что на большей территории востока Казахстана наблюдается значительная тенденция к повышению средней и максимальной температуры. Так же было отмечено, что основные статистически значимые изменения наблюдаются в весенние и летние сезоны. В этот период изменения на некоторых станциях достигают от 0,2 до 1,0 °C за десять лет. Наиболее последовательные и значимые тенденции к повышению температуры были зафиксированы в марте и апреле.

Ключевые слова: температура воздуха, непараметрический тест Манн-Кендалла, метод ко-кригинга.

About the authors / Авторлар туралы мәліметтер / Сведения об авторах:

M.M. Makhambetova – PhD student of the department of meteorology and hydrology of al-Farabi Kazakh National university, al-Farabi ave., 71, Almaty, meruyert.makhambetova22@gmail.com

Onur Satir – PhD, professor of Faculty of landscape architecture, Head of remote sensing center, Van, Turkey, osatir@yuu.edu.tr

A.S. Nyssanbaeva – Candidate of geographical sciences, Head of the department of meteorology and hydrology of al-Farabi Kazakh National university, al-Farabi ave., 71, Almaty, Ayman.Nysanbaeva@kaznu.kz

М.М. Махамбетова – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің метеорология және гидрология кафедрасының PhD студенті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, meruyert.makhambetova22@gmail.com

О. Шатыр – PhD, ландшафтық сәулет факультетінің профессоры, қашықтықтан зондтау орталығының жетекшісі, Ван, Түркия, osatir@yuu.edu.tr

А.С.Нысанбаева – география ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы қазақ Ұлттық университетінің метеорология және гидрология кафедрасының меңгерушісі, әл-Фараби даңғылы., 71, Алматы, Ayman.Nysanbaeva@kaznu.kz

М.М. Махамбетова – студент PhD кафедры метеорологии и гидрологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, meruyert.makhambetova22@gmail.com

О. Шатыр – PhD, профессор факультета ландшафтной архитектуры, руководитель центра дистанционного зондирования, Ван, Турция, osatir@yuu.edu.tr

А.С.Нысанбаева – кандидат географических наук, заведующий кафедрой метеорологии и гидрологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Ayman.Nysanbaeva@kaznu.kz

Authors' contribution / Авторлардың қосқан үлесі / Вклад авторов:

M.M. Makhambetova - concept development, methodology development, creating software, conducting statistical analysis, conducting a research, preparing and editing the text, visualization

Onur Satir - concept development, methodology development, creating software, preparing and editing the text, visualization

A.S. Nyssanbaeva - concept development, methodology development, preparing and editing the text, visualization

М.М. Махамбетова - тұжырымдаманы әзірлеу, әістемені әзірлеу, бағдарламалық жасақтама жасау, статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

О. Шатыр - тұжырымдаманы әзірлеу, әістемені әзірлеу, бағдарламалық жасақтама жасау, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

А.С.Нысанбаева - тұжырымдаманы әзірлеу, әістемені әзірлеу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

М.М. Махамбетова – разработка концепции, разработка методологии, создание программного обеспечения, проведение статистического анализа, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, визуализация

О. Шатыр – разработка концепции, разработка методологии, создание программного обеспечения, подготовка и редактирование текста, визуализация

А.С.Нысанбаева – разработка концепции, разработка методологии, подготовка и редактирование текста, визуализация

АНТРОПОГЕННЫЙ СЕЛЬ, НАБЛЮДАВШИЙСЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ШЫМБУЛАК 30 ИЮНЯ 2024 ГОДА

Б.С. Степанов *д.г.н.*, Р.К. Яфязова* *д.т.н.*

РГП «Казгидромет», Алматы, Казахстан

E-mail: yafyazova@gmail.com

В статье представлены результаты анализа материалов полевых и камеральных исследований авторов, видео- и фотосъемки, морфометрических характеристик, а также метеорологических условий, предшествовавших формированию селя 30 июня в бассейне р. Шымбулак. Хозяйственная деятельность человека на водосборной площади бассейна р. Шымбулак создала неустойчивые условия, которые определили формирование селя в ходе выпадения интенсивных осадков 30 июня. Установлено, что нарушение почвенно-растительного покрова при профилировании склонов и планировочных работах на горнолыжных трассах увеличивает вероятность формирования селей в бассейне р. Шымбулак. Значительная доля вины за поощрение и разрешение проектирования и строительства горнолыжных трасс на селеопасных территориях лежит на научных и государственных организациях, отвечающих за охрану окружающей среды. Выявление факторов и механизмов формирования селей способствует решению задач прогнозирования селей.

Ключевые слова: сель, антропогенный сель, дождь, хозяйственная деятельность, горнолыжная трасса.

Поступила: 28.10.2024 г.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-50-61

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн р. Шымбулак (левый приток р. Сарысай) широко известен катастрофическим селом 1921 г. (Яфязова Р.К., 2007). По словам А.Ф. Вержбицкого (Вержбицкий А.Ф., 1921), бассейн р. Шымбулак был основным источником селя 1921 г. Очагами зарождения селя были рытвины, расположенные на юго-западном склоне горы Шымбулак (3450 м) и два селевых вреза. Селевые потоки, зародившиеся в рытвинах, сливались в селевом очаге в бассейне р. Левый Шымбулак и продолжали развиваться, сливаясь с селом, сформировавшимся в селевом очаге в бассейне р. Правый Шымбулак, на высоте около 2450 м (Городецкий В.Д., 1936). Н.С. Дюрнбаум писал: «Селевому потоку предшествовали частые дожди в мае и июне. Следует отметить, что к этому времени в горах еще были большие запасы снега ... Интенсивный ливень охватил площадь предгорной и горной зон Заилийского Алатау» (Дюрнбаум Н.С.,

1939). Интенсивные осадки выпали на всей территории хребта. Однако ливневые осадки выпадали крайне неравномерно, максимальные значения интенсивности и количества осадков имели место в бассейне р. Киши Алматы, а именно в бассейнах ее притоков: рек Сарысай и Шымбулак (Вержбицкий А.Ф., 1921; Епанечников В.В., 1921). Гляциолог Н.Н. Пальгов, застигнутый ливнем в окрестностях г. Алматы (г. Верный) 8 июля 1921 г., так описал свои впечатления: «В момент наибольшей интенсивности, продолжавшейся 3...4 мин, ливень представлял сплошной поток; ощущение от него было такое, какое появляется, когда окунешься с головой в воду; чтобы сделать вдох, приходилось для защиты носа прикладывать ладонь к козырьку фуражки, иначе не хватало воздуха и невозможно было дышать» (Пальгов Н.Н., 1947). Непосредственному прохождению селя в 1921 г. предшествовало резкое повышение температуры воздуха.

Т.А. Есеркеповой была восстановлена высота нулевой изотермы в этот период – 4500 м (Есеркепова Т.А., 1967).

Лишь спустя более 90 лет, 21 июля 2013 г. в бассейне р. Левый Шымбулак в ходе выпадения дождя сформировался сель, заслуживающий внимания. По данным государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет», 21 июля на метеорологической станции (МС) Шымбулак было зарегистрировано 52 мм осадков. По результатам обследования следов селя 2013 г., авторами статьи был сделан вывод о том, что причиной формирования селя стало нарушение почвенно-растительного покрова при профилировании склонов и планировочных работах на горнолыжных трассах курорта «Шымбулак» (Яфязова Р.К., 2018).

Уже через 11 лет, 30 июня 2024 г. в бассейне р. Левый Шымбулак во время выпадения дождя сформировался сель. Сильные осадки выпали на локальной территории на фоне относительно высокой температуры воздуха. Высокая интенсивность

осадков наблюдалась более десяти минут.

Объектом и предметом исследования является сель 30 июня 2024 г. Целью исследования является выявление роли бассейнов рек Сарысай, Левый и Правый Шымбулак в формировании селя 30 июня 2024 г., а также факторов и механизмов его формирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метеорологические условия, предшествовавшие формированию селя 30 июня 2024 г. По данным государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет», в июне отмечались высокие значения температуры воздуха в высокогорной и среднегорной зонах Иле Алатау (рисунок 1), температура воздуха была выше нормы на 1,4 °С. Максимальная среднесуточная температура воздуха в высокогорной и среднегорной зонах наблюдалась 27...28 июня, на МС Мынжилки зарегистрировано 13,5 °С, на МС Шымбулак – 20 °С. 28 июня в г. Алматы температура воздуха достигла 37 °С.

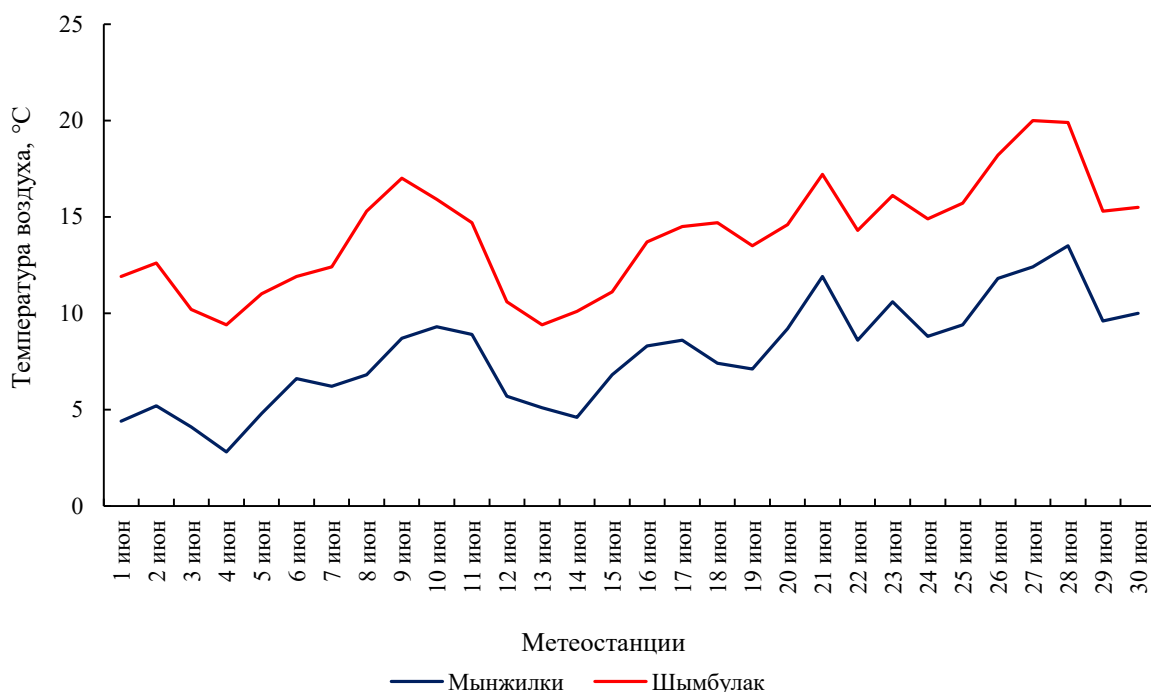


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в высокогорной и среднегорной зонах центральной части Иле Алатау в июне 2024 г.

В июне осадки выпали меньше нормы. В высокогорной зоне выпало около 70 % месячной нормы (МС Мынжилки), в среднегорной зоне – около 60 % (МС БАО). Дважды наблюдались сильные осадки (рисунок 2). В соответствии с руководящим документом «Наставление по службе прогнозов погоды», изданным в 2005 г., критерием опасного явления принят слой осадков (дождь в селеопасных районах) 15...29 мм («сильные осадки», согласно указанному документу) продолжительностью 12 ч и менее; стихийного гидрометеорологического явления – 30 мм и более («очень сильные осадки») продолжительностью 12 ч и менее.

12 июня в течение суток выпали сильные осадки, на МС Мынжилки зарегистрировано 38 мм, на автоматической метеороло-

гической станции (АМС) Туюксу – 30 мм, на МС Шымбулак – 38 мм, на МС БАО – 25 мм. По данным аэрологической станции (АС) «Алматы» РГП «Казгидромет», 12 июня в 5 ч нулевая изотерма находилась на высоте 4030 м.

Днем 30 июня на фоне относительно высокой температуры воздуха выпали сильные осадки на локальной территории, зарегистрированные автоматическими метеорологическими станциями РГП «Казгидромет», высотное положение и координаты которых приведены в таблице 1. По данным АМС Туюксу, зарегистрировано 20 мм осадков; АМС Шымбулак – 18 мм; АМС Медеу – 28 мм. Основные осадки выпали в период с 18 до 19 ч, метеорологические характеристики этого часа приведены в таблице 2.

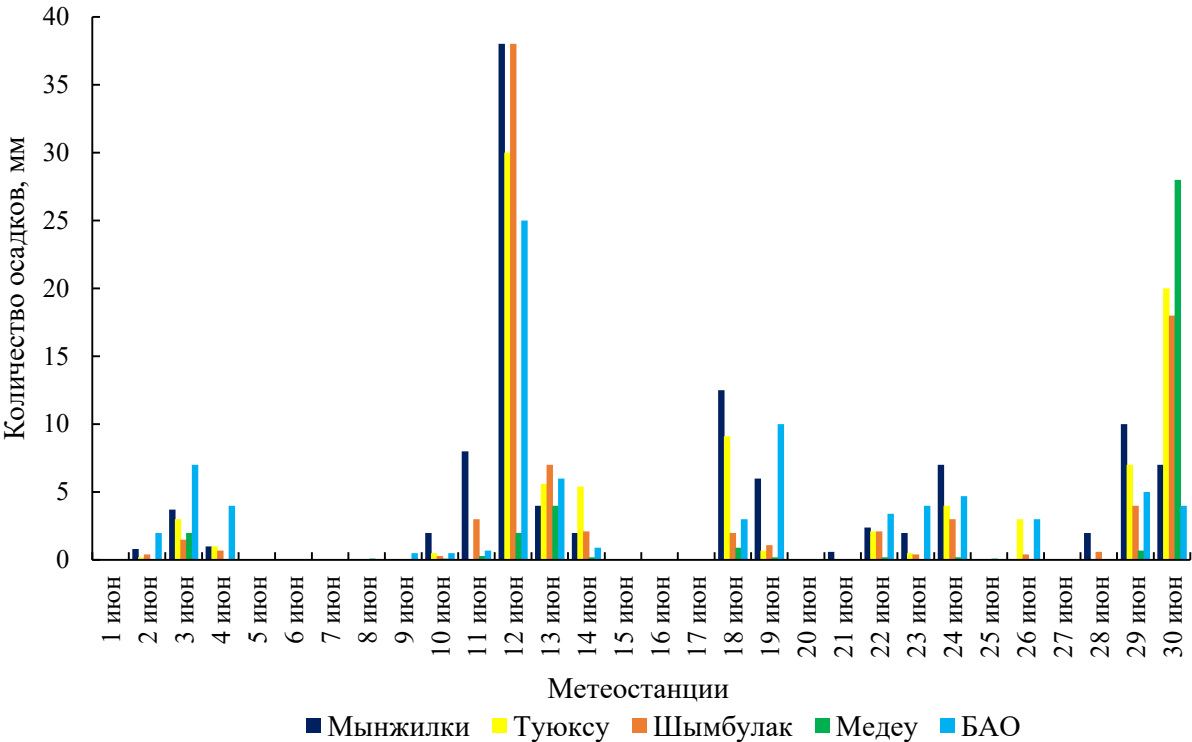


Рис. 2. Количество выпавших осадков в высокогорной и среднегорной зонах центральной части Иле Алатау в июне 2024 г.

Таблица 1

Местоположение автоматических метеорологических станций

Название АМС	Высотная отметка, м	Координаты	
		с. ш.	в. д.
Туюксу	2480	43°06'38,68"	77°04'33,82"
Шымбулак	2193	43°07'57,24"	77°04'39,36"
Турбаза Алматау	1889	43°11'30"	77°07'16"
Медеу	1472	43°10'14,81"	77°02'19,76"

Таблица 2

Метеорологические характеристики

Название АМС	Количество осадков с 18 до 19 ч, мм	Температура воздуха, °С		Средняя интенсивность осадков, мм/мин	Максимальная интенсивность осадков, мм/мин
		на 18 ч	на 19 ч		
Туюксу	18,0	11,7	9,2	0,3	1,3
Шымбулак	15,1	13,6	10,1	0,3	0,8
Турбаза Алматау	-	15,2	-	-	-(1,3)
Медеу	22,1	16,3	14,5	0,5	1,7

В течение часа интенсивность осадков резко менялась. Высокая интенсивность осадков наблюдалась в течение нескольких минут: на АМС Туюксу (0,6...1,3 мм/мин) в течение 12 мин; на АМС Шымбулак (0,6...0,8 мм/мин) в течение 15 мин; АМС Турбаза Алматау (0,8...1,3 мм/мин) в течение 2 мин, а затем прекратила работу; АМС Медеу (0,6...1,7 мм/мин) в течение 19 мин. По данным АС «Алматы» РГП «Казгидромет», 30 июня в 5 ч нуле-

вая изотерма находилась на высоте 4661 м; в 17 ч нулевая изотерма, рассчитанная по температуре воздуха на различных высотах, находилась на высоте 3980 м.

Район исследований. Бассейн р. Шымбулак является частным бассейном р. Сарысай, которая является правым притоком р. Киши Алматы (рисунок 3). Морфометрические характеристики бассейна р. Сарысай приведены в таблице 3.

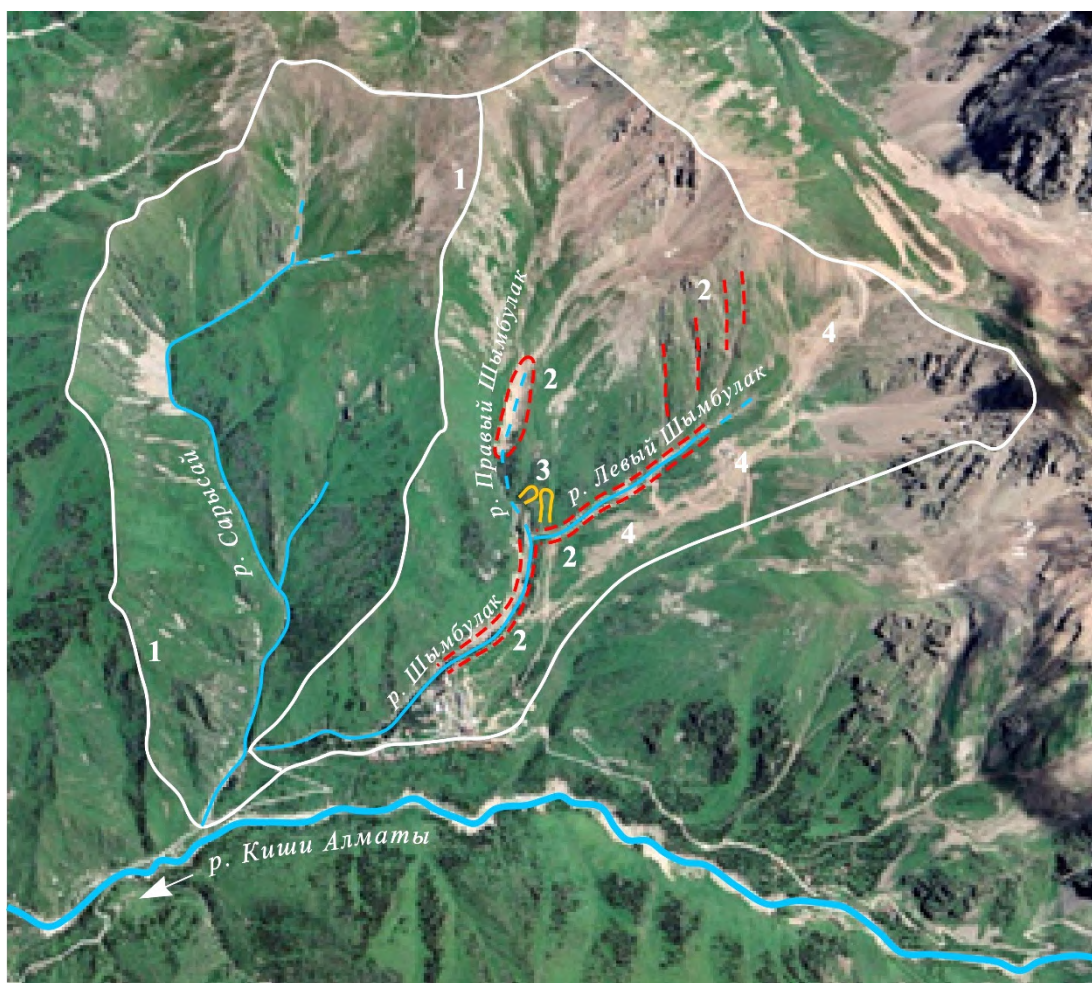


Рис. 3. Бассейн р. Сарысай. Перспективное изображение с сервиса Google Earth. 1 – водораздел; 2 – селевые очаги; 3 – оползневые ниши; 4 – горнолыжные трассы

Таблица 3

Морфометрические характеристики бассейна р. Сарысай и его частных бассейнов

Название реки	Площадь бассейна, км ²	Средняя высота бассейна, м	Средний уклон бассейна, градус
Правый Шымбулак	1,9	3052	31,7
Левый Шымбулак	2,2	2911	31,1
Шымбулак	5,3	2845	30,5
Сарысай до слияния с рекой Шымбулак	4,4	2705	36,7
Сарыйсай	10,1	2780	32,7

На рисунке 3 показан бассейн р. Сарысай до впадения в р. Киши Алматы и собственно бассейн р. Сарысай до слияния с р. Шымбулак, а также бассейн ее притока р. Шымбулак, имеющая притоки р. Правый Шымбулак и р. Левый Шымбулак. Из рисунка 3 видно, что степень эродированности бассейна р. Шымбулак больше, чем у бассейна р. Сарысай. Значения морфометрических характеристик бассейна р. Сарысай, до слияния с р. Шымбулак, меньше чем у бассейна р. Шымбулак, кроме среднего уклона бассейна (таблица 3). Судя по всему, эродированность бассейна р. Шымбулак является причиной значительно большей селевой активности, чем у бассейна р. Сарысай. Этому способствует антропогенная нагрузка в бассейне р. Левый Шымбулак, а также то, что в бассейне р. Правый Шымбулак находится древняя морена, в которой находится селевой очаг, уклон которого составляет 20°, кроме того поверхность водосбора селевого очага практически не задернована. Обращает на себя внимание то, что отсутствие задернованности, вызванной хозяйственной деятельностью человека на поверхности водосбора р. Левый Шымбулак, резко увеличивает вероятность формирования селей. Это подтверждается селями 2013 и 2024 гг., которые были инициированы в ре-

зультате профилирования склонов и планировочных работ на территории горнолыжного курорта «Шымбулак», прилегающей к Талгарскому перевалу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Формирование дождевого селя в бассейне р. Шымбулак 30 июня 2024 года. Выявление причин формирования селя 30 июня 2024 г. началось с бассейна р. Левый Шымбулак с высоты 2300 м. Это позволяло оценить роль территории, примыкающей к Талгарскому перевалу, где сформировался сел 2013 г.

Нарушение почвенно-растительного покрова приводит к тому, что инфильтрация воды практически полностью отсутствует. Это способствует формированию поверхностного стока, который сливаясь образует водные потоки, трансформирующиеся в селевые потоки в ходе эрозии. Этот процесс проявил себя после создания грунтовой дороги к Талгарскому перевалу. На рисунке 4 видна заградительная сетка (слева), защищающая горнолыжников от падения в обрыв, но теперь для их защиты нужно сетку переносить правее размытой дороги. Микросели сливаясь, повернули русло, образовавшееся вместо дороги, к р. Шымбулак (рисунок 5).



Рис. 4. Грунтовая дорога, размытая микроселем во время дождя. Фото Р.К. Яфязовой



Рис. 5. Русло, образовавшееся слиянием микроселей. Фото Р.К. Яфязовой

На высоте около 2530 м стало возможным видеть как русло р. Левый Шымбулак, так и нишу оползня, и русло р. Правый Шымбулак. Это позволило судить о том, формировался сель выше этого створа и принимала ли участие р. Правый Шымбулак в формировании селя 30 июня 2024 г. На рисунке

6 показано русло р. Левый Шымбулак после прохождения селей 2013 и 2024 гг. Максимальный уровень селя 2024 г. был близок к таковому 2013 г., об этом свидетельствуют следы свежей суспензии, сохранившейся на камнях, расположенных на склоне вдоль русла.



Рис. 6. Русло р. Левый Шымбулак после прохождения селя. Максимальный уровень селя: 1 – 2013 г.; 2 – 2024 г. Фото Р.К. Яфязовой

На рисунке 7 видно, что признаков изменения дна долины р. Правый Шымбулак нет. Следовательно, селевой очаг, расположен-

ный в древней морене в бассейне р. Правый Шымбулак, в формировании селя 30 июня участие не принимал.



Рис. 7. Долина р. Правый Шымбулак. Фото Р.К. Яфязовой

Таким образом, установлено, что очагом зарождения селя является территория, прилегающая к Талгарскому перевалу. Селевой очаг в бассейне р. Правый Шымбулак не участвовал в формировании селя 30 июня из-за относительно малой продолжительности осадков. При обследовании также уделялось внимание выявлению участия р. Сарысай в селеформировании 30 июня.

После селя 2013 г., сформировавшегося в бассейне р. Левый Шымбулак, защита от селей в устьевой части р. Сарысай значительно усилилась. В частности, изменилась

конструкция подмостового отверстия. Берега р. Сарысай укреплены бетонными плитами на участке выше моста (рисунок 8). Укрепление бетонными плитами бортов русла реки эффективно лишь в том случае, если дно русла защищено от углубления. Примером может служить обрушение бетонных плит, произошедшее после относительно небольшого паводка на р. Есентай в центральной части г. Алматы из-за эрозионного углубления дна (рисунок 9) (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2014).



Рис. 8. Река Сарысай перед автодорожным мостом «Шымбулак-Медеу». Фото Р.К. Яфязовой



Рис. 9. Разрушение облицовки стабилизированного русла р. Есентай. Фото А.Х. Хайдарова

Выше автодорожного моста построена железобетонная плотина с тремя водоотводками. На гребне плотины сооружена металлическая сквозная конструкция, предназначенная для задержания крупных фракций твердой

компоненты селей и стволов деревьев (рисунок 10). Выше железобетонной плотины сооружена металлическая сквозная плотина (рисунок 11), задерживающая крупные фракции селевой массы и стволы деревьев.



Рис. 10. Железобетонная плотина с металлическим сквозным сооружением на гребне.
Фото Р.К. Яфязовой



Рис. 11. Металлическая сквозная плотина.
Фото Р.К. Яфязовой

На рисунке 12 показаны отложения селя 30 июня 2024 г. выше металлической сквозной плотины и ниже места слияния рек Сарысай и Шымбулак. В результате прохождения селя склон был подрезан, что привело к образованию оползня, образовавшего запруду. Уровень воды в запруде привел к тому, что вода потекла частично по траектории, указанной стрелкой на рисунке 12. Это продолжалось недолго, на это указывает сохранность травы.

га, которая была расположена справа от русла р. Сарысай. В настоящее время она практически полностью разрушена сползанием склонов на участке долины выше бетонной плотины с металлическим гребнем. Следует отметить, что до настоящего времени с поставленной задачей селезащитные сооружения справлялись в полной мере, чего нельзя сказать о габионах. Использование габионов в данной ситуации не эффективно для защиты от оползания склонов (см. рисунок 12).

На рисунке 13 показана грунтовая доро-



Рис. 12. Отложения селя 30 июня 2024 г. выше металлической сквозной плотины.
1 – временный поток воды; 2 – разрушенные габионы; 3 – поверхность скольжения оползня.
Фото Р.К. Яфязовой

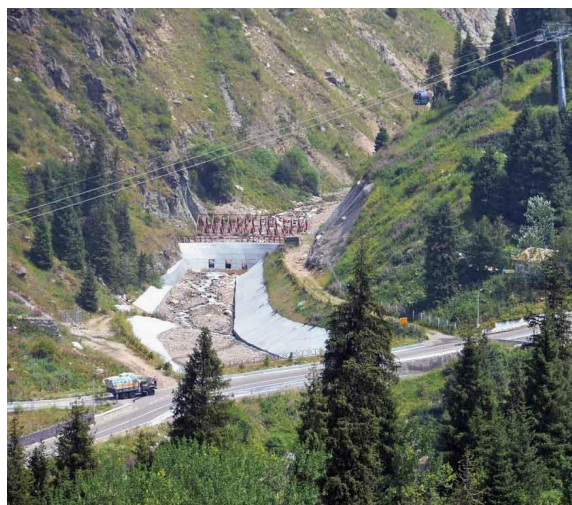


Рис. 13. Грунтовая дорога справа от русла р. Сарысай выше бетонной плотины.
Фото А.И. Назарова, 2019 г.
(URL: <https://fergana.agency/photos/122396/>)

Определение в каком бассейне формировался сель 30 июня 2024 г. не вызывает трудности. Из рисунка 14 следует, что р. Сарысай (слева на рисунке) не участвовала в селеформировании. Об этом свидетельствует нетронутая растительность, касающаяся поверхности воды р. Сарысай, а также положение ствола дерева. На рисун-

ке 14 видно, что вода в устье р. Шымбулак (справа на рисунке) мутноватая (спустя двое суток после селя), на переднем плане фотоснимка разбросаны древесные обломки, русло (на заднем плане фотоснимка) загромождено стволами деревьев настолько, что не видно реки.



Рис. 14. Место слияния рек Сарысай и Шымбулак.
Фото Р.К. Яфязовой, 2024 г.

Из рисунка 15 видно, что в 2020 г. русло реки ниже слияния рек Сарысай и Шымбулак было практически свободно от стволов деревьев, как это имеет место после селя 30 июня 2024 г.

(рисунок 14), русло р. Сарысай практически не изменилось с 2020 по 2024 гг. (рисунок 14). Это еще раз свидетельствует о том, что р. Сарысай не участвовала в селеформировании 30 июня 2024 г.



Рис. 15. Место слияния рек Сарысай и Шымбулак.
Фото А.И. Назарова, 2020 г. (URL: <https://fergana.agency/photos/122396/>)

30 июня 2024 г. РГП «Казгидромет» дал штормовое предупреждение о том, что имеется угроза формирования селей дождевого генезиса в бассейнах рек Киши Алматы и Улкен Алматы. Сель сформировался в бассейне р. Шымбулак.

Для определения места и условий формирования селя были проведены полевые исследования сотрудниками Управления исследования селевых процессов и прогнозирования селей Научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет». 30 июня 2024 г. Д.К. Мамунтаева – наблюдатель МС Шымбулак, услышав грохот проходящего селя на расстоянии около 400 м от метеорологической станции, зафиксировала видеосъемкой прохождение селя на р. Шымбулак (движение в потоке крупных фракций твердой компоненты селя, стволов деревьев, оставшихся в русле реки после лесоповала 2011 и селя 2013 гг.). Это явление было зарегистрировано как наносоводный паводок на р.Сарысай в одной из организаций, имеющих отношение к селям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе обследования следов прохождения селя было установлено, что селевой очаг, расположенный в древней морене в бассейне р. Правый Шымбулак, не участвовал в формировании селя 30 июня 2024 г. В бассейне р. Шымбулак формировались катастрофический сель в 1921 г. и сели, заслуживающие внимание, в 2013 и 2024 гг. Активизация селей в бассейне р. Шымбулак в последние десятилетия объясняется нарушением почвенно-растительного покрова при профилировании склонов и планировочных работах на горнолыжных трассах курорта «Шымбулак».

Значительная доля вины за поощрение и разрешение проектирования и строительства горнолыжных трасс на селеопасных территориях лежит на научных и государственных организациях, отвечающих за охрану окружающей среды. Формирование селя 30 июня 2024 г. подтверждает своевременное прекращение строительных работ по созданию горнолыжного курорта «Кок-Жайлау» (URL: <https://informburo.kz/stati/stroitelstvo-kurorta-kokzhaylau-zapretili-chto-dalshe.html>).

В противном случае следовало ожидать частое формирование селей в бассейне р. Терисбута.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вержбицкий А.Ф. О причинах Верненской катастрофы 8-го июля 1921 г. // Ирригация, сельское хозяйство и животноводство. – Ташкент, 1921. – № 2. – С. 14–19.
2. Городецкий В.Д. Причины Алма-Атинской катастрофы 8 июля 1921 г. // Вестник Центрального музея Казахстана. – Алма-Ата, 1936. – № 1. – С. 23–40.
3. Дюрнбаум Н.С. К защите г. Алма-Аты от селевых потоков // Коммунальное строительство. – 1939. – № 8–9. – С. 14–17.
4. Епанечников В.В. Научная экспедиция о наводнении // Правда (Алма-Ата). – 1921. – 27–29 июля. – № 62–63. – С. 2.
5. Есеркепова Т.А. Синоптические процессы, предшествовавшие селевым паводкам ливневого происхождения в бассейнах Большой и Малой Алматинки // Труды КазНИГМИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – Вып. 29. – С. 26–35.
6. Маулетбай С. Строительство курорта "Кокжайлау" запретили. Что дальше? [Электронный ресурс] Информационное агентство Informburo.kz, 2019. URL: <https://informburo.kz/stati/stroitelstvo-kurorta-kokzhaylau-zapretili-chto-dalshe.html> (Дата обращения: 27.10.2024).
7. Назаров А. Катастрофа вековой давности. Сель в Алматы в 1921 году: как это было и возможно ли повторение. [Электронный ресурс] Информационное агентство «Fergana News», 2021. URL: <https://fergana.agency/photos/122396/> (Дата обращения: 25.10.2024).
8. Пальгов Н.Н. Катастрофические паводки на ледниковых реках Заилийского Алатау // Известия Всесоюзного географического общества. – 1947. – Т. 79, Вып. 2. – С. 175–187.
9. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: селевые процессы и селетехнические сооружения. – Том 3. – Алматы: Изд-во Института географии, 2014. – 434 с.
10. Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации. – Алматы: Изд-во ТОО «Полиграфкомбинат» корпорации Атамұра, 2007. – 158 с.
11. Яфязова Р.К. Ретроспективный анализ селевой активности. В кн.: Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: основы мониторинга в Иле Алатау. – Том 2, Часть 2. – Алматы: Изд-во Института географии, 2018. – С. 90–95.

REFERENCES

1. Verzhbitskiy, A. F. (1921). O prichinakh Vernenskoy katastrofy 8-go iyulya 1921 g. [On the causes of the Verny catastrophe on July 8, 1921]. Irrigatsiya, sel'skoe khozyaystvo i zhivotnovodstvo, no. 2, pp. 14–19 [in Russian].
2. Gorodetskiy, V. D. (1936). Prichiny Alma-Atinskoy katastrofy 8 iyulya 1921 g. [The causes of the Almaty catastrophe on July 8, 1921]. Vestnik Tsentral'nogo muzeya Kazakhstana, no. 1, pp. 23–40 [in Russian].
3. Dyurnbaum, N. S. (1939). K zashchite g. Alma-Aty

3. Dyurnbaum, N. S. (1939). K zashchite g. Alma-Aty ot selevykh potokov [On the protection of Almaty from mudflows]. Kommunal'noe stroitel'stvo, no. 8–9, pp. 14–17 [in Russian].
4. Epaneshnikov, V. V. (1921). Nauchnaya ekspeditsiya o navodnenii [Scientific expedition on the flood]. Pravda (Alma-Ata), July 27–29, no. 62–63, p. 2 [in Russian].
5. Yeserkepova, T. A. (1967). Sinopticheskie protsessy, predshestvovavshie selevym pavadkam livenovogo proiskhozhdeniya v basseynakh Bol'shoy i Maloy Almatinok [Synoptic processes preceding rain-induced mudflows in the basins of Bolshaya and Malaya Almatinka]. Trudy KazNIGMI, vyp. 29, pp. 26–35 [in Russian].
6. Mauletbay, S. (2019). Stroitel'stvo kurorta "Kokzhaylau" zapretili. Chto dal'she? [The construction of the Kokzhaylau resort is prohibited. What's next?]. Informatsionnoe agentstvo Informburo.kz. URL: <https://informburo.kz/stati/stroitelstvo-kurorta-kokzhaylau-zapretili-chto-dalshe.html> (Accessed: 27.10.2024) [in Russian].
7. Nazarov, A. (2021). Katastrofa vekovoy davnosti. Sel' v Almaty v 1921 godu: kak eto bylo i vozmozhno li povtorenie [A century-old disaster. The mudflow in Almaty in 1921: how it happened and whether it could happen again]. Informatsionnoe agentstvo Fergana News. URL: <https://fergana.agency/photos/122396/> (Accessed: 25.10.2024) [in Russian].
8. Pal'gov, N. N. (1947). Katastroficheskie pavadki na lednikovyykh rekakh Zailiyskogo Alatau [Catastrophic floods in the glacial rivers of the Zailiysky Alatau]. Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva, vol. 79, iss. 2, pp. 175–187 [in Russian].
9. Stepanov, B. S., and Yafyazova, R. K. (2014). Selevye yavleniya Yugo-Vostochnogo Kazakhstana: seleve protsessy i seletekhnicheskie sooruzheniya [Mudflow phenomena in South-Eastern Kazakhstan: mudflow processes and mudflow protection structures]. Vol. 3, Almaty: Institut geografii, 434 p. [in Russian].
10. Yafyazova, R. K. (2007). Priroda seley Zailiyskogo Alatau. Problemy adaptatsii [The nature of mudflows in the Zailiysky Alatau. Adaptation issues]. Almaty: TOO Poligrafkombinat, 158 p. [in Russian].
11. Yafyazova, R. K. (2018). Retrospektivnyy analiz selevoy aktivnosti [Retrospective analysis of mudflow activity]. In: Selevye yavleniya Yugo-Vostochnogo Kazakhstana: osnovy monitoringa v Ile Alatau. Vol. 2, Part 2, Almaty: Institut geografii, pp. 90–95 [in Russian].

2024 ЖЫЛ 30 МАУСЫМ ШЫМБҰЛАҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АНТРОПОГЕНДІК СЕЛДІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ

Б.С. Степанов *геогр. ғылым. докт., Р.К. Яфязова** *техн. ғылым. докт.*

«Қазгидромет» РМК, Алматы, Қазақстан
E-mail: yafyazova@gmail.com

Мақалада авторлардың далалық және камералдық зерттеу материалдары, бейне және фототүсірілімдері, морфометриялық сипаттамалары, сондай-ақ 30 маусымда Шымбұлақ өзені бассейнінде селдің қалыптасуына әсер еткен метеорологиялық жағдайларды талдау нәтижелері келтірілген. Шымбұлақ өзені бассейнінің су жинау аумағында адамның шаруашылық қызметі тұрақсыз жағдайлар туғызып, 30 маусымда қарқынды жауын-шашынның нәтижесінде селдің пайда болуына себеп болды. Тау-шаңғы трассаларын салу кезінде беткейлерді тегістеу және жоспарлау жұмыстарында топырақ пен өсімдіктер жамылғысының бұзылуы Шымбұлақ өзені бассейнінде селдердің пайда болу ықтималдығын арттыратыны анықталды. Сел қаупі жоғары аумақтарда тау-шаңғы трассаларын жобалау және салуға рұқсат беру мен қолдау жауапкершілігі қоршаған ортаны қорғауға жауапты ғылыми және мемлекеттік ұйымдарға жүктелген. Селдің пайда болу себептері мен механизмдерін анықтау оны болжау мәселелерін шешуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: сел, антропогендік сел, жаңбыр, шаруашылық қызмет, тау-шаңғы трассасы.

ANTHROPOGENIC DEBRIS FLOW IN THE SHYMBULAK RIVER BASIN ON JUNE 30, 2024

B.S. Stepanov *doctor of Geographical Sciences, R.K. Yafyazova** *doctor of Technical Sciences*

RSE «Kazhydromet», Almaty, Kazakhstan
E-mail: yafyazova@gmail.com

The results of the analysis of the authors' field and office research materials, video and photo, morphometric characteristics, and meteorological conditions that preceded forming the debris flow on June 30 in the Shymbulak River basin presents in the paper. Economic activity in the catchment area of the Shymbulak River basin created unstable conditions that determined forming the debris flow during rainfall on June 30. It was established, that disturbance of the soil-vegetation covers during the slope profiling and planning work for ski slopes increases the probability of forming debris flows in the Shymbulak River basin. A significant share of the blame for encouraging and permitting the design and construction of ski slopes in the debris flow hazards areas lies with scientific and government organizations responsible for environmental protection. Identifying factors and mechanisms of debris-flow forming helps to solve the problems for debris flow forecasting.

Keywords: debris flow, anthropogenic debris flow, rainfall, economic activity, ski slope.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Степанов Борис Сергеевич – профессор, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник управления исследования селевых процессов и прогнозирования селей РГП «Казгидромет», Алматы, Абая, 32, bs.stepanov@gmail.com

Яфязова Роза Кайюмовна – доцент, доктор технических наук, начальник управления исследования селевых процессов и прогнозирования селей РГП «Казгидромет», Алматы, Абая, 32, yafyazova@gmail.com

Степанов Борис Сергеевич – профессор, география ғылымдарының докторы, «Казгидромет» РМК Сел үдерістерін зерттеу және селді болжау басқармасы жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Абай, 32, bs.stepanov@gmail.com

Яфязова Роза Кайюмовна – доцент, техникалық ғылымдарының докторы, «Казгидромет» РМК Сел үдерістерін зерттеу және селді болжау басқармасы бастығы, Алматы, Абая, 32, yafyazova@gmail.com

Stepanov Boris S. – Professor, Doctor of Geographical Sciences, Leading Research Scientist of the Department of Debris Flow Processes Research and Forecasting, Research Center of the RSE “Kazhydromet”, Almaty, Abay St., 32, bs.stepanov@gmail.com

Yafyazova Roza K. – Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Debris Flow Processes Research and Forecasting, Research Center of the RSE «Kazhydromet», Almaty, Abay St., 32, yafyazova@gmail.com

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/ Authors contribution:

Степанов Б.С. – разработка концепции, разработка методологии, проведение статистического анализа, подготовка и редактирование текста, ресурс, визуализация

Яфязова Р.К. – разработка концепции, разработка методологии, проведение статистического анализа, подготовка и редактирование текста, ресурс, визуализация

Степанов Б.С. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, статистикалық талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, ресурстар, көрнекілік

Яфязова Р.К. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, статистикалық талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, ресурстар, көрнекілік

Stepanov B. – concept development, methodology development, conducting statistical analysis, preparing and editing the text, resources, visualization

Yafyazova R. – concept development, methodology development, conducting statistical analysis, preparing and editing the text, resources, visualization

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ОРМАН ТҮРЛЕРІНІҢ ӨРТКЕ ТӨЗІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Ж.О. Озгелдинова¹ PhD, Ж.Т. Мукаев^{2*} PhD, К.М. Турлыбеков³, А.А. Жангужина¹ PhD,
М.А. Алагуджаева¹ PhD, М.М. Улыкпанова⁴

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Шәкәрім Университеті, Семей, Қазақстан

³«Республикалық орман селекциялық-тұқым өсіру орталығы», Семей, Қазақстан

⁴Әлихан Бөкейхан университеті, Семей, Қазақстан

E-mail: zhandos.mukaev@mail.ru

Мақалада Қостанай облысы қарағайларының өрттің әсеріне төзімділігін анықтайтын негізгі факторлар анықталған. Бұл факторларға бірінші кезекте сүректің диаметрі, бөрікбастарға дейінгі қашықтық, тамырлардың тереңдігі, орманның жанғыш материалдарының қоры, өскіндердің саны мен биіктігі және жалпақ жапырақты ағаштардың болуын жатқызуға болады. Мақалада Қостанай облысының қарағайлы ормандарының өртке төзімділік дәрежесін анықтайтын интегралды бағалау жасалынған. Өртке төзімділік дәрежесін бағалау Қостанай облысының аумағындағы салмақ коэффициенттерінің сомасын табу жолы арқылы жүргізілген балдық жүйені пайдалану негізінде орындалды. Зерттеу үшін Қостанай облысының Семиозер орман шаруашылығына қарасты Новонежинск, Калинин орманшылықтарының, сондай-ақ Басаман орман шаруашылығы шегіндегі Батыс орманшылығындағы қарағай ормандары таңдалды. Есептеулер нәтижесінен кейінгі деректер Семиозерлі орман шаруашылығына қарасты Новонежинск орманшылығы қарағайларының көп бөлігінің өртке тұрақтылығы жоғары деп бағаланды.

Түйін сөздер: ормантүзуші ағаштар, өртке төзімділік, орман ағаштарының өртке төзімділік факторлары, сынамалық алаң, Қостанай облысы.

Қабылданды: 29.04.2024 ж.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-62-74

КІРІСПЕ

Орман пирологиясының алдында тұрған маңызды міндеттердің бірі – өсімдік жамылғысының алғашқы өртке төзімділігін зерттеу және оны бағалау. Бұл өрттен болатын зақымды анықтау және өсімдіктердің өртке төзімділігін арттыруға бағытталған орман өсіруді ұйымдастыру шараларын жоспарлау үшін қажет. Осындай тәсілдердің бірі – орман ағаштарының құрылымына әсер ету. Өртке төзімділік тақырыбына көптеген ғалымдар назар аударды, соның ішінде Фуряев В.В. (1978), Шешуков және Пешков (1984), Санников (1992), Фуряев және т.б. (2005), Цветков (2007) және т.б. Біз орман ағаштарының өртке төзімділігі деп орман биогеоценозының әртүрлі компоненттерінің, ең алдымен сүректің, өскіндердің, топырақ үсті жамылғысы мен орман төсенішінің өрттен ықтимал зақымдануын түсінеміз. Яғни, өртке төзімділік өсімдіктің өрттен кейін өзінің

тіршілікке қабілеттілігін көрсетеді. Өртке төзімділіктің өрт қаупінен айырмашылығы ол өрттің пайда болу ықтималдығын бағаламай, өсімдік фитоценозының жанып жатқан өртке төзімділігімен сипатталады. Өртке төзімділік барлық отырғызылған өсімдіктердің қасиеті болып табылады және өрт әсеріне төзімділіктің ценоздық түрі болып табылады. Өртке төзімділік сияқты пирогендік қасиет орман тұқымдастарының жеке ағаш деңгейіндегі жылу әсеріне төтеп беру қабілеті түрдің төзімділігінің жеке формасы болып табылады.

«Өртке төзімділік» ұғымы арқылы біз биогеоценоздың әртүрлі компоненттерінің отқа осалдығының дәрежесін және оның орман шаруашылығындағы маңыздылығы туралы түсінеміз. Орман шаруашылығы тұрғысынан биогеоценоз компоненттерінің маңыздылығын азайту үшін біз оларды келесідей жіктей аламыз: сүректің, өскін, тірі және өлі топырақ, топырақтың биологиялық белсенді бөлігі.

Белгілі бір орман ағашының бастапқы өртке төзімділігі туралы толық түсінік алу үшін барлық аталған компоненттердің зақымдануын кешенді бағалау қажет. Көп жағдайда мұндай бағалауға қол жеткізу қиын болып көрінетіні анық. Практикалық тәжірибеден нақты биогеоценоздың ең құнды компоненттерінің зақымдану дәрежесін экономикалық және шаруашылық маңыздылығы тұрғысынан бағалау ұсынылады. Біз зерттеп жатқан орман биогеоценоздарында сүректің ерекше маңызды.

Барлық зерттеушілер ашық қылқан жапырақты ағаштардың өртке төзімділігін жоғары деп атап көрсетеді, ал ұсақ жапырақты және әсіресе күңгіртқылқан жапырақты ағаштар өртке төзімділігі төмен екендігіне назар аударады, Софронов М.А., Балбышев И.Н. (1963) сілтеме жасай отырып, былай деп жазады: «Балқарағай мен қарағай ең өртке төзімді екені белгілі, ал шырша мен самырсын отқа өте сезімтал». Сондай-ақ, атап өтілген, жарық сүйгіш тұқымдастар эволюция процесі барысында олардың өртке төзімділігінің жоғарылауына ие болды деп айтылады (Попов Л.В., 1982; Санников С.Н., 1966; Софронов М.А., 1970). Бірге өсіп жетілген қарағай мен балқарағай ағаштары әртүрлі отқасезімталдық дәрежесімен ерекшеленеді (Тюлина Л.Н., 1950). Ғылыми әдебиеттерде бұл мәселе бойынша қарама-қайшы пікірлер бар. Кейбір зерттеушілер (Седых В.Н., 1991; Дэвис, 1959; Софронов М.А., 2007) қарағайды отқа төзімді деп санайды, ал басқа ғалымдардың еңбектерінде (Арефьева З.Н., 1963; Балбышев И.Н., 1963; Гирс Г.И., 1973; Валендик Э.Н., 2006) керісінше айтылады.

Войнов Г.С. пен Софронов М.А. (1970) балқарағайды өртке ең төзімді деп санайды. Тіпті жуан ағаштарда да күйіктің биіктігі үлкен болғанда да толық қурап кету байқалмайды. Сонымен қатар, қарағай өртке төзімділік жағынан балқарағайға қарағанда әлсіздеу.

Мелехов И.С. (1944) атап өткендей, балқарағайдың өртке салыстырмалы түрде төзімділігіне қарамастан, ол өрт салдарынан пайда болған құрғақ жаралар мен күйлер арқылы ағаштарды бүлдіретін саңырауқұлақ инфекцияларына қарағайға қарағанда сезімтал-

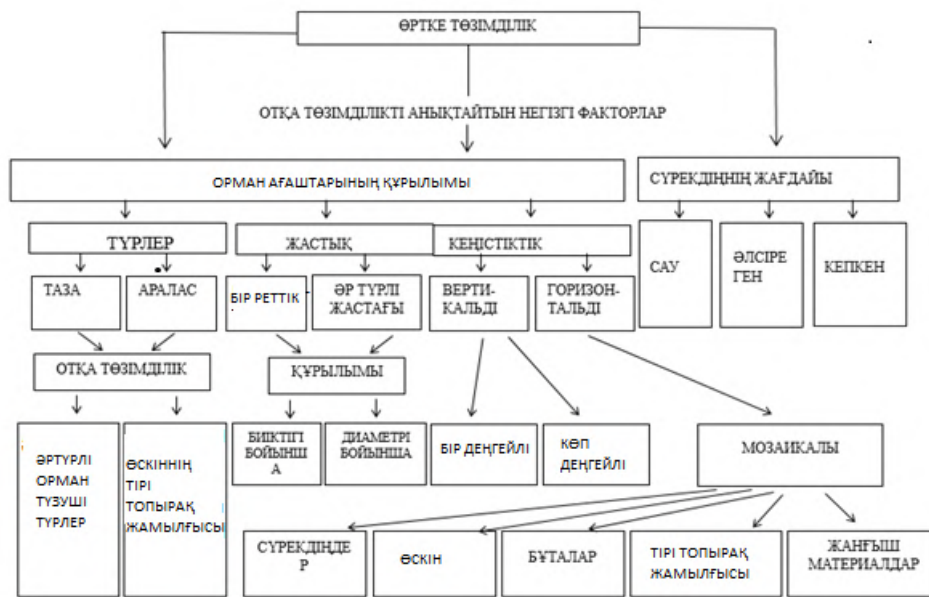
дау. Қарағай белсенді шайыр бөлетін жүйесінің арқасында мұндай инфекцияларға қарсы тиімді күресе алады. Балқарағайда шайыр бөлу деңгейі төмен болғандықтан, өрттен кейін оның зақымдануы қарағайға қарағанда көбірек болуы мүмкін.

Уткин А.И. (1991) балқарағайдың ересек ағаштары қарағайға қарағанда өртке төзімді деп есептеген. Ол мұны ересек балқарағайлардың діңінің төменгі бөлігінде қабықтың қалындауымен түсіндірген, бұл әлсіз өрттердің қайталануы кезінде олардың өртке төзімділігін арттырады. Қарағайда керісінше, күшті шайыр бөлінуі қайталанған өрттерге сезімталдықты арттырады. Қарағай діңінің бірнеше рет күйген жерлері құрғақ жаралар бетінің ұлғаюына әкеліп, ағаштардың су алмасу процесін бұзады, бұл құрғау мен зиянкестерге жоғары осалдықты туындатады. Сондықтан қайталанған өрттерге жоғары сезімталдық қарағайдың өртке төзімділігінің төмендігіне және өмірінің қысқалығына себеп болады.

Балбышев И.Н. (1963) балқарағайдың өртке төзімділігін арттыратын факторлар ретінде қалың қабығын (кәрі ағаштарда 25 см-ге дейін жетеді), жоғары орналасқан бөрікбас, қабығы мен сүрегінің төмен шайырлылығын атап өткен. Қарағайдың діңінің төменгі бөлігінде қабығы жұқа, ал қабығы мен сүрегінің шайырлылығы жоғары, бұл оны балқарағайға қарағанда өртке төзімсіз етеді.

Осы деректердегі қарама-қайшылықтар негізгі орман түзуші түрлердің төзімділігін зерттеу қажеттілігін көрсетеді. Өрттердің жиілігі мен ормандардың жанғыштығы артып келе жатқан жағдайда, ағаш тұқымдастарының келешегін бағалау қажет. Өртке төзімділікке әсер ететін факторлар қатарына қоршаған орта жағдайларына генетикалық тұрғыдан қалыптасқан реакция, анатомо-морфологиялық және физиологиялық ерекшеліктер, сондай-ақ аймақтық ерекшеліктер жатады.

Жинақталған білімді жалпылау және жүйелеу арқылы екпе ағаштардың өртке төзімділігін келесі схема түрінде ұсынуға болады (сурет 1) (Цветков П.А., 2007).



Сур. 1. Орман ағаштарының өртке төзімділік сызбасы

1-сурет орман ағаштарының өртке төзімділігі олардың түрлеріне, жасына және кеңістіктік құрылымына, сондай-ақ өрттің пайда болуына дейінгі жағдайына байланысты екенін көрсетеді. Өртке төзімділікке әсер ететін негізгі факторлар ағаштардың отқа төзімділігі, диаметрі бойынша сүректіңдердің құрылымы және топырақтағы жанғыш материалдардың қоры болып табылады.

ҚР өртке қауіпті аумақтарының картасына сәйкес Қостанай облысының аумағы өрттердің туындауы үшін қолайлы климаттық жағдайлары бар аса қауіпті топқа жатады. (Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций РК, 2005). Ылғалдың жеткіліксіздігінің құрғақшылыққа қарай өзгеретін континенттік климатпен үйлесуі орман өрттерінің пайда болуы үшін қолайлы орта жасайды.

Облыста орман өрттерінің жиілігі мен ауқымы артып келеді, тек 2018...2022 жылдары өрт айтарлықтай аумақтарда тіркелді (2020429,5 га) (Ғарыш, 2024). Олардың ішіндегі ең ірісі 2022 жылғы 2 қыркүйекте тіркелген, өрт ауданы 106 мың га болатын орман қорының 43 мың гектарын шарпыды, 90-нан астам тұрғын үй бұзылды.

Қостанай облысының табиғи-климаттық ерекшеліктері құрлықшілік орналасуымен анықталады. Негізгі ормантүзуші тұқымдар - кәдімгі қарағай, басқа түрлерден қайың мен көктерек, бұталы тал, итмұрын, таза және

аралас ағаш ормандарын құрайтын тобылғы. Ормандар тек ежелгі аллювиалды құмдарда, ежелгі құм жоталарының шыңдарында және олардың беткейлерінің жоғарғы бөліктерінде орналасқан. Қайың және көктерек ормандары құмды жоталардың беткейлерінің төменгі бөліктерімен шектеседі және көбінесе тұзды сор-көл жағалауларына іргелес болады. Бұталы тал, үшқат өзендер мен көлдердің жағасында өседі.

Үлкен су кеңістігінен алыс орналасқан зерттеу аймағының климаты шұғыл континенталды, жазы ыстық, құрғақ және қысы суық, қары аз. Қыстың төмен және жаздың жоғары температурасымен қатар құрғақ желді, шаңды дауылды, көктемнің соңында және күздің басында аязды болуы ағашты-бұталы өсімдіктерінің өсуіне және дамуына теріс әсер етеді. Климаттың қолайлы факторына күн радиациясының көптігі және ұзақ аязсыз кезеңді жатқызуға болады.

Аймақтың қолайсыз климаттық факторларына құрғақшылық, құрғақ жел, қатты жел, шаңды дауыл, көктемнің аяғы мен күздің басындағы үсіктер, қыстағы қатты аяз, қарлы боран және жауын-шашынның аздығы, оңтүстікке қарай құрғақшылық, жоғары булану жатады. Жоғары температураның, төмен ылғалдылықтың, желдің жоғары жылдамдығының үйлесімі атмосфералық құрғақшылықты анықтайды, бұл топырақтағы ылғал қорының өсімдіктерге жетпейтін деңгейге дейін

төмендеуіне әкеледі. Құрғақшылықтың жалпы әсері, ең алдымен, ағашты-бұталы өсімдіктері мен орман дақылдарының өсу процестерінің төмендеуінен көрінеді, бұл ұзақ құрғақшылық кезеңде өсімдіктердің қурауына әкелуі мүмкін.

Қарағай, қайың, көктерек және әртүрлі бұталы ағаштардың қалыптасқан таралуы табиғи түрде орман өсетін аймақтың климаттық факторларының ерекшеліктерінен туындайды. Сынақ алаңдары орналасқан аумақтың жер бедері өте күрделі, оның шығу тегі аллювиалды және кейінгі эолдық процестермен байланысты.

Жер бедерінің эолдық формалары еңкіш құмды жоталармен және олардың арасында таяз оймауыттары бар төмен көлбеулі төбелермен ауысады. Көтерілген дөңес құмдардың ішінде шалғынды-далалық жазық учаскелері бұралған тарамдарды құрайды. Кей жерлерде, әсіресе төбешіктермен қырқалар бойындағы төмен бөліктерде, олар көктемде еріген сулармен су басқан жайылмалы шалғындар сипаты-

на ие және кейде батпақты болады.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу аймағындағы өрт қаупі бар маусым өте ұзақ және өрттің екі шарықтау кезеңін қамтиды: көктем-жаз және жаз-күз. Қарағайлардың өртке төзімділігін бағалау үшін сүректің диаметрі, бөрікбасқа дейінгі қашықтық, тамырлардың орналасу тереңдігі, жанғыш материалдардың қоры, өскіндердің саны мен биіктігі, сондай-ақ жапырақты ағаштардың болуы сияқты факторлар пайдаланылады. Осы факторлардың барлығы орман ағаштарының ықтимал зақымдануын және олардың өртке төзімділігін анықтайды.

Зерттеу үшін Семиозер орман шаруашылығының Новонежинск, Калинин орманшылығы аумағындағы, сондай-ақ Басаман орман шаруашылығы шегінде Батыс орманшылығы аумағында қарағайлар таңдалды (2, 3 сурет, 1 кесте).



Сур. 2. № 3 сынақ алаңы

СА (сынақ алаңы) таңдау және орналастыру «Орман баптау жұмыстарының сынақ алаңшалары» ОСТ 56-69-83 сәйкес (ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные, метод закладки, 1984) жүзеге асырылды. Орман жанғыш материалдар қорлары Курбатскийдің Н.П. (1970) әдістемесі бойынша анықталды. Орман ағаштарына арналған есептік алаңдардың мөлшері – 0,25 га. барлығы 10 есептік алаң болды. Орман жанғыш материалдар үлгілерінің шикі массасы термиялық шкафта 105 °С тем-

пературада кептірілді, осылайша олардың абсолютті құрғақ массасы анықталды. Кесу қалдықтарының қорларын анықтау үшін әр қатарда өлшемі 2×2 м болатын үш есеп алаңы құрылды. Ұсақ кесу қалдықтары (қалыңдығы 3 см-ге дейін бұтанақ пен бұтақшалар) жиналып, 20 килограмдық таразыда өлшенді. Содан кейін өлшенділер алынып, оларды термошкафта құрғақ күйге дейін кептіріліп, электронды таразыда өлшенді. Қалыңдығы 3 см-ден асатын ірі кесу қалдықтарын есептеу алаңша ішінде

олардың ұзындығы мен орташа диаметрін өлшеу арқылы жүргізілді. Содан кейін олардың көлемі есептелді. Одан әрі Қысқаша анықтамалыққа сәйкес (Краткий справочник по лесоматериалам, 2010) алынған көлемді $M = Q \times K$ формуласы бойынша массаға қайта есептелді, мұндағы M – масса, Q – көлем, K – ағаш сүрегі тығыздығының коэффициенті (қарағай үшін 10 % ылғалдылықта 500 кг/ м³ қабылданған). Тамыр жүйесінің орналасу тереңдігін анықтау С.Г Прокушкиннің (Абаимов А.П. және басқалар, 1997) әдістемесі бойынша жүргізілді. Ағаш

діңінен тарайтын диаметрі 5 см-ден асатын негізгі (қаңқалық) және 3...5 см болатын өткізгіш тамырлардың тереңдігін анықтау үшін топырақтың минералды қабатында (орман төсеніші астында) қазу мен қалыңдығын және тереңдігін өлшеу әдісі арқылы жүргізілді. Бұл үшін орман төсеніші алынып тасталды, тамырлар ағаш діңінің үш жағынан 0,2, 0,5 және 1,0 метр қашықтықта қазылды. Осыдан кейін тамырлардың жалпы саны анықталып, әрбір тамырға дейінгі топырақтың минералды қабатының қалыңдығы мен тамыр диаметрі өлшенді.



Сур. 3. № 6 сынақ алаңы

Аймақтың ормандарының өртке төзімділігін бағалау кезінде біз Фурьев В.В. (1978), Цветков П.А. және т.б. (2019), Фурьев И.В. (2021), сондай-ақ Jose V. Moris және Matthew J. Reilly (2022) ұсынған өртке төзімділікті бағалау принциптерін қолдандық. Таңдалған факторлардың салмақ мәндері сараптамалық әдіспен анықталды. Салмақ коэффициенттерін табу әдістемесіне сәйкес (Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г., 1974) оқиғалардың кез-келген қатарына жатқызылған салмақтардың қосындысы бірге тең болуы керек. Осы ережеге сәйкес мамандар арасында сауалнама жүргізу арқылы факторлардың салмақ коэффициенттері анықталды, олар 2-кестеде берілген.

2-кестеден ең үлкен мәндердің салмақ коэффициенті бар екенін көруге болады, оның мәні 3-ке тең. Осылайша, орман жанғыш материалдарының жалпы қорын, сүректің орташа диаметрін және өскіннің орташа биіктігін бағалайтын фактор зерттелетін қарағай-

лардың өртке төзімділік дәрежесіне ең үлкен әсер етеді. Жанғыш материалдардың құрамы мен қорлары өрттің күшіне және жану қарқындылығына әсер ететінін, ал сүректің орташа диаметрі ағаштарды олардың өртке төзімділігін сипаттайтын жылу әсерінен қорғайтынын атап өткен жөн. Жас өскіннің өсуі де маңызды рөл атқарады, өйткені оның едәуір тығыздығы кезінде төменгі қабат өртінің кума өртке ауысуы мүмкін, бұл орман үшін қауіпті және жойқын болады.

Өртке төзімділік дәрежесін анықтау үшін біз 2-кестеде келтірілген факторларды бағалаудың тірек шкаласын жасадық. Шкала өрттің күшін сипаттайтын сонымен қатар ағаш діңінің, бөрікбасының және тамырларының отқа төзімділігіне үлкен әсер ететін факторларды көрсетеді, бұл жалпы орманға жылулық әсерінің дәрежесін анықтайды. Балл мәндерінің қосындысын олардың салмақ коэффициенттеріне көбейту керек. Бір баллдық интервал өртке төзімділіктің минималды дәрежесіне

сәйкес келеді, мұнда барлық факторлар өртке төзімділігі төмен және бір бірлікпен бағаланады. Екі балдық интервал өртке төзімділіктің орташа деңгейіне сәйкес келеді. Үш балдық интервал өртке төзімділіктің жоғары деңгейіне сәйкес келеді. Шкаланы үш аралыққа бөле отырып, біз қарағайлардың өртке төзімділігінің әр дәрежесінің сандық тіректерін алдық: өртке төзімділіктің төмен дәрежесі – өлшенген ұпайлардың қосындысы 1,00...1,50; орташа – 1,51...2,00 және жоғары – 2,01...3,00.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

2-кестедегі мәліметтерге сәйкес, шкалалар орман ағаштарының өртке төзімділігіне әсер ететін ең маңызды факторлардың негізінде құрастырылған. Өртке төзімділіктің үш класы үшін факторларының мәндері жоғары, орташа және төмен деп рангтерге жіктелді. Өртке төзімділіктің жоғары класы ықтимал өрт кезінде ағаштардың қура-

уы 30 % - ға дейін, орта класс – 31 % - дан 70 % - ға дейін, ал төмен класс – 71 % - дан 100 % - ға дейін болатын орман ағаштары жатады. Өртке төзімділіктің жоғары класына сәйкес келетін әрбір факторға үш ұпай, орта класқа екі ұпай, ал төменгіге бір ұпай беріледі.

Осы ақпаратқа сүйене отырып, есептеулер жүргізіліп, қарағайлардың өртке төзімділік дәрежесі анықталды (3-кесте). Есептеулер нәтижесіндегі деректер Семиозер орман шаруашылығына қарасты Новонеж орманшылығы қарағайларының көпшілігі өртке тұрақты деп бағаланатынын көрсетеді. 3 сынақ алаңындағы қарағайлар 90 жастан және сәйкесінше сүрекдің орташа диаметрінің салыстырмалы түрде үлкен мәндерімен сипатталады. Ұқсас жағдай 3-сынақ алаңында да байқалады (сүрекдің жасы 60 жас), мұнда осы екі маңызды фактордың мәндері жас қарағайлардағы мәндерден асып түседі (4-сурет).



Сур. 4 № 3 сынақ алаңы, кәдімгі қарағайдың өзегі

Кесте 1

Сынақ алаңдарының сипаттамасы

Координаттар	№ СА (сынақ алаңы)	Орман шаруашылығының атаулары	Орманшылықтың атауы	Орман түрі	Орман кварталының нөмірі	Орман телімінің нөмірі	Телім ауданы, га	Құрамы	Орташа жас, жыл	Орташа биіктігі, м	Орташа толықтығы	Бонитет классы
52°30'21.46''N64°4'16.48''E	1	Семнозер орман шаруашылығы	Новожежин (табиғи)	Жас карағайлар	20	1	9,2	8Қ2 Қайың	90	21	0,5	III
52°30'47.54''N64°5'26.08''E	2		Новожежин (табиғи)		9	11	0,2	7 Қ	15	3,3	0,6	III
52°30'24.12''N 64°4'0.61''E	3		Новожежин (табиғи)		7	22	9,2	8 Қ 2 Қайың	60 40	14 12	0,5	III
52°29'54.12''N 64°12'47.45''E	4		Калинин(табиғи)		5	19	16,0	10 Қ + Қ	50 90	16 17	0,7	II
52°29'47.79''N 64°13'52.47''E	5		Калинин (мәдени)		12	6	1,5	10 Қ	80 120	16 19	0,6	IV
52°21'30.18''N 63°28'41.52''E	6	Басаман орман шаруашылығы	Батыс (табиғи)	Жас карағайлар	69	15	4,9	10 Қ	70	18	0,7	III
52°20'53.44''N 63°28'20.49''E	7		Батыс (мәдени)		83	11	1,6	10 Қ	55	15	0,5	III
52°20'45.28''N 63°28'23.14''E	8		Батыс (табиғи)		95	9	3,0	10 Қ	60	15	0,5	III
52°20'32.27''N 63°28'33.71''E	9		Батыс (табиғи)		96	27	0,4	10 Қ	70	17	0,5	III
52°20'31.22''N 63°28'32.71''E	10		Батыс (мәдени)		96	28	0,2	10 Қ	46	13	0,7	III

Жапырақты ағаштардың (қайыңның) үлестік қатысуын 20 % деңгейінде бөлу және өскіннің минималды тығыздығы іс жүзінде өрттің жоғары жақта пайда болу мүмкіндігін жоққа шығарады.

Сүрекдіңнің құрамындағы жапырақты ағаштардың (қайыңның) үлесінің 20 %-дық деңгейде таралуы және жас ағаштардың тығыздығының төмен болуы кума өртердің пайда болу мүмкіндігін дерлік жояды.

Кесте 2

Орман ағаштарының өртке төзімділік факторларының балдық бағалау шкаласы

N	Қарағайлардың өртке төзімділік факторлары	Факторлардың мәні және оларды ұпаймен бағалау			Салмақ коэффициенті
1	Сүрекдіңнің орташа диаметрі, см	>24/3	12...24/2	<12/1	0,18
2	Бөрікбастарға дейінгі орташа қашықтық, м	>10/3	51...0/2	<5/1	0,12
3	Тамырлардың орналасуының орташа тереңдігі, см	>20/3	10...20/2	<10/1	0,12
4	Орманның жанғыш материалдарының қоры, т / га	<30/3	30...50...2/2	>50/1	0,26
5	Өскіндер саны, мың дана / га	<0,4/3	0,4...0,7/2	>0,7/1	0,05
6	Өскіннің орташа биіктігі, м	<1/3	1...2/2	>2/1	0,16
7	Жапырақты ағаштардың үлестік қатынасы, %	>50/3	20...50/2	<20/1	0,11

Кесте 3

Қарағайлардың өртке төзімділігі

Сүрекдіңнің орташа диаметрі, см	Бөрікбастарға дейінгі орташа қашықтық, м	Тамырлардың орналасуының орташа тереңдігі, см	Орман жанғыш материалдарының қоры, т / га	Өскіндер саны, мың дана / га	Өскіннің орташа биіктігі, м	Жапырақты ағаштардың үлестік қатынасы, %	Өртке төзімділік дәрежесі
8Қ - 28		20					
2Қайын - 14	8	13	23	10,0	2,0	20	Жоғары
7Қ-16	8	2	31	—	—	—	Төмен
8Қ - 16		12					
2Қайын - 14	6	15	19	0,5	2,0	20	Жоғары
10Қ - 18		18					
+Қ - 22	7	15	16	—	—	—	Төмен
10Қ - 20							
+Қ 32	8	17	22	2,0	3,0	—	Орташа
10Қ - 24	5	15	36	—	—	—	Орташа
10Қ -20	7	14	22	—	—	—	Төмен
10Қ -18	7	13	41	0,5	1,0	—	Орташа
10Қ -20	6	16	21	—	—	—	Төмен
10Қ -16	8	11	23	—	—	—	Төмен

Жапырақты ағаштар үлесін қоспағанда, диаметрі 18-ден 24 см-ге дейінгі жас қарағайлардың өртке төзімділігінің орташа дәрежелі екендігі анықталды. Бұл орташа қарқынды өрттен кейін де ағаштардың мүмкін болатын жойылу көрсеткіші орман ағаштарының жалпы қорының 30 % - дан 70 % - ға дейін немесе одан да көп болуы

мүмкін екенін көрсетеді.

Зерттеу деректері Басман орман шаруашылығының Батыс орманшылығының қарағайлары негізінен өртке төзімділіктің төмен деңгейімен сипатталатынын көрсетеді. 7-дегі сынақ алаңында жасы 55 жыл болатын қарағай да сүрекдіңнің орташа ағаш диаметрінің салыстырмалы

орташа мәндеріне ие. Ұқсас жағдай 10-сынақ алаңында да байқалады (сүрекдің жасы 46 жас), мұнда осы екі маңызды фактордың мәні жетілген қарағайларға қарағанда төмен.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қостанай облысында орман түрлерінің өртке төзімділігіне жүргізілген зерттеу бірқатар маңызды тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді. Аймақтың негізгі орман түрлері өрттің әсеріне төзімділікте айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетеді, бұл түрлердің сүректің диаметрі, бөрікбастарға дейінгі қашықтық, тамырлардың тереңдігі, орманның жанғыш материалдарының қоры, өскіндердің саны мен биіктігі және жалпақ жапырақты ағаштардың болуы сияқты факторларға тығыз байланысты екенін көріп отырмыз.

Осылайша, қарағайлардың өртке төзімділік класын бағалау орман шаруашылығы және өртке қарсы алдын алу шаралары бойынша бірқатар іс-шараларды жоспарлауға және жүргізуге мүмкіндік береді сонымен қатар орман алқаптарының өрт әсеріне төзімділігін арттыруға ықпал етеді. Өртке тұрақты орман ағаштарды құру мен қалыптастыру орман дақылдары мен орман өсірудің және өртке қарсы іс-шаралардың кешенді жүйесін пайдалануды көздейді. Ормандардың өртке төзімділігін арттыру әдістері ең жоғары қарқындылықтағы туындаған өрт жағдайында, орман ағаштарына ықтимал зиянның дәрежесін айқындайтын факторларды бағытталған бақылауға негіздеуге тиіс.

Өрт болған жағдайда ағаштардың жойылуын болдырмау мақсатында бастапқы іс-шараларды алдымен өртке төзімділіктің орта және төменгі класты орман ағаштарында жүргізу қажет. Осындай іс-шаралардың бірі ормандарды күтіп баптау үшін кесу болып табылады, сонымен қатар қылқан мен жапырақты ағаштардың үлесін ұлғайту, орманның негізгі түрінің орташа диаметрін ұлғайту орман ағаштарының өртке төзімділігін арттыруға ықпал етеді. Жанғыш материалдардың массасын азайту үшін Қостанай облысының ормандарында бақыланатын өртеу технологиялары мен өрт қауіпсіздігі ережелерін сақтай отырып, профилактикалық өртеу жүргізу қажет.

Осы саладағы қосымша зерттеулер ор-

ман ресурстарын тиімдірек басқаруға және өрттің апатты әсерін болдырмауға мүмкіндік беретін климаттың өзгеруі мен антропогендік жүктеме әсерінен өртке төзімділік динамикасын зерттеуге бағытталуы керек.

АЛҒЫС

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің 2023...2025 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша ғалымдарды гранттық қаржыландыру шеңберінде жүргізілді (ЖТН № АР 19678305).

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Фурьев В.В. Пожароустойчивость лесов и методы ее повышения // Прогнозирование лесных пожаров. – Красноярск, 1978. – С. 123–146.
2. Шешуков М.А., Пешков В.В. О соотношении понятий «огнестойкость», «пжароустойчивость» и «пиропитность» // Лесоведение. – Москва, 1984. – № 5. – С. 60–63.
3. Фурьев В.В., Заблочкин В. И., Черных В. А. Пожароустойчивость сосновых лесов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2005. – 160 с.
4. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. – М.: Наука, 1992. – 264 с.
5. Цветков П. А. Устойчивость лиственницы Гмелина к пожарам в северной тайге Средней Сибири. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 250 с.
6. Софронов М.А. Об условиях высыхания лесных горючих материалов под пологом древостоев / М.А. Софронов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. – С. 59–104.
7. Балбышев И.Н. Сравнительная пожароустойчивость древесных пород таежной зоны / И.Н. Балбышев // Лесные пожары и борьба с ними. – М., 1963. С. 114–136.
8. Попов Л.В. Южно-таежные леса Средней Сибири / Иркутск, 1982. – 330 с.
9. Санников С.Н. Экологическая оценка естественного возобновления сосны в Припышминских борах: автореф. дис...канд. биол. наук / С.Н.Санников. – Свердловск, 1966. – 30 с.
10. Тюлина Л.Н. Из истории растительного покрова северо-восточного побережья Байкала / Л.Н. Тюлина // Проблемы физической географии. – М., 1950. Вып.15. – С. 105–132.
11. Davis K.P. Forestfire: control and use / K.P. Davis. – New York–Toronto London: McGraw-Hill Book Co. Inc., 1959. – 584 p.
12. Седых В.Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова / В.Н. Седых. – Новосибирск: Наука, 1991. – 237 с.
13. Софронов М.А. Ежедневная вероятная плотность действующих пожаров как абсолютный критерий пожарной опасности / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Лесное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 41–43.
14. Арефьева З.Н. Влияние огня на некоторые биохимические процессы в лесных почвах / З.Н. Арефьева // Тр. ин-та биол. УФАИ СССР, вып. 36: сб. ст. – Свердловск, 1963. С. – 15–20

15. Гирс Г.И. Проблема устойчивости хвойных растений к воздействию высокой температуры / Г.И. Гирс // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1973. – С. 197–206.
16. Валендик Э.Н. Влияние низовых пожаров на устойчивость хвойных пород / Э.Н. Валендик, А.И. Сухинин, И.В. Косов. – Красноярск, 2006. – 96 с.
17. Войнов Г.С. Прогнозирование отпада в древостое после низовых пожаров / Г.С. Войнов, М.А. Софронов // Современные исследования типологии и пирологии леса: сб. ст. – Архангельск, 1976. – С. 115–121.
18. Мелехов И.С. Концентрированные рубки на Севере и борьба. – Москва, 1944. № 9. С. 3–8.
19. Уткин А.И. Лесообразовательный процесс с позиции экологии / А.И. Уткин // Теория лесообразовательного процесса. – Красноярск, 1991. – С. 161–162.
20. Цветков П.А., Кудинов Е.Н. Оценка пожароустойчивости сосняков красноярской лесостепи, пройденных несплошными рубками // Сибирский лесной журнал. 2019. – № 5. С. 54–60.
21. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций РК. – Алматы, 2005. – 280 с.
22. Ғарыш. [Электрон. Ресурс]. – URL: <https://www.gharysh.kz/> (қолданылған күні: 17.05.2024).
23. ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные, метод закладки». – М.: ЦБНТИлесхоз. – С.18-20.
24. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1970. – С. 5–58.
25. Краткий справочник по лесоматериалам. Пособие для работников таможенной службы / WWF России; С. Н. Ляпунтин и др.; под. ред. Н. М. Шматкова, А. В. Беляковой. — М., 2010. — 76 с.
26. Абаимов А.П., Прокушкин С. Г., Зырянова О. А., Каверзина Л. Н. Особенности формирования и функционирования лиственничных лесов на мерзлотных почвах // Лесоведение. 1997. – № 5. – С. 13–23.
27. Фуряев И.В. Пожароустойчивость насаждений южно-таежных лесов Западно-Сибирской равнины и Средне-Сибирского плоскогорья // Sciences of Europe. 2021. – № 64. – С. 26-29.
28. Софронов М.А. Ежедневная вероятная плотность действующих пожаров как абсолютный критерий пожарной опасности / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Лесное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 41–43.
29. Jose V. Moris, Matthew J. Reilly and others Using a trait based approach to asses fire resistance in forest landscapes of the Inland Northwest, USA // Landsc Ecol37. – 2022. – PP.149–216.
30. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1974. – 160 с.
31. Pozharoustoychivost' osnovnykh lesov [Fire resistance of pine forests]. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nyie, 160 p. [in Russian].
32. Sannikov, S.N. (1992). Ekologiya i geografiya yestestvennogo vozobnovleniya sosny obyknovlennoy [Ecology and geography of natural regeneration of Scots pine]. Moscow: Nauka, 264 p. [in Russian].
33. Tsvetkov, P.A. (2007). Ustoichivost' listvennitsy Gmelina k pozharom v severnoy tayge Sredney Sibiri [Resistance of Dahurian larch to fires in the northern taiga of Central Siberia]. Krasnoyarsk: SibGTU, 250 p. [in Russian].
34. Sofronov, M.A. (1970). Ob usloviyakh vysykhaniya lesnykh goryuchikh materialov pod pologom drevostoyev [On the conditions of forest fuel drying under the canopy of stands]. Voprosy lesnoy pirologii – Krasnoyarsk: ILiD SO AN SSSR, pp. 59–104 [in Russian].
35. Balbyshev, I.N. (1963). Sravnitel'naya pozharoustoychivost' drevesnykh porod tayezhnoy zony [Comparative fire resistance of tree species in the taiga zone]. Lesnyye pozhary i bor'ba s nimi – Moscow, pp. 114–136 [in Russian].
36. Popov, L.V. (1982). Yuzhno-tayezhnye lesa Sredney Sibiri [Southern taiga forests of Central Siberia]. Irkutsk, 330 p. [in Russian].
37. Sannikov, S.N. (1966). Ekologicheskaya otsenka yestestvennogo vozobnovleniya sosny v Prip'yshminskikh borakh [Ecological assessment of natural regeneration of pine in Prip'yshminsky forests]. Abstract of dissertation for the candidate of biological sciences. Sverdlovsk, 30 p. [in Russian].
38. Tyulina, L.N. (1950). Iz istorii rastitel'nogo pokrova severo-vostochnogo poberezh'ya Baykala [From the history of vegetation on the northeastern shore of Lake Baikal]. Problemy fizicheskoy geografii, no. 15, pp. 105–132 [in Russian].
39. Davis, K.P. (1959). Forest fire: control and use. New York–Toronto–London: McGraw-Hill Book Co. Inc., 584 p.
40. Sedykh, V.N. (1991). Aerokosmicheskiy monitoring lesnogo pokrova [Aerospace monitoring of forest cover]. Novosibirsk: Nauka, 237 p. [in Russian].
41. Sofronov, M.A., Volokitina, A.V. (2007). Ezhdnevnyaya veroyatnaya plotnost' deystvuyushchikh pozharov kak absol'yutnyy kriteriy pozharoy opasnosti [Daily probable density of active fires as an absolute criterion of fire danger]. Lesnoye khozyaystvo, no. 1, pp. 41–43 [in Russian].
42. Aref'eva, Z.N. (1963). Vliyanie ognya na nekotoryye biokhimicheskiye protsessy v lesnykh pochvakh [Effect of fire on some biochemical processes in forest soils]. Trudy Instituta biologii UFaN SSSR, no. 36, pp. 15–20 [in Russian].
43. Girs, G.I. (1973). Problema ustoichivosti khvoynykh rasteniy k vozdeystviyu vysokoy temperatury [The problem of conifer plant resistance to high temperatures]. Gorennye i pozhary v lesu – Krasnoyarsk, pp. 197–206 [in Russian].
44. Valendik, E.N., Sukhin, A.I., Kosov, I.V. (2006). Vliyanie nizovykh pozharov na ustoichivost' khvoynykh porod [Effect of ground fires on conifer species resistance]. Krasnoyarsk, 96 p. [in Russian].
45. Voynov, G.S., Sofronov, M.A. (1976). Prognozirovaniye otpada v drevostoye posle nizovykh pozharov [Prediction of tree mortality in stands after ground fires]. Sovremennyye issledovaniya tipologii i pirologii lesa – Arkhangel'sk, pp. 115–121 [in Russian].

REFERENCES

1. Furyaev, V.V. (1978). Pozharoustoychivost' lesov i metody yeye povysheniya [Fire resistance of forests and methods of its improvement]. Prognozirovaniye lesnykh pozharov – Krasnoyarsk, pp. 123–146 [in Russian].
2. Sheshukov, M.A., Peshkov, V.V. (1984). O sootnoshenii ponyatiy «ognestoykost'», «pozharoustoychivost'» i «pirofinnost'» [On the relationship of the concepts of «fire resistance», «fire resilience», and «pyrophyticity»]. Lesovedeniye, no. 5, pp. 60–63 [in Russian].
3. Furyaev, V.V., Zablotkiy, V.I., Chernykh, V.A. (2005).

18. Melekhov, I.S. (1944). Kontsentrirrovannyye rubki na Severe i bor'ba [Concentrated logging in the North and management]. Moscow, no. 9, pp. 3–8 [in Russian].
19. Utkin, A.I. (1991). Lesoobrazovatel'nyy protsess s pozitsii ekologii [The forest formation process from an ecological perspective]. Teoriya lesoobrazovatel'nogo protsessa – Krasnoyarsk, pp. 161–162 [in Russian].
20. Tsvetkov, P.A., Kudinov, E.N. (2019). Otsenka pozharoustoychivosti sosnyakov krasnoyarskoy lesostepi, proyedennykh nesploshnymi rubkami [Assessment of fire resistance of pine forests in Krasnoyarsk forest-steppe affected by selective logging]. Sibirskiy lesnoj zhurnal, no. 5, pp. 54–60 [in Russian].
21. Atlas prirodnikh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy RK [Atlas of natural and technogenic hazards and emergency risks of the Republic of Kazakhstan]. (2005). Almaty, 280 p. [in Russian].
22. Gharysh [Space] [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://www.gharysh.kz/> (accessed 17.05.2024) [in Kazakh].
23. OST 56-69-83. Ploshchadi probnyye lesoustroitel'nyye, metod zakladki [Trial forestry plots, laying method]. Moscow: TsBNTIleskhoz, pp. 18–20 [in Russian].
24. Kurbatskiy, N.P. (1970). Issledovaniye kolichestva i svoystv lesnykh goryuchikh materialov [Study of the quantity and properties of forest fuels]. Voprosy lesnoy pirologii – Krasnoyarsk: ILiD SO AN SSSR, pp. 5–58 [in Russian].
25. Kratkiy spravochnik po lesomaterialam [Brief reference book on wood materials]. (2010). WWF Rossii, Moscow, 76 p. [in Russian].
26. Abaimov, A.P., Prokushkin, S.G., Zyryanova, O.A., Kaverzina, L.N. (1997). Osobennosti formirovaniya i funktsionirovaniya listvennichnykh lesov na merzlotnykh pochvakh [Features of the formation and functioning of larch forests on permafrost soils]. Lesovedenie, no. 5, pp. 13–23 [in Russian].
27. Furyaev, I.V. (2021). Pozharoustoychivost' nasazhdeniy yuzhno-tayezhnykh lesov Zapadno-Sibirskoy ravniny i Sredne-Sibirskogo ploskogor'ya [Fire resistance of stands in southern taiga forests of the West Siberian Plain and the Central Siberian Plateau]. Sciences of Europe, no. 64, pp. 26–29 [in Russian].
28. Sofronov, M.A., Volokitina, A.V. (2007). Ezhdnevnyaya veroyatnaya plotnost' deystvuyushchikh pozharov kak absolyutnyy kriteriy pozharoy opasnosti [Daily probable density of active fires as an absolute criterion of fire danger]. Lesnoye khozyaystvo, no. 1, pp. 41–43 [in Russian].
29. Moris, J.V., Reilly, M.J., et al. (2022). Using a trait-based approach to assess fire resistance in forest landscapes of the Inland Northwest, USA. Landscape Ecology, vol. 37, pp. 149–216.
30. Beshelev, S.D., Gurvich, F.G. (1974). Matematiko-statisticheskiye metody ekspertnykh otsenok [Mathematical and statistical methods of expert evaluation]. Moscow: Statistika, 160 p. [in Russian].

ОЦЕНКА ПОЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ж.О. Озгелдинова¹ PhD, Ж.Т. Мукаев^{2*} PhD, К.М. Турлыбеков³, А.А. Жангужина¹ PhD,
М.А. Алағуджаева¹ PhD, М.М. Улыкпанова⁴**

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

²Университет Шакарима, Семей, Казахстан

³«Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр», Семей, Казахстан

⁴Университета им. Алихана Бокейханова, Семей, Казахстан

E-mail: zhandos.mukaev@mail.ru

В статье определены основные факторы, обуславливающие устойчивость сосняков к воздействию пожаров. К этим факторам в первую очередь относятся: диаметр древостоя, расстояние до крон, глубина залегания корней, запасы лесных горючих материалов, количество и высота подроста, и участие лиственных пород. В статье приводится интегральная оценка степени пожароустойчивости сосновых лесов Костанайской области. Оценка степени пожароустойчивости выполнена на основе использования балльной системы путем нахождения суммы весовых коэффициентов для территории Костанайской области. Для исследования выбраны сосняки, на территории Новонежинского, Калининского лесничеств в пределах Семиозерного лесного хозяйства, а также Западного лесничества в пределах Басаманского лесного хозяйства. Данные показывают, что в результате расчетов большинство сосняков Новонежинского лесничества Семиозерного лесного хозяйства оценивается как высоко пожароустойчивые.

Ключевые слова: лесообразующие породы, пожароустойчивость, факторы пожароустойчивости насаждений, пробная площадь, Костанайская область.

ASSESSMENT OF FIRE RESISTANCE OF FOREST-FORMING ROCKS OF KOSTANAY REGION

Zh. Oygeldinova¹ PhD, Zh. Mukaev^{2*} PhD, K. Turlybekov³, A. Zhanguzhina¹ PhD, M. Alagujayeva¹ PhD, M. Ulykpanova⁴

¹L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Shakarim University, Semey, Kazakhstan

³«Republican Forest Breeding and Seed Center», Semey, Kazakhstan

⁴Alikhan Bokeikhan University, Semey, Kazakhstan

E-mail: zhandos.mukaev@mail.ru

The article identifies the main factors that determine the resistance of pine forests to the effects of fires. These factors primarily include: the diameter of the stand, the distance to the crowns, the depth of the roots, the reserves of forest fuels, the amount and height of undergrowth, and the participation of hardwoods. The article provides an integral assessment of the degree of fire resistance of pine forests of Kostanay region. The assessment of the degree of fire resistance is based on the use of a point system by finding the sum of the weight coefficients for the territory of Kostanay region. Pine forests were selected for the study, on the territory of the Novonezhinsky, Kalininsky forestry within the Semiozero forestry, as well as the Western Forestry within the Basaman forestry. The data show that as a result of calculations, most of the pine forests of the Novonezhinsky forestry of the Semiozero forestry are assessed as highly fire-resistant.

Keywords: forest-forming rocks, fire resistance, factors of fire resistance of plantings, trial area, Kostanay region.

Авторлар туралы мәліметтер/Сведения об авторах/Information about authors:

Озгелдинова Жанар Озгелдиновна – PhD, Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының профессор м.а., Сатпаева, 2, Астана, Қазақстан, oygeldinova@mail.ru

Мукаев Жандос Толеубекович – (корреспондент-автор) – PhD, доцент, Шәкәрім университетінің жаратылыстану-математикалық факультетінің деканы, Глинки, 20а, Семей, Қазақстан, zhandos.mukaev@mail.ru

Тұрлыбеков Қаршыға Мұратханұлы – Инженер, орман патологы МҚКК «Республикалық Орман Селекциялық тұқым өсіру орталығы» республикалық мемлекеттік қазыналық кәсіпорны, Галиаскара Туктабаева, 19, Семей, Қазақстан, karshyga_94@mail.ru

Жангужина Алтын Амиржановна – PhD, Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының доцент м.а., Сатпаева, 2, Астана, Қазақстан, altyn@mail.ru

Алагуджаева Манира Аманкельдиевна – PhD, Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының доцент м.а., Сатпаева, 2, Астана, Қазақстан, manira_ter@mail.ru

Улыкпанова Меруерт Муратовна – Әлихан Бөкейхан университеті, тарих және география кафедрасының аға оқытушысы, Мәңгілік Ел көшесі, 11, Семей, Қазақстан, ulykpanova@mail.ru

Озгелдинова Жанар Озгелдиновна – PhD, и.о. профессора кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан, oygeldinova@mail.ru

Мукаев Жандос Толеубекович – PhD, (автор-корреспондент), ассоц. профессор, декан естественно-математического факультета университета Шакарима, ул. Глинки, 20а, Семей, Казахстан, zhandos.mukaev@mail.ru

Тұрлыбеков Қаршыға Мұратханұлы – Инженер-лесопатолог, РГКП «Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр», ул. Галиаскара Туктабаева, 19, Семей, Казахстан, karshyga_94@mail.ru

Жангужина Алтын Амиржановна – PhD, и.о. доцента кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан, altyn8828@mail.ru

Алагуджаева Манира Аманкельдиевна – PhD, и.о. доцента кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан, manira_ter@mail.ru

Улыкпанова Меруерт Муратовна – старший преподаватель кафедры истории и географии университета им. Алихана Бөкейханова, ул. Мәңгілік Ел көшесі, 11, Семей, Казахстан, ulykpanova@mail.ru

Ozgeldinova Zhanar – PhD, Acting Professor of the Department of Physical and Economic Geography of the L.N.Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev St., Astana, Kazakhstan, ozgeldinova@mail.ru

Mukaev Zhandos – PhD, (corresponding author), Associate Professor, Dean of the Faculty of Natural Mathematics, Shakarim University, 20a, Glinka St., Semey, Kazakhstan, zhandos.mukaev@mail.ru

Turlybekov Karshyga – Forest pathologist Engineer, RSE «Republican Forest Breeding and Seed Center», Galiaskara Tuktabayeva str., 19, Semey, Kazakhstan, karshyga_94@mail.ru

Zhanguzhina Altyn – PhD, Acting Associate Professor of the Department of Physical and Economic Geography of the L.N.Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev St., Astana, Kazakhstan, altyn8828@mail.ru

Alagujayeva Manira - PhD, Acting Associate Professor of the Department of Physical and Economic Geography of the L.N.Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev St., Astana, Kazakhstan, manira_ter@mail.ru

Ulykpanova Meruert – Senior lecturer at the Department of History and Geography of Alikhan Bokeikhan University, Mangilik El str., 11, Semey, Kazakhstan, ulykpanova@mail.ru

Авторлардың қосқан үлесі/Вклад авторов/Authors contribution:

Озгелдинова Ж.О. – тұжырымдаманы әзірлеу, зерттеу жүргізу

Мукаев Ж.Т. – әдістемені әзірлеу

Тұрлыбеков Қ.М. – бағдарламалық жасақтама жасау

Жангужина А.А. – статистикалық талдау жүргізу

Алагуджаева М.А. – ресурстар

Улыкпанова М.М. – мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Озгелдинова Ж.О. – разработка концепции, проведение исследования

Мукаев Ж.Т. – разработка методологии

Тұрлыбеков Қ.М. – создание программного обеспечения

Жангужина А.А. – проведение статистического анализа

Алагуджаева М.А. – ресурсы

Улыкпанова М.М. – подготовка и редактирование текста, визуализация

Ozgeldinova Zh. – concept development, conducting a research

Mukaev Zh. – methodology development

Turlybekov K. – creating software

Zhanguzhina A. – conducting statistical analysis

Alagujayeva M. – resources

Ulykpanova M. – preparing and editing the text, visualization

LANDSCAPE FACTORS FORMING THE STEPPE ZONE OF THE ZHAIYK RIVER BASIN OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION

S.T. Toxanbayeva* *PhD*, **N.Ye. Ramazanov** *PhD*, **M.N. Musabayeva** *Doctor of Geographical Sciences*

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

This article examines the influence of various natural factors on the formation of landscape and soil complexes in the Zhaiyk River basin. The key components considered in the study include soil types, topography, and natural landscapes. The analysis reveals that the soils of the region range from chestnut and chernozem to sod-podzolic and solonetz soils, which determine the characteristics of vegetation and agricultural potential. Soil complexes are largely shaped by topography, water regime, and climatic conditions. Based on cartographic data obtained from satellite imagery and digital terrain models, an analysis was conducted to assess the distribution of soils and their relationship with vegetation types, water bodies, and other natural features. The results of the study reveal important patterns in the distribution of soil types and assess their role in the region's ecosystems, providing practical insights for land resource management, agriculture, and environmental conservation in the Zhaiyk River basin. Topography, in turn, affects water exchange and erosion processes, which significantly influence soil types and their distribution. Special attention is given to identifying the interrelationships between soils, topography, and vegetation, as well as the role of these factors in the formation of sustainable ecosystems. The findings confirm that the complex interaction of topographical and soil features influences the distribution of landscape zones, which is crucial for planning agricultural activities and nature conservation.

Keywords: steppe zone, landscape, landscape map, West Kazakhstan region, anthropogenic factors, natural factors, steppe landscapes.

Accepted: 24.05.2024 y.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-75-90

INTRODUCTION

The basin of the Zhaiyk River flows through the territories of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan. On the territory of Russia, the river basin is located within the Chelyabinsk and Orenburg regions, as well as the Republic of Bashkortostan. On the territory of Kazakhstan, the Zhaiyk River basin is located within the Atyrau, West Kazakhstan and partially Aktope regions. The total length of the river is 2,534 km, the catchment area is 231,000 km² (Petrenko et al., 2001, Ramazanov, 2009).

On the territory of the Russian Federation, its length is 1450 km, its catchment area is 121900 km² (52,8 %), and on the territory of Kazakhstan, respectively, 1084 and 109100 km² (47,2 %). The Zhaiyk River originates on the eastern slope of Uraltau and flows into the Caspian Sea. The river basin can be divided into the following natural provinces: The General Syrt, the Mugalzhar

Mountains, the Sub-Ural (Podurski) Plateau, the Caspian Lowland. The common Syrt serves as a watershed of the Volga and Zhaiyk river basins. Its surface is slightly wavy, with low (up to 200...360 m) outliers. Along the southern spurs of the Syrt there is a vast pre-Syrt plain, the width of which reaches 60 km near the city of Uralsk. Intersected by numerous valleys of small rivers, it retains a rocky character and only in the south breaks off with a steep ledge to the Caspian lowland. The Mugalzhar Mountains are an extension of the Southern Urals. This uplift consists of the northern and southern parts, separated from each other by a wide intermountain depression. The northern Mugalzhar occupy the space between Ilek and Irgiz with a width of up to 200 km and are mainly hilly and rocky hills. The Northern Mugalzhar are divided into western and eastern wings by the Oryu River. The western wing of the Northern Mugoars (Or-Ilek interfluvium) has the

appearance of a plateau lying on the continuation of the southern spurs of the Ural Mountains. To the west of the watershed, the plateau is strongly indented by watercourses and represents a shallow sandstone, and to the east of it passes into a slightly framed plain, dissected by a network of left tributaries of the Or River. The southern Mugalzhar have a mountainous terrain and their main western chain, the Mugalzhar ridge proper, rises sharply (by 200...300 m) above the adjacent the Sub-Ural (Podural'ski) Plateau. The Sub-Ural (Podural'ski) Plateau adjoins the Caspian lowland from the east and is a steep-hilly plain dissected by the valleys of the Zhaiyk River and its left tributaries Ilek and Utva (Ramazanov, 1998, Ramazanov, 2003, Ramazanova et al., 2019).

The relief of the Sub-Ural (Podural'ski) Plateau indicates intensive denudation and erosion processes, the main agents of which are water and wind. The Caspian lowland frames the northern part of the Caspian Sea. It is a dried-up bottom of the retreating Caspian Sea and is characterized by a leveled surface with traces of coastlines and coastal ramparts. The surface of the lowland is dotted with a variety of different-sized rock depressions, lakes and shallow channels, which belong to certain coastlines associated with different levels of the Caspian Sea. The Chizhinsko-Durinsko-Balika depression has the largest dimensions. This is a huge lowland stretching from the southern border of the Common Syrt almost to the Volga-Ural sands. Its surface is covered with vast expanses of estuarine meadows, among which individual remnant massifs with a length of 2 to 30 km rise in places (Yegorova & Motrich, 2010, Vilesov et al., 2009, Akiyanova & Vasilchenko, 2015, Salesa & Cerdà, 2020).

To understand the surrounding world with the modern relationship between man and nature, with human impact in the environment, one of the solutions is to study the territory using landscape analysis. Thus, the steppe zone in the West Kazakhstan region of the Zhaiyk river basin has been studied since ancient times, but it is now that the study has become more detailed and detailed.

Landscape analysis of the steppe zone is very important, because the steppe zone is one of the most favorable zones for human settlement. Therefore, timely landscape analysis of the steppe zone is very relevant today. The need to study the landscape analysis of the steppe zone of the Zhaiyk River basin arose due to the anthropogenic impact on the landscapes of the steppe zone and pollution in Zhaiyk.

The factors shaping the landscape and its components are closely related. Any component of the natural environment that forms within the landscape is a landscape-forming factor. In this regard, landscape-forming factors include: lithogenicity factors with geological and relief characteristics, then hydrological and climatic factors with water and climatic characteristics, the following soil factors and biogenic factors. Also, in parallel, special attention should be paid to anthropogenic factors, since at present there is almost no type of landscape without contact with human activity. Landscape factors also have external and internal types of influence, including such external natural phenomena as: movements in tectonics, relief-forming factors, solar radiation, atmospheric circulation. And of an internal nature as a violation of the energy and material balance in the system, which subsequently leads to a change in any components of the natural environment (Amelchenko et al., 2006, Chibilev, 2008).

Therefore, the study of landscape factors in the formation of certain territories is a very important and relevant type of study of the structure of the landscape and its principle of resilience to external anthropogenic influences. The study of the steppe zone is also significant, since the steppe zone is a very fertile and densely populated area of human settlement, and is of social importance. As a result, the subject of the study was "Landscape formation factors", and the object of study was the steppe zone of the Zhaiyk river basin in the West Kazakhstan region (Darbayeva et al., 2020).

The purpose of the study was to study the landscape factors forming the steppe zone of the Zhaiyk river basin in the West Kazakhstan region.

In order to achieve these goals, the following tasks were set:

- study of statistical, literary, cartographic data on the object of research;
- determination of the steppe zone of the Zhaiyka River basin on the territory of the West Kazakhstan region;
- characteristics of the landscapes of the steppe zone of the Zhaiyka river basin;
- compilation of relief, climatic, geological, soil, plant, hydrographic maps using the ArcGIS program;
- preparation of a series of maps;
- analysis of landscape factors forming the steppe zone of the Zhaiyk river basin in the West Kazakhstan region.

MATERIALS AND METHODS

The article used methods of geographic information mapping and comparative geographic analysis, cartography and statistics, computer science tools, in particular methods of geographic information systems and technologies.

Also used: statistical method (processing of quantitative parameters); graphical methods (graphical representation of data in the form of tables, diagrams, graphs); cartographic method (compilation of a series of maps), namely landscape mapping and systematics of landscapes and the method of landscape classification is used.

Landscape mapping and landscape systematics are in close logical connection. They relate to each other as a way of modeling the landscape structure of the territory, mutually complementing each other and stimulating development. If the systematics shows a structural and genetic model of the landscape structure of the region, then the

landscape map shows a spatial model.

Before you start working in the ArcGIS program with digital terrain models, you need to download a DEM file from the Internet, where you select your object and upload it to your computer (laptop). Next, it is unzipped and saved on the desktop or local disk C (D) in a specific folder. After that, work begins in the ArcGIS program. DEM files (DEM) are loaded into the ArcMap program. For further work with DEM files, you should use the tools of the 3D Analyst, conversion and Spatial Analyst «Hydrology» group. These tools are used to simulate the flow of water over the surface.

Digital relief models SRTM were used as research material to highlight the Zhaiyk River basin, cartographic material for the study area according to landscape parameters.

The algorithm for processing the digital relief model for highlighting the river basin is shown in Figure 1.

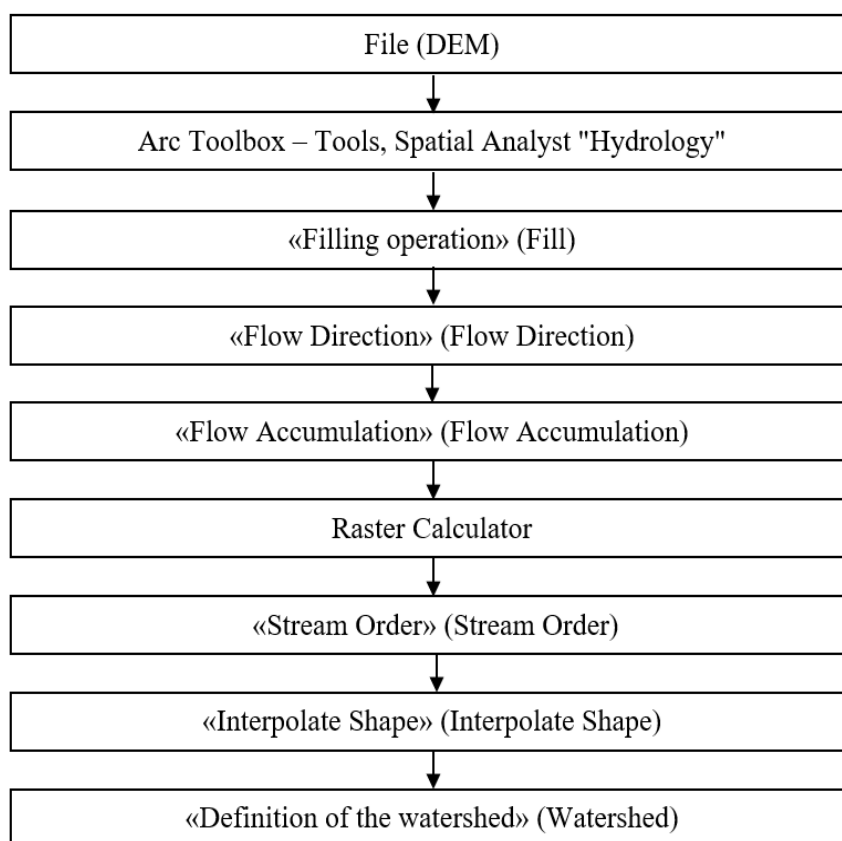


Fig. 1. An algorithm for processing a digital relief model for highlighting a river basin

To identify the basin area, digital elevation models (DEMs) were used, modern methods using DEMs using 3D Analysis tools, conversion and spatial analysis tools of the ArcGIS 10.8 program.

Modern methods for determining the structure of landscapes were also used, based on

compiling a landscape map, mapping methods and using the functions of the ArcGIS 10.8 program to determine the structure.

Using the functionality of the ArcGIS 10.8 program, SRTM satellite images were processed, a digital relief model was obtained, the boundaries

of the Zhaiyk River basin were identified, then the territory of the steppe zone was digitized and layers of natural environment components were created using the method of overlaying layers and interpolation. As a result, steppe landscapes of the West Kazakhstan region were identified.

The processing algorithm consisted of several steps, including such types of work as collecting and systematizing data on the research object by natural components, data composition, processing of cartographic material and creating a landscape map using ArcGIS 10.8 program tools.

The source data and sources for the geoinformation system are the basis of their information support, which are extremely time-consuming, due to the large mass of sources based on analog data (maps on paper, tables, reports, text, etc.), and digital forms and data processed by it are needed to work in the digital environment of GIS existence. As a result, at the moment they are gradually moving from the analog database to digital, which serves as progress in the field of GIS technologies.

When working in GIS with the analysis and evaluation of various sources of information, it is necessary to take into account common properties in the form of metadata.

When mapping the river basin, statistical and cartographic data of the river basin are used, such as: relief, quaternary sediments, soil cover, plant resources, geomorphological and tectonic maps, landscape changes, etc.

To study the steppe zone of the river basin, cartographic data sources are used, namely general geographic survey maps (soil, vegetation, relief, hydrography, geomorphology, etc.), thematic maps, namely maps of nature (geological, landscape, physico-geographical).

Currently, in hydrological, geographical and environmental studies, geoinformation computer technologies are more often replacing desk and field studies. It is very common to use and process a digital terrain model through certain functions and operations in a GIS program. So, using operations through hydrological functions, it is possible to divide the provided territory in the form of a digital relief model into a river basin.

Digital terrain models today are modern digital images from space depicting any territory of the world. With the help of the ArcGIS program, you can identify any object in a certain area.

Various methods are used to determine the river basin. One of the modern methods is the definition of a river basin based on a digital relief model using 3D Analyst tools, conversion and Spatial Analyst Tools of the ArcGIS program, which is the most accurate for determining the river basin, since digital relief models (satellite images) are used.

Next, a series of steps were taken to create a landscape map, for this purpose, a landscape classification technique was applied, including 4 consecutive interdependent stages, shown in Figure 2.

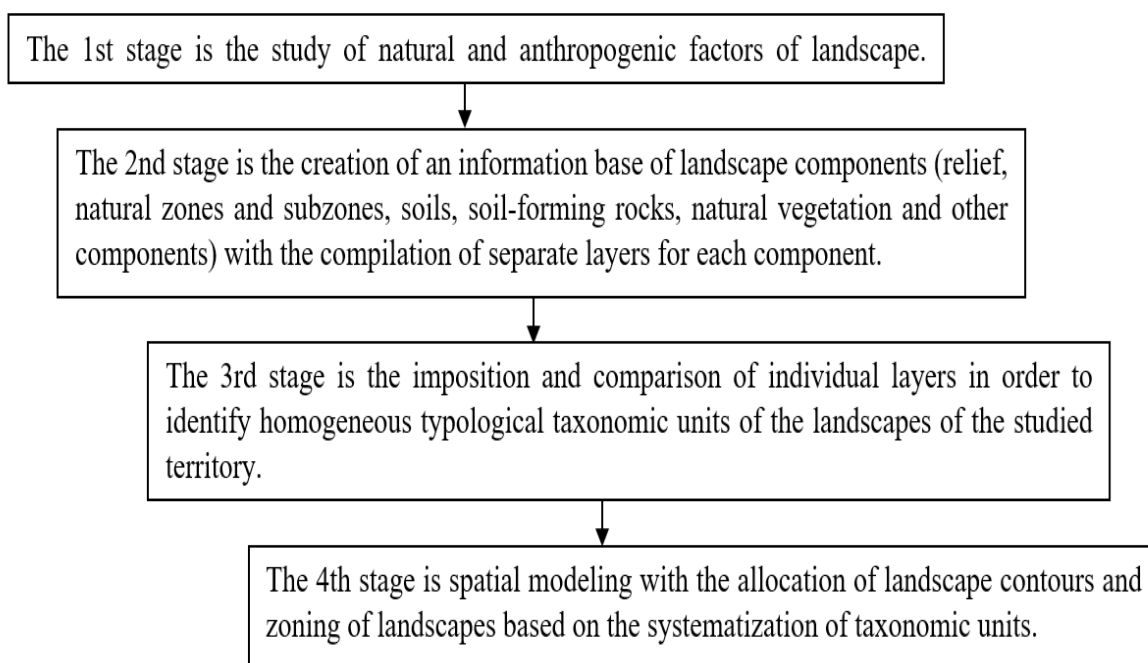


Fig. 2. The algorithm of the method of classification of landscapes

RESULTS AND DISCUSSION

The steppe zone of the Zhaiyk River basin is located in some part on the territory of the West Kazakhstan region. The territory lies deep in the Eurasian continent and is remote from the Atlantic Ocean and its seas with a distance of 2.5 thousand kilometers. The Arctic Ocean is also far away. This location influences the formation of a sharply continental climate with a ratio of heat and humidity, which has developed in the territory determines the features of soil cover, vegetation development and the formation of natural complexes.

The territory is not accompanied by bright, pronounced borders and runs along the Caspian lowland, along the Saratov and Samara regions of the Russian Federation along the Common Syrt, between the Aktobe region of Kazakhstan the administrative borders coincide with the western border of the Emben plateau, and between the Atyrau region of the Republic of Kazakhstan runs along that part of the Caspian lowland where the Ryn Sands (Naryn) were formed. A distinctive feature is the flat nature of its territory (Figure 3).

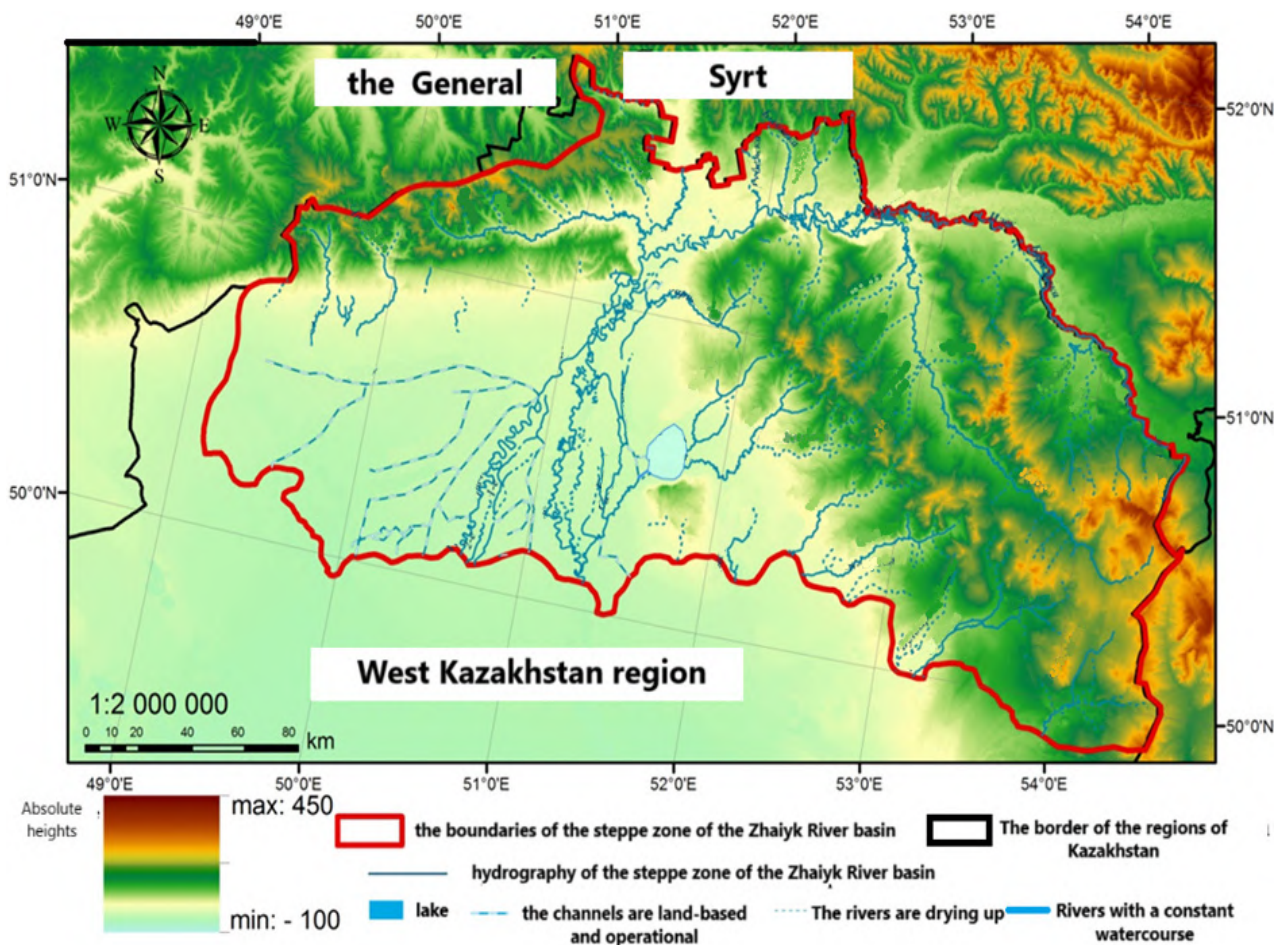


Fig. 3. Physical and geographical map of the steppe zone of the Zhaiyk River basin

The Zhaiyk River basin is located in the West Kazakhstan region, and is located in the deep part of the Eurasian continent. This territory is characterized by plains.

The general scheme of the created landscape map with the structure of the steppe zone of the Zhaiyk River basin included the implementation of certain actions.

The first action was to compile an

electronic geological map of the genesis of sediments in the steppe zone of the Zhaiyk River basin. The map was made using the vectorization method of scanned geological and scanned geomorphological maps. Information on the genesis of sedimentation in the steppe zone of the Zhaiyk River basin was entered into the attribute data of the table (Figure 4).

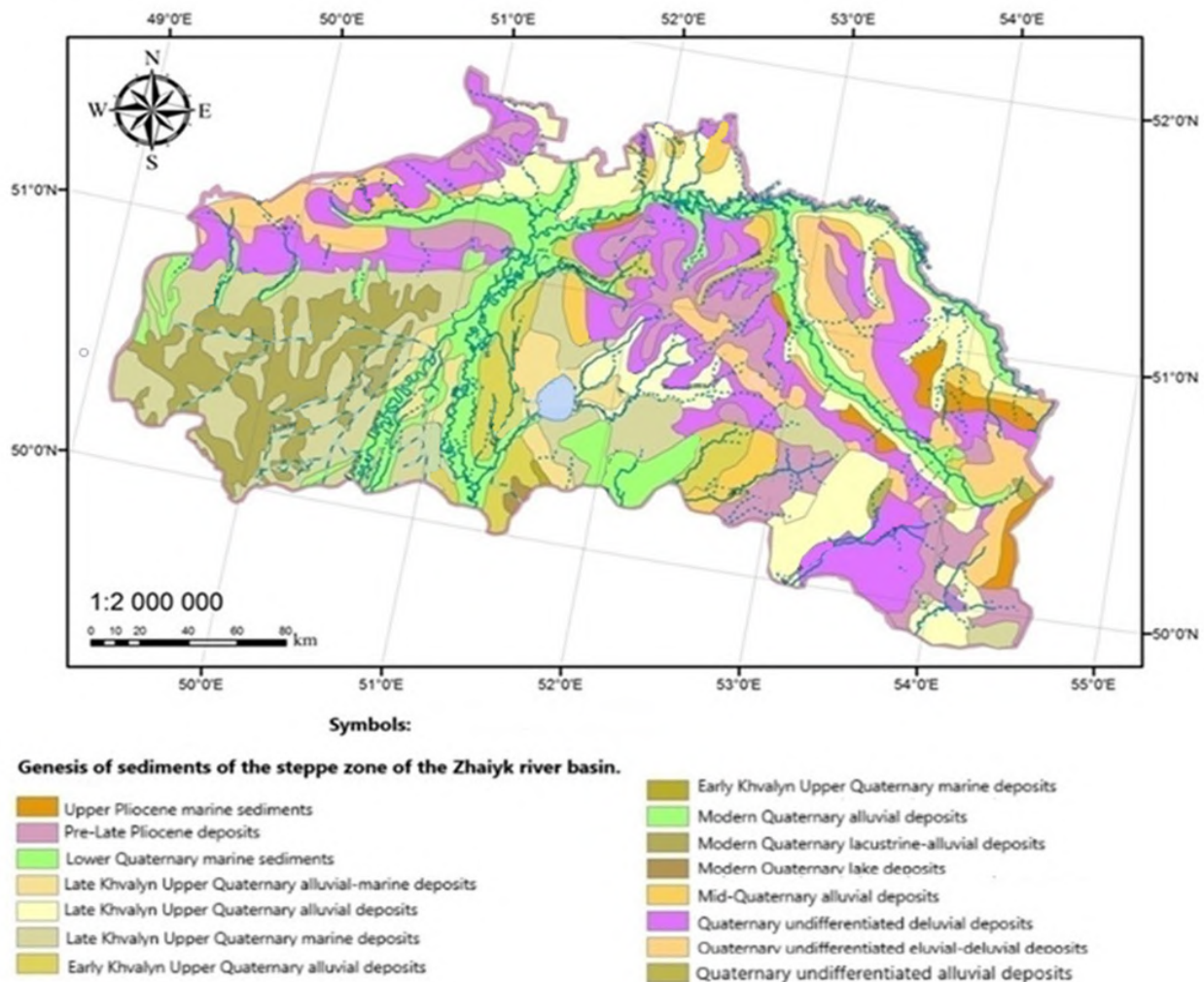


Fig. 4. Map of quaternary sediments of the steppe zone of the Zhaiyk River basin

As a second step, a map of the basin landscape-territorial structure of relief structures was compiled. Using a step-by-step determination algorithm in the ArcGIS software package in the branch of hydrology functions in the automated synthesis of maps of drainage areas of the river

basin, which was described above in the subsection using and processing a digital elevation model, after processing the digital elevation model, we obtained the territory of the Zhaiyk River basin and the relief of the study area (Figure 5).

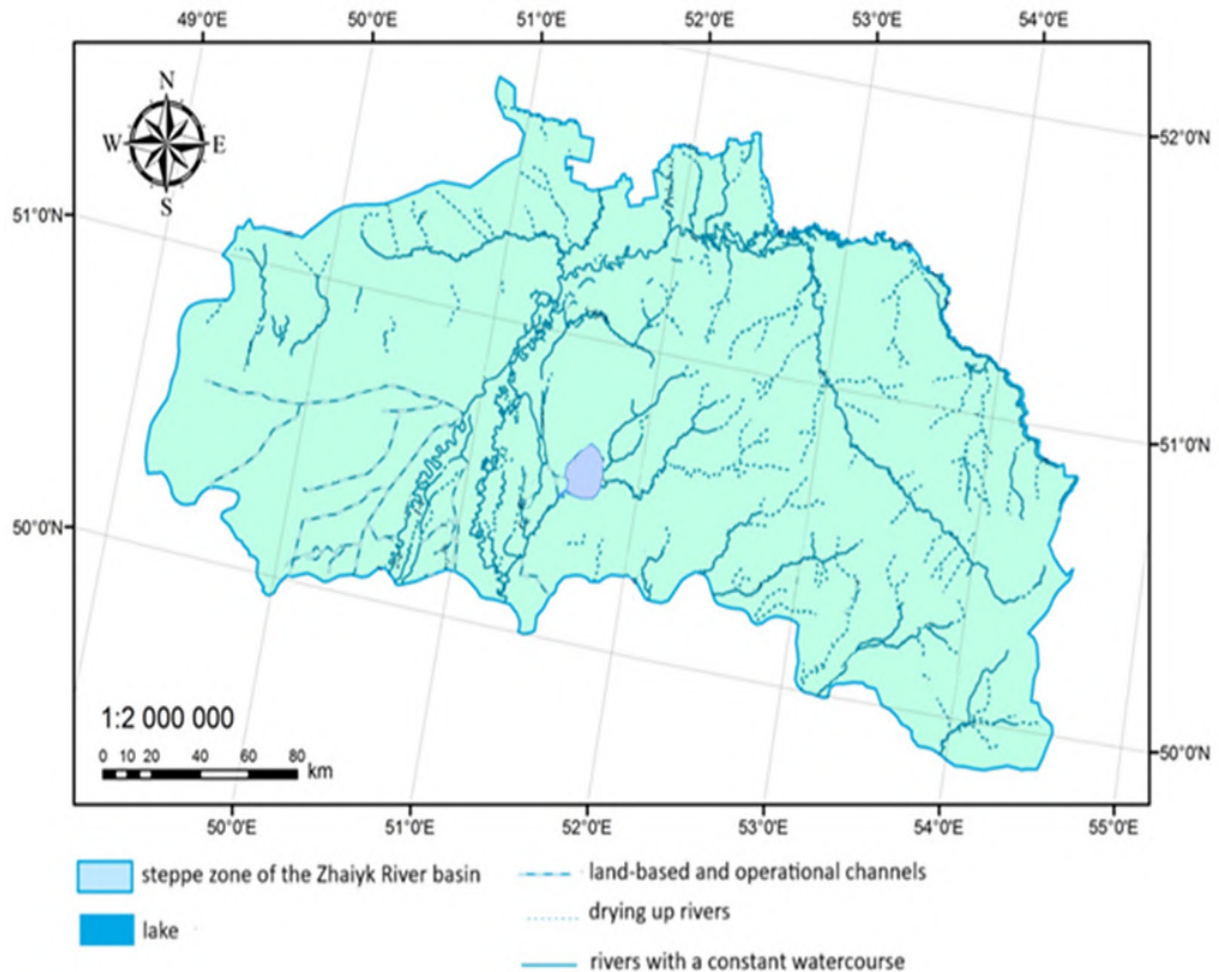


Fig. 5. Map of the hydrographic network of the steppe zone of the Zhaiyk River basin

The third step was to create a soil map of the steppe zone of the Zhaiyk River basin in digital form by vectorizing a scanned soil map within the West Kazakhstan region. Using the ArcCatalog program, a shapefile was created and the name of the shapefile of the «soil» of the steppe zone of the Zhaiyk River basin was set, then the type and coordinate system were set. When creating a digitized map, first, the shapefile was copied into

the ArcGis program and using the Editor function, the soils of the steppe zone of the Zhaiyk River basin were digitized. Information on soil type, numbers from the digitized map, numbers of soil type, steppe zone of the Zhaiyk River basin were entered into the table of attribute data of the digitized soil map of the steppe zone of the Zhaiyk River basin to create a soil map legend (Figure 6).

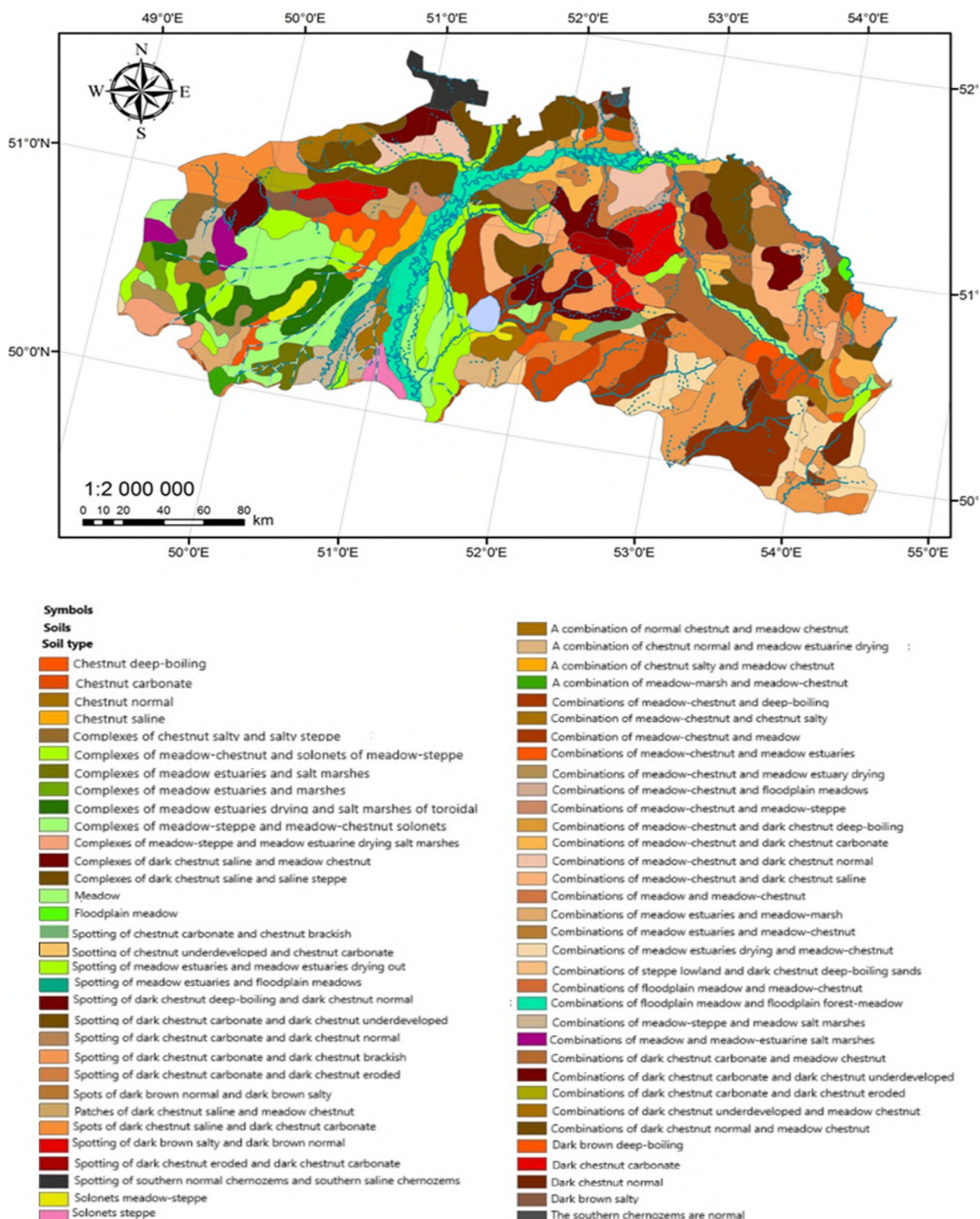


Fig. 6. Soil map of the steppe zone of the Zhaiyk river basin

In the same way, as in the third action, the fourth action was to compile a vegetation map based on an already existing paper map (the paper vegetation map of the West Kazakhstan region was made by scientists from the Department of

Botany of the West Kazakhstan University named after M. Utemisov) in digital form by vectorizing the scanned plant map of the West Kazakhstan region (Figure 7).

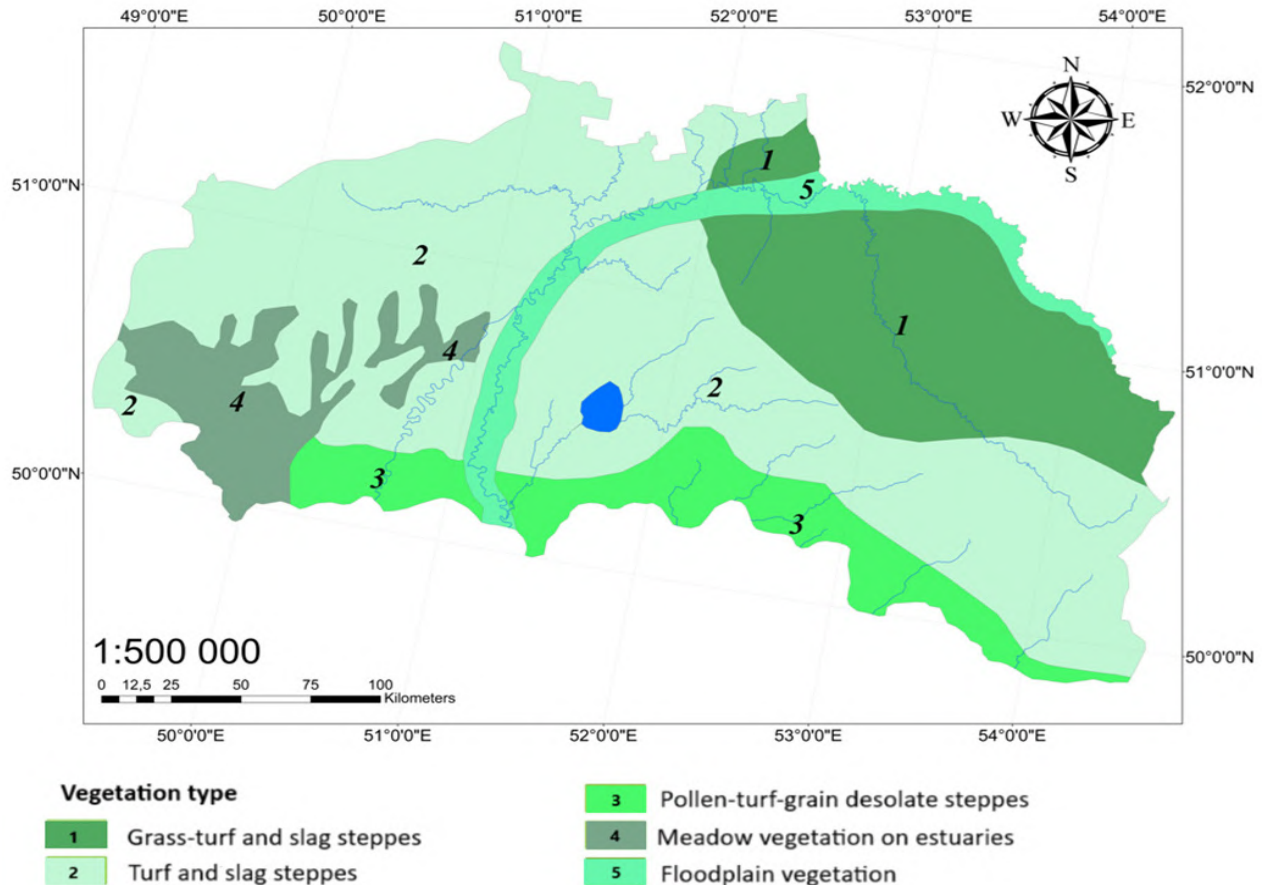


Fig. 7. Plant resources of the steppe zone of the Zhaiyk River basin

Then, using methods of analytical operations of the ArcGis overlay program, the structure of the landscapes of the steppe zone of the Zhaiyk River basin was determined, the already created polygonal classes of spatial objects (Quaternary deposits, relief, soils, vegetation) were subjected to an overlay using the Analysis Tools function of the Overlay branch of the Intersect tool with preservation of attribute data. Next, the “Merge” procedure (from the ArcToolbox Data Management Tools set) was performed for the resulting class to remove boundaries between objects with the same descriptions.

At the final stage of the action, the map was designed, unique numbers of landscape stripes and legends of the landscape map of the steppe zone of the Zhaiyk River basin were created.

When studying the steppe zone of the Zhaiyk River basin, 14 landscapes were identified: 12 plain landscapes and 2 valley landscapes. Plain landscapes were classified as steppe type, of which 5 are denudation plains and 7 are accumulative plains. Below is a map of landscapes with a legend of the steppe zone of the Zhaiyk River basin (Figure 8 and note to Figure 8).

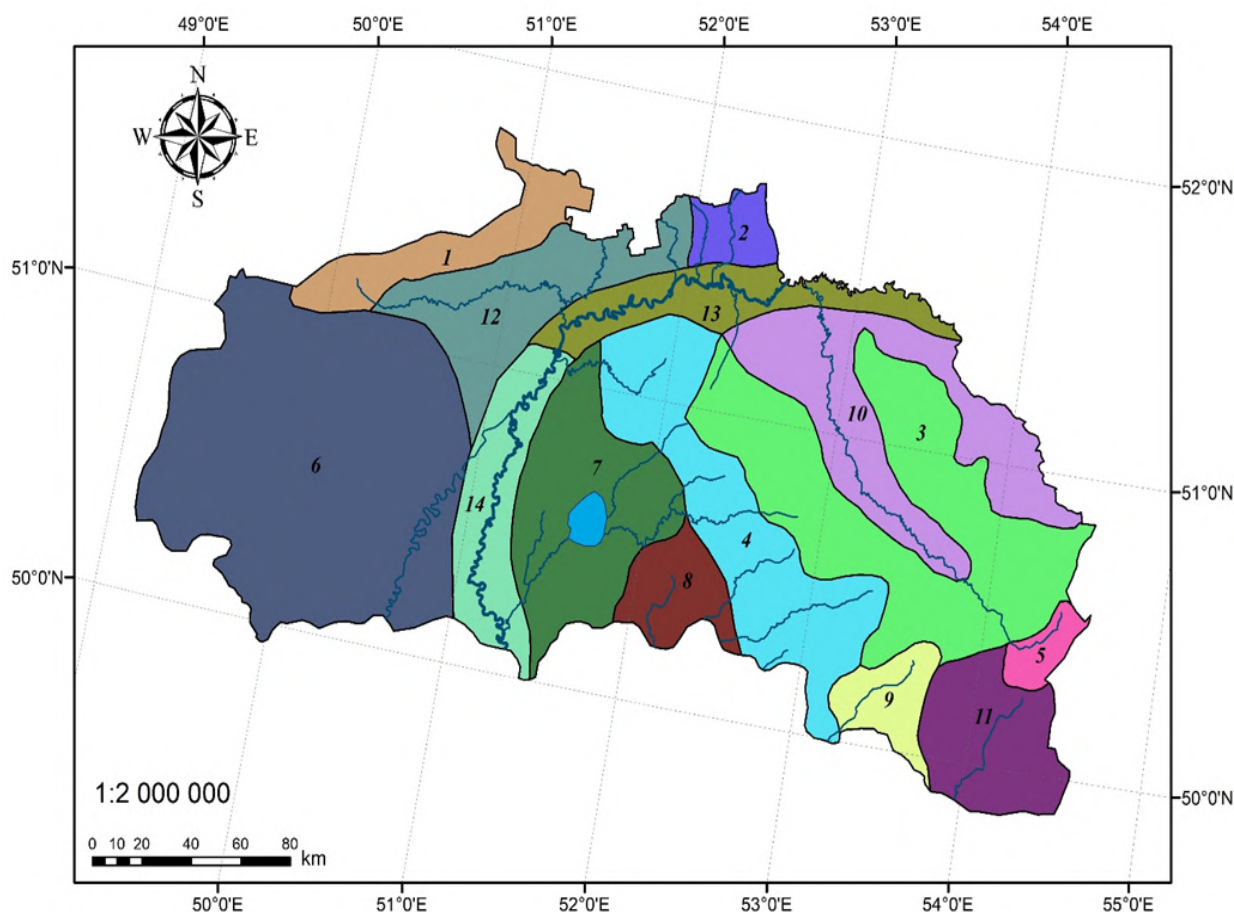


Fig. 8. Landscape map of the steppe zone of the Zhaiyk river basin

Note to Figure 8

Plain landscapes

Steppe

Denudation plains

1. Structural dissected plateau, composed of clays, loess, loam, sandy loam with fescue-feather grass vegetation on southern chernozems, in combination with wormwood-white wormwood vegetation on dark chestnut soil;

2. Stratified-basement gently undulating plain, composed of sands, clays, sandstones, limestones with forb-pinnate feather grass vegetation on southern solonetzic chernozems with solonetztes and meadow-bog soils;

3. Stratified, intensely dissected plain, composed of clays, loess-like loams with fescue-feather grass vegetation on dark chestnut normal soil;

4. Layered ridge plain composed of clays, loess-like loams with fescue-feather grass vegetation on chestnut soils;

5. Stratified, intensely dissected plain, composed of clays, sandstones, limestones with

fescue and forb-erkek vegetation on chestnut normal and incompletely developed soils.

Accumulative plains

6. Marine plain, composed of clays, loams, sands with forb-grass-meadow and fescue vegetation on light chestnut and meadow soils;

7. Marine weakly dissected plain, composed of clays, loams, sandy loams with fescue-feather grass steppes on meadow-chestnut and meadow soil;

8. Sea hilly plain, composed of clays, loams, sands with cereal-dwarf wormwood vegetation on normal light chestnut and meadow-chestnut soils with solonetztes;

9. Alluvial hilly plain composed of sands, loams with forb-erek vegetation on meadow, chestnut meadow soils and sands;

10. Alluvial weakly dissected plain, composed of loams, sandy loams, sands with white wormwood-fescue and wheatgrass vegetation on chestnut meadow soils with solonetztes;

11. Alluvial-proluvial plain, composed of

loams, clays, sands with forb-herb vegetation on meadow-chestnut and light chestnut soils;

12. Deluvial-proluvial dissected plain, composed of gravelly loams, clays with fescue-feather grass vegetation on dark chestnut carbonate-solonchek soil.

Valley landscapes

13. Floodplain composed of loams, sands, gravel and pebbles with forb-grass meadows and small-leaved forests on floodplain-meadow soils;

14. The floodplain is highly dissected, composed of loams, sandy loams, sands with trees, shrubs and wheatgrass and forbs on meadow-alluvial and meadow-bog soils.

The right bank part of the Zhaiyk River basin belongs to the Aralsorko-Uzensky district, and the left bank to the Kushumo-Uralsky district. Only the extreme southeastern part of the small area is included in the Uilsky district, Uilo-Embensky district. In the south, a small territory is occupied by the South Caspian region, which in turn is part of the Guryev province. The southern part belongs to the Ryn-Kharkinsky district, the southwestern part of this district is included within the Kharkinsky district, and the rest belongs to the Ryn-Sands district. The southern part of the left bank of the Zhaiyk River, in a small area, is occupied by the Dossor-Koschagyl district, which is part of the Ural-Embensky district.

The entire territory of the study object belongs to the class of flat landscapes, which in turn are divided into two subclasses: relatively lowered plains and elevated plains, the border between them runs along the 50-meter line.

The steppe zone of the Zhaiyk River basin, according to Isachenko's classification, is represented by a subboreal semiarid (steppe) zonal type of landscape.

The border with the subboreal semiarid (steppe) zonal type of landscape runs in the north along the southern spurs of General Syrt, in the northeast along the Podural plateau of the Ilek River valley, in the south approximately along the line of the villages of Borsy, Bogatyrevo, Taldykuduk, Chapaevo-Dzhambeyta-Egindikul.

Within the West Kazakhstan region, steppe landscapes are represented by two subtypes: the northern part is moderate-dry steppe, the southern part is dry-steppe.

The humidification coefficient is

approximately 0.5. Solar radiation is 110...120 kcal/cm², the sum of daily temperatures is above 10 °C and amounts to 28 °C.

The landscape map of the steppe zone of the Zhaiyk river basin on a scale of 1: 2,000,000 shows the following types of landscape.

Subtype: Moderate-dry steppe.

Class: Flat

Subclass: Raised Plains

1. Type of landscape: A structural dissected plateau composed of clays, loess, loam, sandy loam.

This type of landscape occupies the northern part of the Zhaiyk River basin. The relief is represented by hills, gullies, hollows, ravines and valleys of small rivers. The soil and vegetation cover is represented by typical grass-grass phytocenoses on southern chernozems, in combination with wormwood-white-wormwood associations on the soloncheks srednestolbchaty. The syrtic uplands are composed of certain clays and are occupied by tipchak-kovyl communities on dark-shtan carbonate-saline soils. In the hollows, vegetation and soil cover are mainly represented by wheatgrass on meadow rejuvenated soil, and in ravines and gullies, due to additional moistening of surface waters, shrub-tree plantations grow on meadow and meadow-chernozem soil (Amelchenko et al., 2006; Chibilev, 2008).

2. Type of landscape: A stratum-basement gently undulating plain composed of sands, clays, sandstones, limestones.

It occupies the northeastern part of the right bank of the Zhaiyk River. The uvalisto-wavy, uvalisto-flat terrain has a noticeable slope to the south, towards the valley of the Zhaiyk River. The soil-forming rocks are represented by loams, sands and sandy loams, as well as sandy deposits. The soil and vegetation cover consist of mixed grass-pinnacular communities on the southern saline chernozems with saline and meadow-marsh soils.

Subtype: Dry Steppe

Class: Flat

Subclass: Landscapes of elevated plains

3. Type of landscape: A stratified intensively dissected plain composed of clays, loess-like loams.

The entire territory of the landscape occupies the Poduralsky plateau within the Utva-

watershed. The relief is represented by a steep-undulating plain with absolute heights of 110...260 meters, dissected by a system of fairly wide river valleys. Flat areas are characterized by microrelief depressions and elevations. Salt dome tectonics and erosion processes are well developed. Erosion processes complicated their slopes with ravines, gullies and river valleys, which dissected the resulting elevated stratified plain.

4. View of the landscape: A flat, rocky plain, composed of clays, loess-like loams.

The territory of the landscape is located within the Precourt ledge. The terrain is flat, poorly dissected. The valleys of small rivers are oriented almost strictly from north to south, the territory is divided into a number of watershed sections. It has a slight general slope to the southwest. The soil-forming rocks are heavy loamy deposits.

5. Landscape type: An intensely dissected stratified plain composed of clays, sandstones, and limestones.

The landscape is located in the far east, occupies a small area of the Podursky plateau. The relief is characterized by wavy and flat elevations of the salt dome type. The surface is dissected by the valleys of the sources of the Utva River. Soil-forming rocks: heavy loams, sandy alluvial deposits, as well as Cretaceous deposits. The soil and vegetation cover is dominated by typical and mixed-grass - coastal vegetation on chestnut normal and partially developed soils.

Class: Plain

Subclass: Relative to the lowered plains

6. Type of landscape: A sea plain composed of clays, loams, and sands.

It occupies the territory between the valley of the Zhaiyk River, the Chizhinsky-Durinsky and Balyktinsky floods, and in the north, it borders the southern slopes of the southern spur of the Common Syrt. The terrain of the territory is a relatively elevated accumulative marine loamy watershed plain, elevated by local tectonic movements. It has a slope to the south. Depressions of various shapes and origins are quite common here, such as padinas, estuaries, hollows, meso-micro-depressions, as well as micro-elevations in the form of gophers. The soil-forming rocks in the northern part are represented by medium-saline heavy loams of marine and ancient alluvial origin. In the south, they consist of medium-loamy layered sediments.

Subtype: Dry Steppe

Class: Flat

Subclass: Relative to the lowered plains

7. Type of landscape: A marine poorly divided plain composed of clays, loams, sandy loams.

The surface of the landscape has a flat appearance with slight slopes to the southwest. There is a large lake basin Shalkar on the territory, on the outskirts of which the salt dome concepts of Santos and Sasai rise. This territory receives an additional amount of surface and ground moisture coming here from the Podural plateau and the Pre-Salt ledge.

Class: Plain

Subclass: Relative to the lowered plains

8. Type of landscape: A marine hilly plain composed of clays, loams, and sands.

The landscape is located in the south in the Barguzin depression. In the northeast, it is bordered by the hills of the Pre-Syrtov ledge, and in the north by the Shalkar uplift. In the western part of the Zhaiyk River basin, the landscape approaches the lower reaches of the Olenty, Buldyrty and Kaldygaity rivers. In the southern part of the district there are many depressions and depressions on a flat plain. The northeastern part of the landscape has a slope to the southwest, this is reflected in the direction of the rivers that flow into the Caspian lowland from the Podursky plateau.

9. Type of landscape: Alluvial hilly plain, composed of sands, loams.

The territory of the landscape is met by islands, located in a narrow strip of the meridional direction. The landscape occupies sandy massifs in the southern part of the Pre-Syrtic ledge, as well as small sandy massifs of the lower reaches of the Kaldygaity River. There is a well-defined orientation from northeast to southwest in the relief. Here, various depressions alternate with elongated increases. Sandy massifs are represented by bumpy sands. The soil-forming rocks are represented by sandy loams and sands of alluvial origin. The groundwater lies at a depth of 2...5 meters.

Subtype: Dry Steppe

Class: Plain

Subclass: Relative to the lowered plains

10. Type of landscape: An alluvial poorly divided plain composed of loams, sandy loams, and sands.

The landscape is represented by narrow strips of valleys of the Utva and Ilek rivers. The relief is dominated by valley plains with low altitudes. The northern part is more elevated. In the Utva River valley, chalk deposits often come to the surface, and alluvial sediment cover is widely developed in river valleys. There are ravines and gullies that are occupied by various grass and shrub vegetation on meadow and chestnut-meadow soils.

11. Type of landscape: Alluvial-proluvial plain, composed of loams, clays, sands.

The territory is located in the south-east of the region and occupies the south-western slope of the Predsyrtovy ledge. The relief is dominated by river-like depressions with elongated elevations, as well as dunes and deep sandy basins, gullies. The soil-forming rocks are represented by sandy loams and sands of alluvial origin. Groundwater lies at a depth of 2...5 meters. The soil and vegetation cover is dominated by a mixed grass-erk vegetation on meadow chestnut and light chestnut soils.

12. Type of landscape: Devual-proluvial dissected plain, composed of gravelly loams, clays.

The landscape occupies the southern slope of the southern spur of the Common Syrt. The relief is flat and undulating, has a noticeable slope to the south and is rather densely dissected by hollows having a meridian direction. The territory of the landscape is crossed in the latitudinal direction by the valley of the Derkul River. The average absolute height is 50...70 meters. Soil-forming rocks are most often represented by clays and heavy loams. The soil and vegetation cover is mainly represented by typical grass-grass vegetation on dark chestnut saline and meadow-chestnut soils. The southern part of the landscape is plowed, and has dark chestnut, normal, combined with dark brown carbonate-brackish soil.

13. Type of landscape: Floodplains composed of loam, sand, gravel and pebbles.

This landscape of the floodplain of the Zhaiyk River occupies a segment from the mouth of the Ilek River to the Chalk Mountains located south of the city of Uralsk. Here the river valley coincides with the Caspian trough. The floodplain is from 12 to 20 kilometers wide and has a lake-like character. The height of the floodplain above the boundary is on average 6...7 meters, it is

characterized by a flat-maned relief, against which a network of flowing lowlands, lakes and old trees develops. Soil-forming rocks: easily loamy, loamy and clayey alluvial deposits.

14. Type of landscape: The floodplain is strongly dissected, composed of loams, sandy loams, and sands.

This section of the river valley runs from the Chalk Mountains to the village of Antonovo. Here, the river valley is characterized by a wide floodplain (from 2...3 to 8...10 kilometers), bordered by narrow (1...3 kilometers) flat above-floodplain terraces that rise 8...11 meters above the inter-level. Sometimes the higher second and third terraces come close to the river.

Here, deep hollows alternate with high crescent-shaped manes, and a coarse-grained sandy relief is also widely developing. The soil-forming rocks are composed of young Lower Khvalyn sedimentary deposits of the Kushum paleodelt, rich in lime carbonate, chloride and sulfuric acid salts. In this regard, the salinity of floodplain soils is increasing here.

In conclusion, it can be said that the following key types of soils are found in the steppe zone of the Zhaiyk River basin:

Chernozem soils occupy about 30...35 % of the territory, mainly on the plains and in the lowlands, where water accumulates, providing high fertility. These soils support various types of vegetation, including meadow and steppe grasses.

Chestnut soils are common in 25...30 % of the territory, typical for slopes and slightly elevated areas. They have a good structure and provide good drainage.

Sod-podzolic soils occupy about 15...20 % of the territory, they are found in wetter areas close to reservoirs.

Brackish soils – about 10...15 % of the territory, are common in places with high salinity, especially in low-lying areas and in areas with difficult drainage.

Quantitative characteristics of the landscapes of the steppe zone of the Zhaiyk River basin indicate a significant variety of natural conditions that affect the distribution of soil types, vegetation and water resources. These data play a key role in environmental monitoring and planning for the sustainable use of land resources, agriculture and nature conservation in the region.

CONCLUSION

An important new understanding of the complex interaction between natural and anthropogenic forces came from studying the landscape features affecting the steppe zone of the Zhaiyk River basin in Western Kazakhstan. We have carefully studied and demonstrated several factors influencing the unique landscape architecture of this area using Geographic Information System (GIS) technologies.

The results show that although human activity is gradually changing the terrain, geological and climatic elements are needed to determine it. Comprehensive cartographic data combined with digital terrain models made it possible to fully understand the interaction and changes of various elements over time.

The discovery of fourteen separate landscapes of the steppe zone highlights the biological richness of this area.

Since geomorphologically the territory is part of the Caspian basin, with the features of the elevated plain and tectonic uplifts and depressions, which is expressed in the relief (for example, the Janybek-Urda uplift, the Ashiozek depression) and the territory is located deep in a temperate climatic zone with a continental climate, pronounced seasons and its characteristic warmth, low-snow winters and lack of precipitation. Thus, the landscape analysis used in this study allows us to give a modern description of the landscapes of the steppe zone of the Zhaiyk river basin and show the landscape features of the object of study.

It is necessary to implement sustainable management strategies that prioritize environmental integrity along with human development. This work highlights the need for continuous monitoring of terrain changes caused by human activity and serves as a fundamental tool for subsequent research.

An improved understanding of the landscape dynamics of the Zhaiyk River basin will help more successful conservation projects and promote harmonious coexistence between human activities and natural ecosystems.

This study highlights the need for landscape analysis to solve environmental problems and clarify complex relationships within ecosystems. Our ongoing research of the Zhaiyk River basin highpoints the need to preserve its unique landscape to ensure a sustainable future for

its people and natural resources.

REFERENCES

1. Amelchenko, V., Galimov, M., Ramazanov, S., Tereshchenko, T., Kabdulova, G., & Cherevatova, T. (2006). *Geographiya Zapadno-Kazhastanskoi oblasti* [Geography of the West Kazakhstan region]. Uralsk, Kazakhstan (Electronic textbook) [in Russian].
2. Chibilev, A. (2008). *Bassein Urala: istoriya, geographiya, ekologiya* [The Urals basin: history, geography, ecology]. Yekaterinburg SV-96 [in Russian].
3. Darbayeva, T., Ramazanova, N., Chashina, B., Berdenov, Zh., Mendybayev, E., Wendt, J.A. & Atasoy, E. (2020). Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using Rusle and GIS tools. *J. Environ. Biol.*, 41, 396-404. [http://doi.org/10.22438/jeb/41/2\(SI\)/JEB-18](http://doi.org/10.22438/jeb/41/2(SI)/JEB-18)
4. Petrenko, A., Dzhubayev, A., Fartushina, M., Chernyshev, D., & Tubetov, Zh. (2001). *Zelenaya kniga Zapadno-Kazhastanskoi oblasti* [Green Book of the West Kazakhstan region]. Uralsk: Publishing house RIO ZKGU, Kazakhstan [in Russian].
5. Ramazanov, S. (2009). *Formirovanie ekologicheskogo karkasa Zapadno-Kazhastanskoi oblasti* [Formation of the ecological framework of the West Kazakhstan region]. *Problems of regional ecology*, 2, 152-158 [in Russian].
6. Ramazanov, S. (1998). *Pripoda, naseleniye i hozyaistvo Zapadno-Kazhastanskoi oblasti* [Nature, population and economy of the West Kazakhstan region]. Uralsk, Kazakhstan [in Russian].
7. Ramazanov, S. (2003). *Uzly ekologicheskogo karkasa Zapadno-Kazhastanskoi oblasti i ih rol' v sohranении biologicheskogo i landshaftnogo raznoobraziya* [The nodes of the ecological frame of the West Kazakhstan region and their role in the preservation of biological and landscape diversity]. *Ecological problems of protected territories in Russia. Togliatti* [in Russian].
8. Ramazanova, N., Berdenov, Z.H., Ramazanov, S., Kazangapova, N., Romanova, S., Toksanbaeva, S., & Wendt, J. ((2019). *Landscape-geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk*. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 4, 33-41.
9. Yegorova, E., & Motrich, O. (2010). *Metodika otsenki prirodnogo turistsko rekreatsionnogo potentsiala regiona* [Methodology for assessing the natural tourist and recreational potential of the region]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*. (Regional economy: theory and practice), 43 (178) [in Russian].
10. Vilesov, E., Naumenko, A., Veselova, L., Aubekero, B. (2009). *Phizicheskaya geographiya Kazakhstana* [Physical geography of Kazakhstan]. Almaty: Kazakh University, Kazakhstan [in Russian].
11. Akiyanova, F.Zh. and N.I. Vasilchenko: Soil erosion and deflation processes in the Akmola region in the conditions of agglomeration development of the region In: *Ecosystems of Central Asia in modern conditions of social and economic development*. UlanUde, pp. 372–376 (2015).
12. Salesa, D., & Cerdà, A. (2020). Soil erosion on mountain trails as a consequence of recreational activities. A comprehensive review of the scientific literature. *Journal of Environmental Management*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110990>
13. Darbayeva, T., Ramazanova, N., Chashina, B., Berdenov, Z.G., Mendybayev, E., Wendt, J., & Atasoy, E. (2020). Modeling soil erosion in the Chagan River basin of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools. *Journal of Environmental Biology*, 41, 396-404. [https://doi.org/10.22438/jeb/41/2\(SI\)/JEB-18](https://doi.org/10.22438/jeb/41/2(SI)/JEB-18)

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ДАЛАЛЫҚ БЕЛДЕУІН ҚАЛЫПТАСТЫРАТЫН ЛАНДШАФТТЫҚ ФАКТОРЛАР

С.Т. Токсанбаева* PhD, Н.Е. Рамазанова PhD, М.Н. Мусабаева г.г.д.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

Бұл мақалада Жайық өзенінің алабында ландшафттық және топырақтық кешендердің қалыптасуына әртүрлі табиғи факторлардың әсері қарастырылады. Зерттеу барысында талданған негізгі компоненттер — топырақ түрлері, рельеф және табиғи ландшафттар. Талдау нәтижелері аймақтағы топырақтардың каштанды, қара топырақты, дерново-подзолисті және сорлы топырақтардан тұратынын көрсетеді, олар өсімдіктердің түрлері мен ауылшаруашылық әлеуетін анықтайды. Топырақ кешендері рельеф, су режимі және климаттық жағдайлардың әсерінен айтарлықтай қалыптасады. Спутниктік суреттер мен сандық рельеф модельдерін пайдаланып алынған картографиялық деректер негізінде топырақтардың таралуы мен олардың өсімдіктер типтері, су айдындары және басқа табиғи ерекшеліктермен байланысы бағаланды. Зерттеу нәтижелері топырақ түрлерінің таралуындағы маңызды заңдылықтарды анықтап, олардың аймақтың экожүйелеріндегі рөлін бағалайды, бұл Жайық өзенінің алабындағы жер ресурстарын басқару, ауылшаруашылық қызметі және қоршаған ортаны қорғау үшін практикалық ақпарат береді. Рельеф, өз кезегінде, су алмасуына және эрозия процестеріне әсер етеді, бұл топырақтардың түрлері мен олардың таралуына айтарлықтай ықпал етеді. Топырақтар, рельеф пен өсімдіктер арасындағы байланыстарды анықтауға ерекше назар аударылған, сондай-ақ осы факторлардың тұрақты экожүйелердің қалыптасуындағы рөлі қарастырылған. Алынған нәтижелер топографиялық және топырақтық ерекшеліктердің күрделі өзара әрекеттесуінің ландшафттық аймақтардың таралуына әсер ететінін және бұл ауылшаруашылық қызметін жоспарлау мен табиғатты қорғауда маңызды рөл атқаратынын растады.

Түйін сөздер: дала зонасы, ландшафт, ландшафт картасы, Батыс Қазақстан облысы, антропогендік факторлар, табиғи факторлар, дала ландшафттары.

ЛАНДШАФТНЫЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СТЕПНУЮ ЗОНУ БАССЕЙНА РЕКИ ЖАЙЫК ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Т. Токсанбаева* PhD, Н.Е. Рамазанова PhD, М.Н. Мусабаева д.г.н.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

В данной статье рассматривается влияние различных природных факторов на формирование ландшафтных и почвенных комплексов в бассейне реки Жайык. Ключевыми компонентами, рассмотренными в исследовании, являются типы почв, рельеф и природные ландшафты. Анализ показывает, что почвы региона варьируются от каштановых и черноземных до дерново-подзолистых и солонцовых, которые определяют характеристики растительности и сельскохозяйственный потенциал. Почвенные комплексы в значительной степени формируются под влиянием рельефа, водного режима и климатических условий. На основе картографических данных, полученных с помощью спутниковых снимков и цифровых моделей рельефа, был проведен анализ для оценки распределения почв и их взаимосвязи с типами растительности, водоемами и другими природными особенностями. Результаты исследования выявляют важные закономерности в распределении типов почв и оценивают их роль в экосистемах региона, предоставляя практическую

информацию для управления земельными ресурсами, ведения сельского хозяйства и охраны окружающей среды в бассейне реки Жайык. Рельеф, в свою очередь, влияет на водообмен и процессы эрозии, которые существенно влияют на типы почв и их распределение. Особое внимание уделяется выявлению взаимосвязей между почвами, рельефом и растительностью, а также роли этих факторов в формировании устойчивых экосистем. Полученные результаты подтверждают, что сложное взаимодействие топографических и почвенных особенностей влияет на распределение ландшафтных зон, что имеет решающее значение для планирования сельскохозяйственной деятельности и охраны природы.

Ключевые слова: степная зона, ландшафт, ландшафтная карта, Западно-Казахстанская область, антропогенные факторы, природные факторы, степные ландшафты.

Information about authors/Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер:

Toxanbayeva Sabina – PhD, Senior lecturer of the Department physical and economic geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazhymukan str., 13, sabina.toksanbaeva@mail.ru

Ramazanova Nurgul – PhD, Acting Professor of the Department physical and economic geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazhymukan str., 13, nurgulram@gmail.com

Musabayeva Meruert – Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department physical and economic geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazhymukan str., 13, musabaeva_mn@enu.kz

Токсанбаева Сабина Турсыновна – PhD, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, ул. Кажымукана, 13, sabina.toksanbaeva@mail.ru

Рамазанова Нургуль Есеновна – PhD, и.о. профессора кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, ул. Кажымукана, 13, nurgulram@gmail.com

Мусабаева Меруерт Насурлаевна – Доктор географических наук, доцент кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, ул. Кажымукана, 13, musabaeva_mn@enu.kz

Токсанбаева Сабина Турсыновна – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының аға оқытушы, Астана қаласы, Қажымұқан көшесі, 13, sabina.toksanbaeva@mail.ru

Рамазанова Нургуль Есеновна – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының профессор м.а., Астана қаласы, Қажымұқан көшесі, 13, nurgulram@gmail.com

Мусабаева Меруерт Насурлаевна - География ғылымдарының докторы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының доценты, Астана қаласы, Қажымұқан көшесі, 13, musabaeva_mn@enu.kz

Authors contribution/Вклад авторов/Авторлардың қосқан үлесі:

Toxanbayeva S. – creating software, conducting statistical analysis, conducting a research, resources, preparing and editing the text, visualization

Ramazanova N. – concept development

Musabayeva M. – methodology development

Токсанбаева С.Т. – создание программного обеспечения, проведение статистического анализа, проведение исследования, ресурсы, подготовка и редактирование текста, визуализация

Рамазанова Н.Е. – разработка концепции

Мусабаева М.Н. – разработка методологии

Токсанбаева С.Т. – бағдарламалық жасақтама жасау, статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, ресурстар, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Рамазанова Н.Е. – тұжырымдаманы әзірлеу

Мусабаева М.Н. – әдістемені әзірлеу

**БАЛАНС И КИНЕМАТИКА МАССЫ ЛЕДНИКА ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТУЙЫКСУ,
СЕВЕРНЫЙ СКЛОН ИЛЕ АЛАТАУ**

В.П. Капица, Н.Е. Касаткин, И.В. Северский д.г.н., профессор, З.С. Усманова*, А.Б. Егоров д.ест.н.

ТОО «Центрально-Азиатский Региональный Гляциологический Центр категории 2 под эгидой ЮНЕСКО», Алматы, Казахстан

E-mail: zamira_usmanova@mail.ru

На основе прямых наблюдений на леднике Центральный Туйыксу, за период 2006...2023 гг. приведены расчеты компонентов внешнего и внутреннего массообмена и дано сравнение полученных значений за периоды 1958...1972 и 1977...1992. Для определения кинематических составляющих баланса массы использовались забуренные в лед рейки с геодезической привязкой на местности. За рассматриваемый период ледник отступил на 420 метров, баланс массы в среднем составил -0,54 м в.э. за весь период наблюдений, с 1958 г ледник отступил на 1190 м при среднем значении баланса массы за 1956...2023 гг. -0,42 м в.э. Годовой баланс массы в кинематической области питания (КОП) за период 2006...2023 составил +0,13 м, за этот же период вынос льда из этой области в кинематическую область абляции составил -1,24 м., при этом площадь КОП увеличилась на 17 %, а кинематическая область абляции (КОА) сократилась на 46,3 %. Приток льда из КОП компенсировал потери в КОА в период 1977/78...1991/92 гг. только на половину (49,5 %), а в период с 2006/07 по 2022/23 уже на 75,9 %. Максимальные скорости движения льда на леднике Центральный Туйыксу 22...24 м/год наблюдались в период 1956...65 гг., уменьшились до 16 м/г в период 1977...1992 гг., а в период 2006...2023 гг. составляли 12,8 м/г.

Ключевые слова: Северный Тянь-Шань, ледник Центральный Туйыксу, кинематика ледника, скорость движения льда, баланс массы ледника.

Поступила: 19.09.2024 г.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-91-110

ВВЕДЕНИЕ

Криосфера (включая снег, ледники, вечную мерзлоту, озерный и речной лед) является неотъемлемым элементом высокогорных регионов, в которых проживает около 10 % мирового населения. Широкомасштабные изменения криосферы затрагивают физические, биологические и социальные (человеческие) системы в горах и окружающих низменностях, причем последствия этих изменений очевидны даже в мировом океане.

Наблюдения показывают общее сокращение снежного покрова, ледников и вечной мерзлоты из-за изменения климата в последние десятилетия. Усредненные по региону балансы массы, вероятно, были наиболее отрицательными (менее -850 кг/м²/год) в южных Андах, на Кавказе и в европейских Альпах/Пиренеях и наименее отрицательными в высокогорной Азии

(-150 ± 110 кг/м²/год), но величины внутри регионов сильно варьируются. Уменьшение ледников, снега и вечной мерзлоты изменило частоту, масштабы и географию большинства связанных с ними стихийных бедствий (прорывы ледниковых озер, сели, лавины, оползни, т.д.). Изменения снега и ледников изменили объем и сезонность стока в речных бассейнах со снежно ледниковым питанием, что оказало региональное воздействие на водные ресурсы и сельское хозяйство (IPCC, 2019).

Оценка эволюции современного горного оледенения основывается на данных о колебаниях концов ледников, изменениях их площади и объема, изменении высоты поверхности (толщины льда), балансе массы ледников и о движении льда (Котляков В.М., 2006; Макаревич К.Г., 2004). Изменения баланса массы являются следствием влияния климатических факторов. В связи

с причинами климатического характера находится и внутренний массообмен ледников, выраженный изменениями кинематических параметров движущейся массы льда (Макаревич К.Г., 2004).

Изменения массы и объема ледников оцениваются с помощью геодезического метода баланса массы, применяемого как в региональном масштабе, так на отдельных ледниках, и измерений баланса массы отдельных ледников гляциологическим методом (Zemp et al., 2019; Kapitsa et al., 2020). Оценки геодезического баланса массы в Центральной Азии в основном сосредоточены на сравнении разновременных цифровых моделей рельефа (Kapitsa et al., 2020; Brun et al., 2017; Barandun et al., 2018). Однако, несмотря на преимущество этого метода, заключающееся в широком региональном охвате и относительно длительных временных интервалах, погрешности оценки баланса массы ледников этим методом высоки: во многих регионах Тянь-Шаня они сопоставимы с расчетными значениями баланса массы (Kapitsa et al., 2020; Hoelzle et al. 2020).

В 1950-х годах под эгидой Комитета Международного гидрологического десятилетия СССР была запущена система криосферного мониторинга в Центральной Азии. Мониторинг включал обширные измерения баланса массы на нескольких ледниках (например - Центральный Туйыксу, ледники Голубина, Карабаткак, Абрамова в Советском Союзе и ледник Урумчи № 1 в Китае). Однако на большинстве ледников прямые измерения были прерваны в 1990-х годах, что привело к более чем 20-летнему пробелу в данных. Пробелы в длиннорядных данных баланса массы нескольких ледников были заполнены с помощью комбинации моделирования баланса массы и анализа спутниковых данных. Регулярные измерения баланса массы продолжались только на ледниках Центральном Туйыксу и Урумчи № 1. На нескольких ледниках в Узбекистане и Кыргызстане программы мониторинга баланса массы были возобновлены в 2010-х годах в рамках интенсивных проектов международного и национального сотрудничества. В настоящее время баланс массы исследуется более чем на десяти

ледниках с помощью длительных серий измерений. (Hoelzle et al., 2020; Kapitsa et al., 2020; M. Barandun et al., 2020).

Ледник Центральный Туюксу (Туйыксу, Туюксу), открытый в С.Е. Дмитриевым в 1902 г., более ста лет находится под пристальным вниманием исследователей. До 1956 г. на нем велись периодические наблюдения, а с 1957 и до настоящего времени проводятся непрерывные гляциогидроклиматические исследования (Макаревич К.Г., 2008; Северский И.В. и др., 2008). Благодаря выполнению широкого комплекса исследований ледник Туйыксу входит в десятку самых изученных ледников мира (Макаревич К.Г., 2008).

Развитие гляциологических программ было сосредоточено на гидрологических программах и программах баланса массы, в то время как наблюдения за скоростями потока льда стало уделяться меньше внимания. Цель данного исследования на основе многолетних наблюдений оценить скорость движения ледника в течении года, показатели внутреннего массообмена, взаимосвязь областей аккумуляции и абляции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ледник Центральный Туйыксу, расположен в бассейне реки Киши Алматы (рисунок 1) $43^{\circ} 02' 44''$ с.ш. $77^{\circ} 04' 46''$ в.д., является одним из наиболее изученных ледников Казахстана и ЦА и занимает одно из ведущих мест среди ледников мира, по которым ведутся долговременные исследования баланса массы. Ледник долинного типа имел в 1956 г. площадь $3,27 \text{ км}^2$, а в 2023 г. – $2,19 \text{ км}^2$. Средняя высота ледника равняется 3830 м , на которой в среднем за шестьдесят семь лет проходит граница питания (или снеговая линия) и область аккумуляции при указанной высоте составляет 40% по отношению к площади всего ледника (Вилесов Е.Н. и Уваров В.Н., 2001; Макаревич К.Г. и Касаткин Н.Е., 2008). Ледник Центральный Туйыксу обладает близкими к средним для хребта морфометрическими, гипсометрическими, экспозиционными и др. показателями и является достаточно типичным для ледниковой системы северного склона хребта.

В настоящее время ледник Центральный Туйыксу демонстрирует отрицательную тенденцию динамики, что характерно для всего хребта, хотя ее количественные показатели различны и отличаются друг от друга,

что обусловлено названными особенностями расположения ледников (Вилесов Е.Н. и Уваров В.Н., 2001; Вилесов Е.Н., 2016; Severskiy, et al., 2016; Kapitsa et al., 2020).

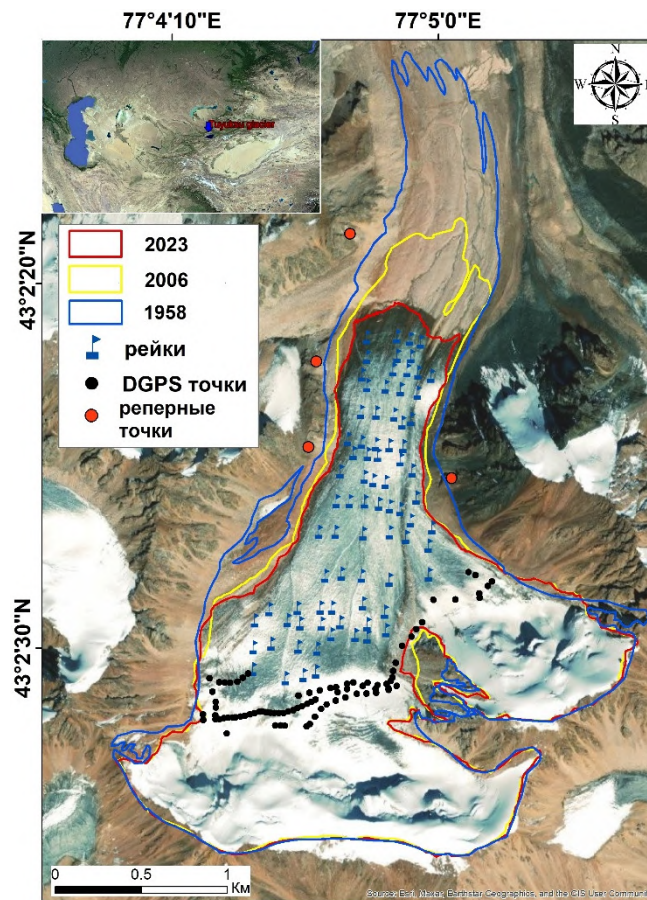


Рис. 1. Район исследования

Скорости ледникового потока можно получить на основе прямых измерений и данных дистанционного зондирования. Они являются важным параметром, предоставляющим информацию о динамической реакции ледника, которая обусловлена эволюцией его баланса массы (M. Stocker-Waldhuber et al., 2019; Roger LeB. Hooke, 2019).

Для полного описания поля течения льда нужны горизонтальная и вертикальная составляющие скорости в каждой точке. Также общее движение можно разделить на две составляющие - внутреннюю деформацию и базальное скольжение. Еще один важный аспект скорости движения ледников – вследствие накопления в верхней части ледника, точка (рассматривается траектория движения элементарной частички льда), которая находится на поверхности ледника в данный момент времени, в более позднее время оказывается на некоторой глубине под поверхностью

ледника. Скорость, с которой точка движется вниз от поверхности, называется скоростью «погружения» («submergence velocity»). Скорость движения точки вверх к поверхности ледника в зоне абляции называется скоростью «всплытия» («emergence velocity») (Roger LeB. Hooke, 2019; Cuffey, KM., and Paterson, WSB., 2010). Описываемая характеристика отражает влияние движения льда на геометрию поверхности ледника и является одной из важнейших при изучении его изменений. Н.Н. Пальгов, П.А. Черкасов повышение поверхности ледника или увеличение объема льда в области языка, вызванное движением назвали «привносом»; К.Г. Макаревич – «выносом» массы льда из области питания в область абляции (Пальгов Н.Н., 1958; Черкасов П.А., 1961; Михалев В.И. и др, 1972; Макаревич К.Г., 2007).

Поскольку эволюция поверхности ледников связана с изменениями накопления снега и скоростями погружения/всплытия,

которые могут быть одного и того же порядка (Vincent et al., 2007), а также из-за сложности учета ледникового потока и метаморфизации (уплотнения) снега/фирна (Cuffey, K.M., and Paterson, W.S.B., 2010) таких исследований на ледниках было выполнено немного (Réveillet et al., 2020). В некоторых исследованиях использовались эмпирические методы для оценки вертикальных изменений топографии поверхности ледника вследствие потока льда или использовались рейки для непосредственного измерения скорости погружения/всплытия в некоторых точках на ледниках напр. Jourdain et al. 2023; C. Vincent et al., 2021; Pelto, B.M., and Menounos, B., 2021; Réveillet et al., 2020; Belart et al., 2017; Schöber et al., 2014; Sold et al., 2013; Vincent et al., 2007; Vincent et al., 1997; Meier, M.F., and Tangborn, W.V., 1965.

Скорость всплытия, может быть рассчитана по горизонтальным и вертикальным скоростям и наклону поверхности. В зоне аккумуляции скорости всплытия отрицательны (поэтому они называются скоростью погружения), что соответствует течению массы вниз относительно поверхности ледника. Скорость погружения позволяет связать поверхностный баланс массы с изменениями толщины (Cuffey, K.M., and Paterson, W.S.B., 2010), но это является предметом немногочисленных исследований напр. Réveillet et al., 2020; Vincent et al., 2007; Vincent et al., 1997.

В Казахстане сток льда ледников Иле Алатау и Жетысу Алатау (Пальгов Н.Н. перенос льда в результате его движения из области накопления в область расхода называл натуральным стоком) исследовали Н.Н. Пальгов, П.А. Черкасов, К.Г. Макаревич и другие (Пальгов Н.Н., 1962; Макаревич К.Г. и др., 1969; Черкасов П.А., 1961; Cherkasov et al., 1996; Ahmetova et al., 1998).

С.Е. Дмитриев в 1903...1907 гг. впервые наблюдал за движением ледников Иле (Заилийского) Алатау на леднике Туйыксу, спустя много лет Н.Н. Пальгов измерял скорости движения этого и некоторых других ледников хребта. Аналогичные наблюдения на ледниках Талга-

ра в 1939...1940 гг. провел Г.А. Авсюк и позднее К.Г. Макаревич (Макаревич К.Г. и др., 1969) в период Международного Геофизического Года (МГГ) и в последующие годы наблюдения за движением ледников были значительно расширены. В основном применялся метод поперечных профилей. В ряде случаев скорости движения определяли путем тахеометрической съемки как разность между предыдущим и последующим положением точки наблюдений (Макаревич К.Г. и др., 1969).

Из-за ограничений полевых наблюдений (труднодоступности ледников, трудоемкости получения прямых измерений, рисками для безопасности) наблюдаемые прямые (измеренные) данные (сведения) о скорости ледникового потока весьма ограничены, вследствие чего, определение характеристик динамики ледников в регионе Высоких Гор Азии (ВГА) (the High Mountain Asia (HMA)) является сложным (Zhang Zhen et al., 2023).

Широкомасштабное измерение скоростей движения поверхности ледников стало возможным только с появлением спутникового дистанционного зондирования и увеличением разновидностей и доступности данных дистанционного зондирования (Van Wyk de Vries, M. and Wickert, A.D., 2021). Существует ряд техник (инструментов) для оценки скоростей потоков льда, основанных на отслеживании характеристик (Van Wyk de Vries, M. and Wickert, A. D., 2021; Millan et al., 2019). Тем не менее, эти методы имеют свои достоинства и ограничения применения.

Дистанционные методы (например, радиолокационная дифференциальная интерферометрия с синтезированной апертурой (DInSAR), методы отслеживания характеристик по оптическим спутниковым изображениям, метод отслеживания смещения на основе радара с синтезированной апертурой (SAR)) позволяют определять поверхностные скорости ледников в больших регионах и соответствуют требованиям гляциологии (Yang et al., 2022; Zhang Zhen et al., 2023).

Дистанционное зондирование имеет важное значение в изучении скорости

движения ледников в регионе ВГА, включая как отдельные ледники, ледниковые регионы, так и весь регион ВГА (Dehecq et al., 2019; Zhang Zhen et al., 2023).

Для измерения кинематических составляющих баланса массы Центральный Туйыксу – скорость движения льда V_r , изменение высоты поверхности за счет движения V_h , суммарное изменение высоты поверхности в результате аккумуляции, абляции и движения льда V_s , использовались забуренные в тело ледника деревянные рейки. Специфика поверхности ледников, характерная для долинных ледников альпийского типа, не позволяет устанавливать реечные пункты в области питания ледника и вести там прямые геодезические измерения. Область питания ледника представляет собой однокамерный цирк, крутизна склонов которого достигает $35...40^\circ$ и создает определенные трудности и опасность для наблюдений. (Макаревич К.Г., 2004; Макаревич К.Г. и Касаткин Н.Е., 2008).

Наблюдения за балансом массы ледника b_n , как одного из компонентов для расчета кинематики, проводились по методике, рекомендованной WGMS (Østrem, G., and Brugman, M., 1991) и адаптированной для ледника Центральный Туюксу (Макаревич К.Г., 2007). При определении поверхностных скоростей горизонтального движения льда V_r применялся способ «координат поверхностей» (Михалев В.И. и др., 1972), основанный на сопоставлении координат основания рек, геодезическая привязка которых, проводилась ежегодно с 2006 г. с реперных точек, схема которых показана на рисунке 1. На начальном этапе (2006 – 2009 гг.) использовался способ прямой засечки одновременно с двух реперных точек оптическими теодолитами THEO 010. С 2009/10 балансового года для этих целей применялся лазерный тахеометр Leica TC 407. Параллельно с ним, с 2021 г. по реечному полю проводится съемка с помощью DGPS с функцией RTX (поправки со спутника в реальном времени) (Кокарев А.Л. и др., 2022) с применением которой погрешность определения плановых координат и абсолютной высоты составляет не более 3...4 см. Использование DGPS, как для измерения скорости, так и для оценки геодезического баланса массы (Li et al., 2022; Cao, et al., 2020; Shahgedanova,

et al. 2012) значительно ускоряет процесс проведения геодезической съемки и повышает точность измерений плановых координат местности и абсолютной высоты на леднике. Применение DGPS позволило расширить область прямых наблюдений (прямых измерений за изменениями физической поверхности ледника) на поверхности ледника, где отсутствуют забуренные рейки. Измерения с помощью DGPS, несмотря на непродолжительный период измерений (2021...2023 гг.), позволили нам сопоставить и упростить измерения скорости V_r и изменения высоты поверхности ледника V_h , которую можно рассчитать по формуле 1:

$$V_h = H_n - H_{n-1} \quad (1)$$

при этом угловые координаты $X_n = X_{n-1}$, $Y_n = Y_{n-1}$, H – абсолютная высота в точке наблюдения на поверхности ледника, n – год.

В предыдущих исследованиях (Макаревич А.К., 1979; Макаревич К.Г. и Макаревич А.К., 1979; Макаревич К.Г., 2004) для определения значений V_h применялись оптические теодолиты и геодезические рейки. Суть метода заключалась в том, чтобы при производстве геодезической привязки измерить высоту точки в координатах прошлого года. Изменение физической высоты поверхности V_h в данной точке в результате внешнего и внутреннего массообмена определяется при сопоставлении высот двух смежных измерений.

В рамках данного исследования, при наличии DGPS, задача выхода на угловые координаты точки предыдущего года и как следствие получения величин V_r и V_h значительно упростилась, при этом увеличилась точность измерений. Кроме того, значения V_h по вышеуказанной формуле возможно получить, применяя современные ГИС программы. В нашем случае мы использовали инструмент RESIDUALS в ПО Surfer позволяющий при наличии качественных геодезических данных проводить расчёт V_h в камеральных условиях без выхода в поле на координаты прошлого года. Мы сравнили величины V_h , полученные на основе двух методов: прямые измерения с DGPS и расчетный метод в ПО Surfer. Согласно результатам, средняя разница не превышает 2 см.

Имея значение изменения высоты

поверхности и абляции льда (A_z) в точке (пункте наблюдения) можно рассчитать величины выноса V_v по формуле 2:

$$V_v = V_h - A_z \quad (2)$$

Объемы величин выноса льда и абляции льда были рассчитаны в ПО Surfer методом кригинг (kriging). Используя полученные значения V_h и годовой баланс массы b_n рассчитывается значения величин V_s по формуле 3:

$$V_s = V_h + b_n \quad (3)$$

Кинематика ледника и взаимосвязь областей аккумуляции и абляции, как результат перемещения льда и состояние баланса массы ледника рассматривались за следующие периоды – 1937...1964 гг., 1958...1972 гг. и 1977...1992 (Макаревич К.Г., 2004) и 2006...2023 гг. С 2006 года были возобновлены исследования по изучению внутреннего массоэнергообмена ледника Ц. Туйыксу и продолжают по настоящее время. Таким образом, общий период мониторинга динамики ледника Ц. Туйыксу составил 87 лет (с 1937...2023 гг.) с промежутками – с 1973 по 1977 гг. и с 1993 по 2006 гг. Площади кинематических области питания (КОП) и области абляции (КОА) и соответственно балансы массы этих областей рассчитывали согласно методике, рекомендованной (Макаревич К.Г., 2007; Макаревич К.Г., 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1958 г. ледник оканчивался на высоте 3373 м, а еще раньше, в 1937 г. – 3369 м, (Макаревич К.Г., 2004) в настоящее время (2023 г.) нижняя точка ледника расположена на высоте 3496 м. Длина открытой части ледника в 1958 г. достигала 3,4 км, в 2000 г. 2,84 км (Макаревич К.Г., 2004), а в 2023 г. – 2,4 км. За период 1958...2023 гг. ледник отступил на 1190 метров, а в период с 2006 по 2023 гг. на 420 метров (рисунок 1). Среднее годовое отступление фронта языка за весь исследуемый период составило 18 метров.

За последние 160 лет отмечено преобладание отступления фронтов горных ледников в Северном и Южном полушариях, на фоне

которого наблюдалось наступание ледников, в периоды замедлений потепления климата, причем в эти периоды наступали одни и те же ледники (Котляков В.М. и др., 2017; WGMS 2023).

С уменьшением длины также сокращается и площадь ледника. В 1953 г. она равнялась 3,47 км², в 1958 г. – 3,14 км², в 2000 г. – 2,54 км² (Макаревич К.Г., 2004), а к 2023 г. уменьшилась до 2,19 км², или на 37 % (0,52 %/год). Оледенение северного склона Иле Алатау сокращается, в период 1955...2022 гг. ледники по площади сократились на 140,4 км², или на 49 %, теряя в год по 2,1 км² или по 0,73 % своей площади (Северский И.В. и др, 2024; Severskiy et al., 2016). Эта тенденция во многом обусловлена повышением температуры воздуха, а также отрицательной аномалией количества осадков, наблюдавшейся в 1970...1980-е годы, вызванной изменениями атмосферной циркуляции и затронувшей большую часть Тянь-Шаня (Shahgedanova et al., 2018; Kapitsa et al. 2020; Макаревич К.Г., 2004). В исследованиях посвященных оценке изменений площадей ледников сообщается о неоднородном изменении площади ледников, однако ледники отступают и сокращаются по площади по всему Тянь-Шаню и Памиру, но темпы отступления различаются (Hoelzle et al., 2020; Barandun et al. 2020).

Сокращение площади сопровождается понижением поверхности ледника и уменьшением объема, заключенного в нем льда: от 0,173 км³ в 1958 г., до 0,137 км³ в 1998 г. (Макаревич К.Г., 2004) и до 0,100 км³ в 2023 г. Общая потеря льда за период с 1958 до 2023 года составила 73,4 млн м³ (1,1 млн м³/год) (таблица 1). Измерение толщины льда и исследование ее изменений выполнено для отдельных ледников Центральной Азии, напр. Van Tricht L et al., 2021; Lambrecht et al. 2020; Носенко Г.А., и др, 2016. Однако данные инструментальных наблюдений о распределении толщины ледников, внутреннем строении льда и фирна и их изменении остаются редкими из-за высокой стоимости и трудоемкости прямых измерений толщины льда, особенно в отдаленных ледниковых районах Центральной Азии (I. Lavrentiev et al., 2018; Barandun et al., 2020). Согласно прогнозным оценкам, ледники будут продолжать терять объем и массу (Farinotti et al. 2019).

Баланс массы ледника непрерывно изучается с 1956 г. по настоящее время, и по продолжительности ряда входит в число первых десяти ледников мира. Баланс массы ледника Туйыксу в исследуемый период имеет негативную тенденцию, сначала довольно умеренную, затем весьма активную (рисунок 2) (Макаревич К.Г., 2004; Kapitsa et al., 2020). До 1972/73 балансового года ледник в течении 8 из 16 лет имел положительный баланс, после и по настоящее время положительный баланс наблюдался лишь 7 раз за 51 год (1972/73...2022/23 балансовые годы).

В период с 1956/57 до 1971/72 гг. средняя величина положительного баланса за 8 лет равнялась 0,25 м в.э., отрицательного баланса за остальные годы -0,39 м в.э., а в среднем за 16 лет баланс составил -0,07 м в.э.; в период с 1972/73 по 2022/23 гг. средняя величина положительного баланса за 7 лет составила 0,28 м в.э., отрицательного баланса за остальные годы (44 года) равняется -0,66 м в.э., а

в среднем за 51 год – -0,53 м в.э. В целом за весь период наблюдений 1956...2023 гг. баланс массы составил -0,42 м в.э., при этом положительный баланс массы наблюдался 15 лет. Самые высокие величины отрицательного баланса наблюдались: -1,48 м в.э. (1978), -1,25 м в.э. (1984), -1,1 м в.э. (1991), -1,47 м в.э. (1997), -1,36 м в.э. (2008), -1,02 м в.э. (2012), -1,09 м в.э. (2014), -1,11 м в.э. (2017) и -1,13 м в.э. (2022); отрицательный баланс массы преимущественно наблюдается после 1973 г., тогда как до 1972 г. значения баланса массы ледника не опускались ниже -0,78 м в.э. (1968).

Наблюдаемая динамика баланса массы ледника Центральный Туйыксу согласуется с оценками изменений ледников, полученными в региональных исследованиях для Тянь-Шаня и Памира (Hoelzle et al., 2020; Barandun et al., 2021). Близкие потери массы - 0.4 м в.э. получены для Ледника №1 Урумчи в Восточном Тянь-Шане, для периода с 1957 по 2017 гг (Barandun et al., 2020).

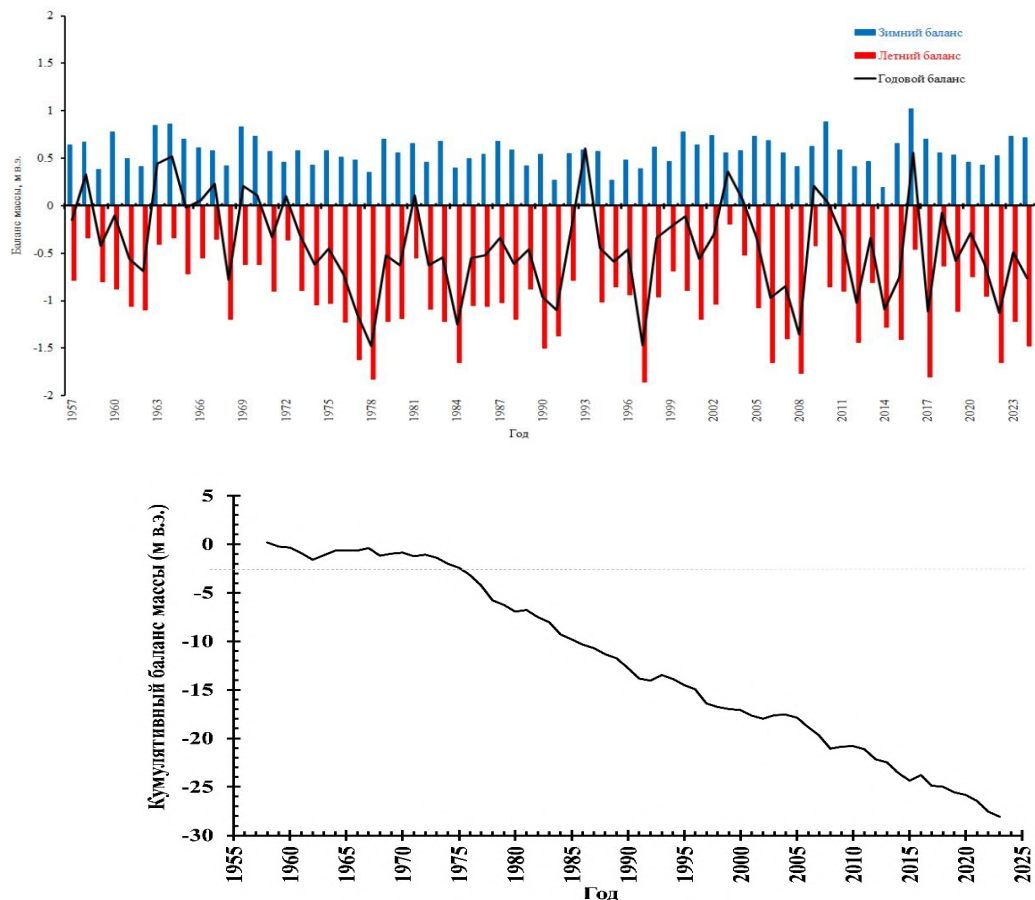


Рис. 2. Многолетний ход баланса и кумулятивный баланс массы ледника Центральный Туйыксу в период 1958...2023 гг.

Баланс массы -0.30 м в.э со значимым отрицательным трендом в период с 1999/2000 по 2017/2018 отмечен для Северного и Западного Тянь-Шаня (Barandun et al., 2021); негативный тренд баланса массы также отмечен для ледника Голубина (Северный Тянь-Шань) -0.18 ± 0.17 м в.э в год в период с 2010/2011 по 2020/2021 (Azisov et al., 2022); средняя величина потери массы ледника Сары-Тор в массиве Ак Шийрак (Внутренний Тянь-Шань) составила -0.53 м в.э в год в период 1985–2019 гг (Poroynin et al., 2021); и для ледника Батыш Cook Batysh, (Внутренний Тянь-Шань) составила -0.39 ± 26 м в.э в год с 2003/04 по 2015/16 гг. (Kenzhebaev et al., 2017); оценки изменение массы ледников для Западного и Восточного Памира составили -0.37 ± 0.42 м в.э. и $+0.19 \pm 1.47$ м в.э. соответственно (Hoelzle et al., 2020). Результаты региональных исследований свидетельствуют о негативных изменениях морфометрических характеристик практически всех ледников региона (за исключением пульсирующих ледников), отличаясь лишь по количественным параметрам колебаний по отдельным ледникам (Barandun et al., 2021; Barandun et al., 2020).

Наблюдения за аккумуляцией, абляцией и движением границы питания позволяют получать данные о внешнем массообмене ледника. Зная баланс массы ледника в целом, остается неизвестным, как изменяется масса вследствие ее перемещения сверху вниз, достаточна ли компенсация вынесенного из области аккумуляции льда атмосферными осадками (единственным источником пополнения ледниковых запасов) и насколько приток льда на язык может восстановить потерянные при абляции массы. Разделом кинематических областей оттока и притока льда служит кинематическая граница питания (КГП). В отличие от внешней границы питания КГП более устойчива, и кинематические области питания (КОП) и области абляции (КОА) год от года изменяются незначительно. Разделенные же границей питания ELA (Equilibrium Line Altitude - по терминологии Мировой службы мониторинга ледников) области аккумуляции и абляции значительно варьируют по площади вплоть до «катастро-

фического» состояния, когда весь ледник становится областью абляции для ранее накопленных запасов (Макаревич К.Г., 2004).

Высоты границы питания, отождествляемые с фирновой линией (ELA), в исследуемый период эволюции ледника существенно отличались (Макаревич К.Г., 2004). Средняя высота в период с 1957...1972 гг. равнялась 3760 м; в 1973...2023 гг. составила 3855 м, а за весь период с 1957 по 2023 г – 3830 м, с экстремальными величинами 4210 м (1978), 4050 м (1984), 3950 м (1991), 4230 м (1997), 3980 м (2008), 3900 м (2012), 3920 м (2014), 3950 м (2017), 3980 (2022) (таблица 1 и 2 (Макаревич К.Г., 2004).

С подъемом границы питания значительно увеличивается область абляции ледника и растет расход льда, которому принадлежит главная роль в формировании баланса массы. Баланс массы определяется климатическими факторами, главным образом атмосферной циркуляцией, от которой зависит приток тепла и влаги в тянь-шаньский регион (Макаревич К.Г., 2004).

В период наблюдений за кинематикой ледника 1977...1992 гг. колебания высоты КГП не превосходили 90 м, в этот же период размах колебаний ELA составил 450 м (Макаревич К.Г., 2004); в период 2006...2023 гг. колебания КГП составили 240 м, размах колебаний ELA – 270 м; в 1977/78, 1996/97, 2007/08 и 2021/22 балансовые годы ледник практически полностью освобождался от снега, баланс массы в эти годы был экстремально отрицательным.

Отсутствие необходимой компенсации потерь льда в КОП, и как следствие, в КОА сказывается на изменении массы всего ледника и его деградации, что уже известно из стандартных оценок баланса массы гляциологическим методом (Макаревич К.Г., 2004). Изменение массы в кинематическом понимании практически тождественно балансу массы ледника в гляциологическом понимании. Как описано в разделе материалы и методы в области питания ледника речные пункты не устанавливались и прямые геодезические измерения не проводились. Поэтому масса льда, вынесенная из КОП, оценивается по ее притоку в КОА ниже кинематической границы питания.

В таблице 1 даны высоты границ ЕЛА и КГП и отношение определяемых ими площадей аккумуляции к площади всего ледника (AAR - Accumulation Area Ratio). Из данных наблюдений следует, что поверхность ледника повышалась (м в.э.) 1957/58 г. +0,33 м, 1962/63 г. +0,44 м, 1963/64 г. +0,52 м, 1965/66 г. +0,06 м, 1966/67 г. +0,23 м, 1968/69 г. +0,21 м, 1969/70 г. +0,11 м, 1971/72 г. +0,10 м, 1980/81 г. +0,11 м, 1992/93 г. +0,60 м, 2002/03 г. +0,36 м, 2003/04 г. +0,06 м, 2008/09 г. +0,20 м, 2009/10 г. +0,03 м, 2015/16 г. +0,56 м (Макаревич К.Г., 2004; Макаревич К.Г. и Касаткин Н.Е., 2011). В остальные годы поверхность ледника понижалась с амплитудой от 0,08 м (2017/18 г) до -1,48 м (1977/78 г.).

Чистый годовой баланс массы в КОП в период 1977...1992 гг. составил +0,18 м, вынос льда в КОА достиг в среднем -0,95 м; в период 2006/07...2022/23 гг. – +0,13 м, а вынос льда в КОА составил -1,24 м, что недостаточно для компенсации выноса льда в кинематическую область абляции ледника.

При этом значительно изменились и площади кинематических зон аккумуляции и абляции. Средние величины площадей аккумуляции и абляции за рассматриваемые периоды изменились с 1,15 км² до 1,35 км² и с 1,78 км² до 0,96 км² соответственно, т.е. КОП увеличилась на 17,0 %, а КОА сократилась на 46,3 %. Ухудшился и годовой баланс в обеих областях с +0,18 м/г до +0,13 м/г в КОП и с -1,23 м/г до -1,44 м/г в КОА (таблица 1).

Выделяется 2016 г., в мае которого выпало аномально большое количество осадков, в результате чего величина зимнего баланса массы за 2015/16 балансовый год составила +1,024 м в.э.

В результате КГП в 2016 году опустилась до 3 610 м н.у.м., тогда, как в следующем 2016/17 балансовом году при значении зимнего баланса +0,699 м в.э. (при среднем значении зимнего баланса за период 1957...2023 гг. +0,572 м в.э.), и резко отрицательном годовом балансе массы - 1,130 м в.э., КГП поднялась на высоту 3 850 м н.у.м., максимальную за оба рассматриваемых периода. Площади КОП за 2015/16 и 2016/17 балансовые годы составили 2,033 км² и 0,864 км², площади КОА

0,233 км² и 1,391 км² соответственно. В итоге поверхность ледника в КОП за период 1977...1992 гг. в результате аккумуляции, абляции и движения льда понизилась на -11,6 м или 0,77 м/год (Макаревич К.Г., 2004)., в период 2006...2023 гг. на -18,9 м (1,1 м/год); приток льда в КОА за эти периоды составил в сумме 9,15 м и 18,5 м соответственно.

В период 2006...2023 гг. слой Vsi в КОА уменьшился и составил -0,35 м/г (таблица 2) в сравнении с периодом 1977...1992 гг. – -0,62 м/г (Макаревич К.Г., 2004).; средние за периоды объёмы стаявшего льда в КОА сократились с 1 103,6 тыс. м³ до 482,4 тыс. м³ (т.е. на 230 %), а вынесенного из КОП объёмы льда увеличились с -874,0 тыс. м³ до -1 495,9 тыс. м³ (т.е. на 60 %) соответственно.

Приток льда из КОП компенсировал потери в КОА в период 1977/78...1991/92 гг. только на половину (49,5 %), а в период с 2006/07 по 2022/23 уже на 75,9 %. Среднее за период 1977/78...1991/92 гг. отношение площади КОП к площади всего ледника (AAR по КГП в %) составило 39 %, а за период 2006/07...2022/23 – 58 % соответственно. То же отношение площади КОП к площади всего ледника по снеговой линии, обозначаемой ЕЛА, (AAR по ЕЛА в %) был 30 % и 38 % соответственно. Понижение поверхности в области абляции (Vsi) с 1958 по 1972 гг. составило -0,26 м/г, с 1977 по 1992 гг. уже – 0,62 м/г, а с 2007 по 2023 гг. сократилось до -0,35 м/г, в области аккумуляции +0,08 м/г, -0,77 м/г и -1,11 м/г соответственно.

Из данных наблюдений следует, что величины таяния превышают величины понижения поверхности ледника. Эта разница обусловлена тем, что на место стаявших масс привносятся новые массы льда из области питания, тем самым частично компенсируя потери льда от таяния и повышая снижающуюся поверхность ледника на величину привноса. Итоговая величина привноса на леднике Центральный Туйыксу равна 10910000 м³ в.э. или 50 % от потерь на таяние, которая составила -21826300 м³ в.э. (рисунок 3).

Процентные отношения компенсационного привноса к величине таяния на леднике показывают, что область абляции

ледника получает недостаточное питание из области аккумуляции, причем, по мере приближения к концу языка ледника, величина привноса уменьшается (рисунок 3).

Это объясняется тем, что стаивание поверхности ледников наибольшее на кон-

це языков и наименьшее в районе фирновой линии (Черкасов П.А., 1961; Макаревич К.Г., 2004). Область питания за весь период наблюдений испытала большее понижение высоты поверхности по сравнению с областью абляции (таблица 1) (Макаревич К.Г., 2004).

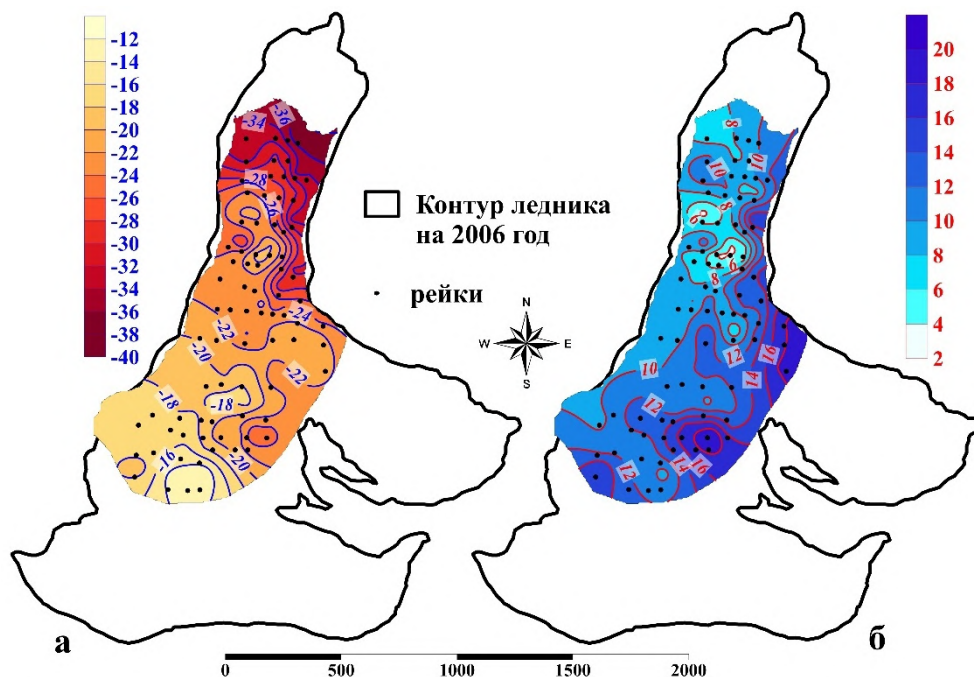


Рис. 3. Суммарная абляция льда (а) и суммарный привнос льда (б) в м в.э. за период 2006...2023 гг.

Это подтверждается появлением в приводораздельных участках КОП выходов скал, которых в течении многих предыдущих лет не наблюдалось. Большой вынос массы объясняется усилением абляции в КОП, увеличением воды в леднике, перемещением вверх зон льдообразования и даже исчезновения верхних из них в связи с повышением летних температур воздуха. Однако, указанные соотношения в изменении высот в КОП и КОА были иными в предыдущие периоды (таблица 2) (Макаревич К.Г., 2004). Сравнительный анализ внутреннего массообмена горных ледников хребта и ледника Центральный Туйыксу не представляется возможным, поскольку, к сожалению, наблюдения (измерения) на большинстве ледников, за исключением ледника Центральный Туйыксу, были прерваны в 1990-е годы.

В исследованиях (Dehecq et al., 2019; Brun et al., 2018; Sakai, A. et al., 2018) отмечено что при продолжающемся отступлении ледника и уменьшении величины коэффициента AAR - скорости всплытия будут посте-

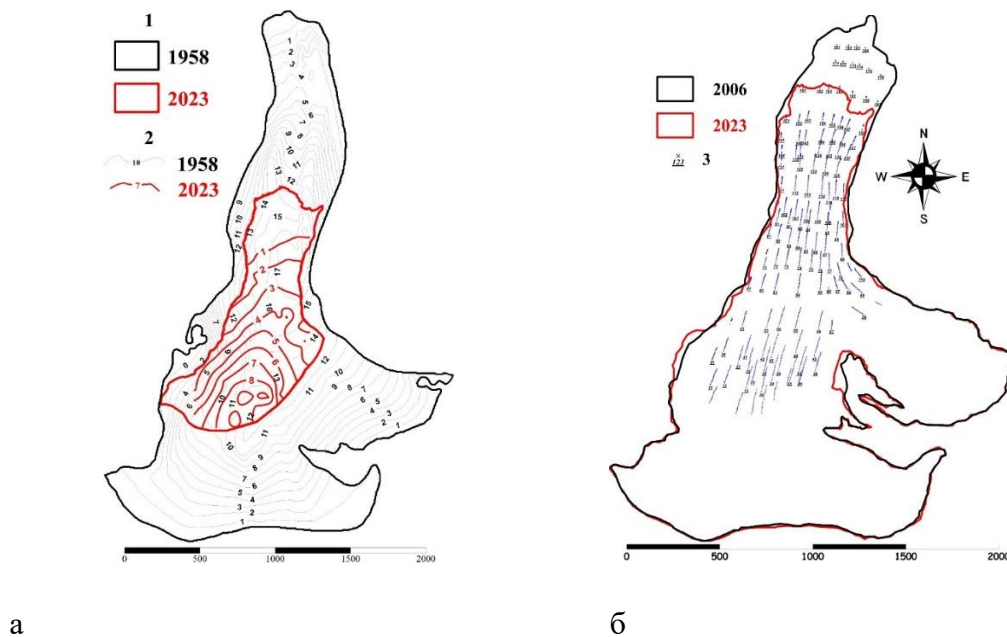
пенно уменьшаться. На леднике Центральный Туйыксу также наблюдается уменьшение значения AAR при отступлении ледника, однако значительного уменьшения привноса в область абляции не наблюдается. Амплитуда колебаний привноса составила от +1,11 м в.э до практически нуля, при среднем значении +0,621 м в.э за период 2006/07...2022/23 балансовые годы.

В целом распределение знака величин привноса в области абляции ледника не соответствует гипотезе о том, что скорости погружения в зоне аккумуляции имеют негативные (отрицательные) значения, а скорости всплытия в зоне абляции – положительные (Roger LeB. Hooke, 2019; Cuffey, KM., and Paterson, WSB., 2010). Таким образом, наблюдаемые на леднике Центральный Туйыксу отрицательные значения привноса (стока льда) в зоне, где теоретически должны быть только положительные величины, возможно объяснить зависимостью от скорости и характера движения льда, условий на ложе и бортах (Макаревич А.К., 1979, Макаревич К.Г. и др, 1969).

Связь стока льда с изменчивостью основных метеорологических параметров (осадками и температурой воздуха) очевидна, однако для ее понимания необходимы дополнительные наблюдения за режимом ледника. (Макаревич К.Г. и др, 1969).

Исследования, выполняемые на леднике Центральный Туйыксу, подтвердили полученные ранее выводы: самые высокие скорости отмечены в верхней части ледника, самые низкие на языке ледника; высокие скорости также отмечены в месте сужения ледника, где ширина ледника минимальная (рисунок 4). Та-

ким образом исследования изменений баланса массы V_{ni} как функции высоты, V_{hi} как функции кинематики, V_{si} и ΔL как результат взаимодействий внешних условий и кинематики показали, что на всем протяжении продольной оси ледника в КОА, ледник не получает полной компенсации затраченного при абляции льда. Из-за нехватки дотации льда из КОП происходит отступление ледника (сокращение его площади), уменьшение его толщины в целом и особенно нижней его части, сокращение длины ледника, которая за весь период наблюдений достигла 1190 м (рисунок 1).



1 – контур ледника; 2 – изолинии V_g ; 3 – точки речного поля на леднике

Рис. 4. Изменение скорости льда ледника Центральный Туйыксу за 1957/58 и 2022/23 балансовые годы, м/г (а) и изменение положения рек за период 2006...2023 гг (б).

В итоге средняя скорость движения льда ледника снизилась: средняя взвешенная по площади КОА скорость движения в период 1977...1992 гг. равнялась 10,5 м/год с экстремальными от 9,3 до 13,8 м/год, в период 2006...2023 гг. составила 4,8 м/год, с экстремальными значениями от 3,3 до 7,3 м/год. Максимальные скорости движения льда на леднике

Туйыксу 22...24 м/год наблюдались в период 1956...65 гг., уменьшились до 16 м/г в период 1977...1992 гг., а в период 2006...2023 гг. составляли 12,8 м/г. Среднее за два периода сокращение длины ледника увеличилось с -15 м/г до -25 м/г (таблица 1) (Макаревич К.Г. и др, 1969; Макаревич К.Г., 2004).

Таблица 1

Основные показатели кинематики массы ледника Центральный Туйюксу в 2006...2023 гг.

Год	Кинематическая область аккумуляции, КОП				Кинематическая область абляции, КОА				Ледник в целом				
	область		область		область		область		S, км ²	V _s , м/г	КПП, м	AAR по ELA, %	ΔL, м/г
	S _f , км ²	V _{hf} , м/г	b _{hf} , м/г	V _{sf} , м/г	S _i , км ²	V _{hi} , м/г	b _{hi} , м/г	V _{si} , м/г					
2007	1,566	-0,71	-0,25	-0,96	0,906	1,23	-1,87	-0,64	2,472	-0,84	3 740	63	-46
2008	0,904	-3,83	-0,15	-3,99	1,547	2,24	-2,06	0,18	2,451	-1,36	3 850	37	-39
2009	2,058	0,00	0,40	0,40	0,393	0,02	-0,80	-0,78	2,451	+0,21	3 650	84	-2
2010	1,963	-0,05	0,33	0,28	0,483	0,21	-1,20	-0,99	2,446	+0,03	3 670	80	-26
2011	1,572	-0,34	0,13	-0,21	0,742	0,73	-1,26	-0,53	2,314	-0,31	3 720	68	-29
2012	0,991	-1,99	0,00	-1,99	1,305	1,51	-1,80	-0,29	2,297	-1,02	3 810	43	-31
2013	1,408	-0,48	0,24	-0,24	0,882	0,77	-1,27	-0,50	2,290	-0,34	3 740	61	-25
2014	0,929	-2,86	-0,08	-2,94	1,347	1,97	-1,74	0,23	2,276	-1,06	3 830	41	-28
2015	1,051	-1,52	0,03	-1,49	1,220	1,31	-1,44	-0,13	2,272	-0,76	3 790	46	-49
2016	2,033	0,06	0,74	0,80	0,233	-0,49	-1,01	-1,50	2,266	+0,56	3 610	90	-13
2017	0,864	-2,40	0,03	-2,37	1,391	1,49	-1,82	-0,33	2,256	-1,11	3 850	38	-27
2018	0,989	-2,00	0,65	-1,35	1,259	1,57	-0,65	0,92	2,248	-0,08	3 810	44	-13
2019	1,031	-1,96	0,28	-1,68	1,203	1,68	-1,32	0,36	2,235	-0,58	3 800	46	-21
2020	1,550	-0,40	0,10	-0,31	0,678	0,92	-1,16	-0,24	2,228	-0,29	3 720	70	-11
2021	1,552	-0,28	-0,21	-0,50	0,672	0,65	-1,52	-0,87	2,224	-0,61	3 720	70	-21
2022	1,151	-1,32	-0,33	-1,66	1,059	1,44	-2,00	-0,56	2,210	-1,13	3 780	52	-25
2023	1,270	-0,93	0,23	-0,70	0,924	1,28	-1,47	-0,19	2,194	-0,49	3 760	58	-13
Средн,	1,346	-1,24	0,13	-1,11	0,956	1,09	-1,44	-0,35	2,281	-0,55	3756	58	-25
1977/92	1,15	-0,95	0,18	-0,76	1,78	0,61	-1,23	-0,62	2,93	-0,67	3803	39	-15

S – площадь; b_{hf}, b_{hi} – баланс массы соответствующих областей; f, i – индексы кинематических областей питания (КОП) и абляции (КОА), соответственно; V_h – изменение высоты поверхности за счет движения; V_s – суммарное изменение высоты поверхности в результате аккумуляции, абляции и движения льда, в соответствующих областях и в целом по леднику; V_r – горизонтальная компонента скорости движения льда; КПП – высота кинематической границы питания; AAR – отношения определяемой указанной границей площади аккумуляции к площади всего ледника; ELA – высота снеговой линии; ΔL – изменение длины ледника

Таблица 2

Скорости изменения высоты поверхности ледника Центральный Туйыксу в результате движения льда и внешнего массообмена

Период	Область питания				Область абляции				Весь ледник	
	S_f , км ²	V_{hf} , м/г	b_{nf} , м/г	V_{sf} , м/г	S_i , км ²	V_{hi} , м/г	b_{ni} , м/г	V_{si} , м/г	S средняя, км ²	V_s , м/г
2007/23	1,35	-1,24	0,13	-1,11	0,96	1,09	-1,44	-0,35	2,30	-0,54
1977/92	1,15	-0,95	0,18	-0,77	1,78	0,61	-1,23	-0,62	2,93	-0,62
1958/72	-	-0,59		0,08		0,61		-0,26	2,85	-0,12
1937/64	-	-0,52		0,08		0,54		-0,35	-	-0,45

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ледник Центральный Туйыксу, как и подавляющее большинство горных ледников мира, отступая теряет массу и объем, что подтверждается трендом кумулятивного баланса массы ледника, и как следствие снижаются скорости течения льда. При относительно небольших колебаниях КГП колебания выноса массы льда из КОП и притока его в КОА небольшие и в целом достаточно устойчивы по сравнению с колебаниями высоты поверхности в обеих областях, зависящими в большей степени от внешних условий, чем от кинематики его массы.

Результаты наших исследований свидетельствуют о негативном влиянии современных климатических изменений на динамику процессов, происходящих в леднике. В текущих климатических условиях режим ледника Центральный Туйыксу по кинематическим областям показывает, что ледник не получает компенсации выносимых из области питания масс льда и не компенсирует в области абляции потери льда вследствие его стаивания.

Однако, при сохранении отмеченной с начала 2000-х гг. тенденции увеличения величины зимнего баланса массы ледника, ледник достигнет устойчивого состояния к концу 2030-х середине 2040-х гг, при котором масса льда привносящаяся из области питания будет компенсировать потери льда в области абляции.

Внешний и внутренний массообмен ледников, выраженный изменениями кинематических параметров движущейся массы льда, представляют важную информацию о динамической реакции ледников в условиях изменения климата. В дальнейшем планируется продолжить исследования внутреннего

массообмена ледника Центральный Туйыксу и расширить исследования на других ледниках северного склона Иле Алатау.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме «Ледниковые системы трансграничных бассейнов Центральной Азии: состояние, современные и прогнозные изменения, роль в обеспечении водной безопасности стран региона», ИРН BR 18574176.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>
2. Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху / отв. ред. В.М. Котляков; Ин-т географии РАН. – М.: Наука, 2006. – 482 с. – ISBN 5-02-035344-2
3. Макаревич К.Г. Баланс и кинематика массы ледников Тянь-Шаня на примере ледника Туюксу // Гидрометеорология и экология. – 2004. – №3. – С. 74-88.
4. Zemp, M., Huss, M., Thibert, E., Eckert, N., McNabb, R., Huber, J., Barandun, M., Machguth, H., Nussbaumer, S. U., Gärtner-Roer, I., Thomson, L., Paul, F., Maussion, F., Kutuzov, S., & Cogley, J. G. (2019). Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*, 568(7752), 382–386. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0>
5. Kapitsa, V., Shahgedanova, M., Severskiy, I., Kasatkin, N., White, K., & Usmanova, Z. (2020). Assessment of Changes in Mass Balance of the Tuyuksu Group of Glaciers, Northern Tien Shan, Between 1958 and 2016 Using Ground-Based Observations and Pléiades Satellite Imagery. *Frontiers in Earth Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00259>
6. Brun, F., Berthier, E., Wagnon, P., Kääb, A., & Treichler, D. (2017). A spatially resolved estimate of High Mountain Asia glacier mass balances from 2000 to 2016. *Nature Geoscience*, 10(9), 668–673. <https://doi.org/10.1038/ngeo2999>

7. Barandun, M., Huss, M., Usabaliev, R., Azisov, E., Berthier, E., Kääh, A., Bolch, T., & Hoelzle, M. (2018). Multi-decadal mass balance series of three Kyrgyz glaciers inferred from modelling constrained with repeated snow line observations. *The Cryosphere*, 12(6), 1899–1919. <https://doi.org/10.5194/tc-12-1899-2018>
8. Hoelzle, M., Barandun, M., Bolch, T., Fiddes, J., Gafurov, A., Muccione, V., Saks, T., & Shahgedanova, M. (2019). The status and role of the alpine cryosphere in Central Asia. In *The Aral Sea Basin* (pp. 100–121). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429436475-8>
9. Barandun, M., Fiddes, J., Scherler, M., Mathys, T., Saks, T., Petrakov, D., & Hoelzle, M. (2020). The state and future of the cryosphere in Central Asia. *Water Security*, 11, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100072>
10. Макаревич К.Г. Ледник Центральный Туюкский от международного геофизического года до настоящего времени // «Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика»: Матр. междунар. науч.-практич. конференции, посвященной 70-летию Инс-та географии АО ЦНЗМО РК. – Алматы, 2008, – С.81-88
11. Северский И.В., Вилесов Е.Н., Макаревич Г.К., Диярова К.Ш. Гляциологические исследования в Казахстане: этапы развития, состояние перспективы. // «Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика»: Матр. междунар. науч.-практич. конференции, посвященной 70-летию Инс-та географии АО ЦНЗМО РК. – Алматы, 2008, – С. 136-145.
12. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: Казак университеті, 2001. – 252 с.
13. Макаревич К.Г., Касаткин Н.Е. Полувековые исследования баланса массы Центрального Туюкского ледника в Заилийском Алатау. // «Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика»: Матр. междунар. науч.-практич. конференции, посвященной 70-летию Инс-та географии АО ЦНЗМО РК. – Алматы, 2008, – С. 99-111.
14. Вилесов Е.Н. Динамика и современное состояние оледенения гор Казахстана. – Алматы, 2016. – 268 с.
15. Severskiy, I., Vilesov, E., Armstrong, R., Kokarev, A., Kogutenko, L., Usmanova, Z., Morozova, V., & Raup, B. (2016). Changes in glaciation of the Balkhash–Alakol basin, central Asia, over recent decades. *Annals of Glaciology*, 57(71), 382–394. <https://doi.org/10.3189/2016AoG71A575>
16. Stocker-Waldhuber, M., Fischer, A., Helfricht, K., & Kuhn, M. (2019). Long-term records of glacier surface velocities in the Ötztal Alps (Austria). *Earth System Science Data*, 11(2), 705–715. <https://doi.org/10.5194/essd-11-705-2019>
17. Hooke, R. LeB. (2019). *Principles of Glacier Mechanics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108698207>
18. Cuffey, K. M., & W.S.B. Paterson. (2010). *The physics of glaciers* (Fourth edition.). Academic Press.
19. Пальгов Н.Н. Определение мощности горных ледников методом балансов // Изв. Всес.геогр. об-ва. – 1958. – Т.90, Вып.2.
20. Черкасов П.А. Динамика ледников бассейна реки Баскан Джунгарского Алатау в 1956-1957 годах // Вопросы географии Казахстана. – 1961. – Вып.8. – С. 75-97
21. Михалев В.И., Цветков Д.Г., Шумский П.А. К методике изучения механизма колебаний ледников (на примере ледника Обручева), Полярный Урал // Материалы гляциологических исследований. Хроника обсуждения. – 1972. – Вып. 19. – С. 221-236
22. Макаревич К.Г. Методические аспекты исследований баланса массы и колебаний горных ледников. Метод. рук-во. – Алматы, 2007. – 104 с.
23. Vincent, C., Le Meur, E., Six, D., Funk, M., Hoelzle, M., & Preunkert, S. (2007). Very high-elevation Mont Blanc glaciated areas not affected by the 20th century climate change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D9). <https://doi.org/10.1029/2006JD007407>
24. Réveillet, M., Vincent, C., Six, D., Rabatel, A., Sanchez, O., Piard, L., & Laarman, O. (2021). Spatio-temporal variability of surface mass balance in the accumulation zone of the Mer de Glace, French Alps, from multitemporal terrestrial LiDAR measurements. *Journal of Glaciology*, 67(261), 137–146. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.92>
25. Jourdain, B., Vincent, C., Réveillet, M., Rabatel, A., Brun, F., Six, D., Laarman, O., Piard, L., Ginot, P., Sanchez, O., & Berthier, E. (2023). A method to estimate surface mass-balance in glacier accumulation areas based on digital elevation models and submergence velocities. *Journal of Glaciology*, 69(277), 1403–1418. <https://doi.org/10.1017/jog.2023.29>
26. Vincent, C., Cusicanqui, D., Jourdain, B., Laarman, O., Six, D., Gilbert, A., Walpersdorf, A., Rabatel, A., Piard, L., Gimbert, F., Gagliardini, O., Peyaud, V., Arnaud, L., Thibert, E., Brun, F., & Nanni, U. (2021). Geodetic point surface mass balances: a new approach to determine point surface mass balances on glaciers from remote sensing measurements. *The Cryosphere*, 15(3), 1259–1276. <https://doi.org/10.5194/tc-15-1259-2021>
27. Peltó, B. M., & Menounos, B. (2021). Surface Mass-Balance Gradients From Elevation and Ice Flux Data in the Columbia Basin, Canada. *Frontiers in Earth Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.675681>
28. Belart, J. M. C., Berthier, E., Magnússon, E., Anderson, L. S., Pálsson, F., Thorsteinsson, T., Howat, I. M., Aðalgeirsdóttir, G., Jóhannesson, T., & Jarosch, A. H. (2017). Winter mass balance of Drangajökull ice cap (NW Iceland) derived from satellite sub-meter stereo images. *The Cryosphere*, 11(3), 1501–1517. <https://doi.org/10.5194/tc-11-1501-2017>
29. Schöber, J., Schneider, K., Helfricht, K., Schattan, P., Achleitner, S., Schöberl, F., & Kimbauer, R. (2014). Snow cover characteristics in a glacierized catchment in the Tyrolean Alps - Improved spatially distributed modelling by usage of Lidar data. *Journal of Hydrology*, 519, 3492–3510. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.12.054>
30. Sold, L., Huss, M., Hoelzle, M., Andereggen, H., Joerg, P. C., & Zemp, M. (2013). Methodological approaches to infer end-of-winter snow distribution on alpine glaciers. *Journal of Glaciology*, 59(218), 1047–1059. <https://doi.org/10.3189/2013JoG13J015>
31. Vincent, C., Vallon, M., Pinglot, J. F., Funk, M., & Reynaud, L. (1997). Snow accumulation and ice flow at Dôme du Goûter (4300 m), Mont Blanc, French Alps. *Journal of Glaciology*, 43(145), 513–521. <https://doi.org/10.3189/S0022143000035127>
32. Meier, M. F., & Tangborn, W. V. (1965). *Net Budget and Flow of South Cascade Glacier*, Washington. *Journal of Glaciology*, 5(41), 547–566. <https://doi.org/10.3189/S0022143000018608>
33. Пальгов Н.Н. Сток ледников Казахстана // Гляциологические исследования в период МГТ. Заилийский и Джунгарский Алатау. – 1962. – Вып. 2.
34. Оледенение Заилийского Алатау / Ред. К.Г. Макаревич — М.: Наука, 1969. — 286 с.

35. Cherkasov, P. A., Ahmetova, G. S., & Hastenrath, S. (1996). Ice flow and mass continuity of Shumsky Glacier in the Djungarski Alatau Range of Kazakhstan, Central Asia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D8), 12913–12920. <https://doi.org/10.1029/96JD00615>
36. Ahmetova G.S., Cherkasov P.A., & Hastenrath S. (1998). Regime of Muravlev Glacier in the Djungarskiy Alatau Range of Kazakhstan, Central Asia. *Zeitschrift Fyter Gletscherkunde Und Glazialgeologie*, 34(1), 37–46.
37. Zhang, Z., Xu, Y., Liu, S., Ding, J., & Zhao, J. (2023). Seasonal variations in glacier velocity in the High Mountain Asia region during 2015–2020. *Journal of Arid Land*, 15(6), 637–648. <https://doi.org/10.1007/s40333-023-0016-5>
38. Van Wyk de Vries, M., & Wickert, A. D. (2021). Glacier Image Velocimetry: an open-source toolbox for easy and rapid calculation of high-resolution glacier velocity fields. *The Cryosphere*, 15(4), 2115–2132. <https://doi.org/10.5194/tc-15-2115-2021>
39. Millan, R., Mouginot, J., Rabatel, A., Jeong, S., Cusicanqui, D., Derkacheva, A., & Chekki, M. (2019). Mapping Surface Flow Velocity of Glaciers at Regional Scale Using a Multiple Sensors Approach. *Remote Sensing*, 11(21), 2498. <https://doi.org/10.3390/rs11212498>
40. Yang, R., Hock, R., Kang, S., Guo, W., Shangguan, D., Jiang, Z., & Zhang, Q. (2022). Glacier Surface Speed Variations on the Kenai Peninsula, Alaska, 2014–2019. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 127(3). <https://doi.org/10.1029/2022JF006599>
41. Dehecq, A., Gourmelen, N., Gardner, A. S., Brun, F., Goldberg, D., Nienow, P. W., Berthier, E., Vincent, C., Wagnon, P., & Trouvé, E. (2019). Twenty-first century glacier slowdown driven by mass loss in High Mountain Asia. *Nature Geoscience*, 12(1), 22–27. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0271-9>
42. Østrem, G., & Brugman, M. (1991). Glacier mass-balance measurements: a manual for field and office work.
43. Kokarev A.L., Kapitsa V.P., Bolch T., Severskiy I.V., Kasatkin N.E., Shahgedanova M., & Usmanova Z.S. (2022). The results of geodetic measurements of the mass balance of some glaciers in the Zailiyskiy Alatau (Trans-Ili Alatau). *Journal “Ice and Snow,”* 62(4), 527–538. <https://doi.org/10.31857/S2076673422040149>
44. Li, H., Wang, P., Li, Z., Jin, S., Xu, C., Liu, S., Zhang, Z., & Xu, L. (2022). An application of three different field methods to monitor changes in Urumqi Glacier No. 1, Chinese Tien Shan, during 2012–18. *Journal of Glaciology*, 68(267), 41–53. <https://doi.org/10.1017/jog.2021.71>
45. Cao, B., Pan, B., Guan, W., Wang, J., & Wen, Z. (2017). Changes in ice volume of the Ningchan No.1 Glacier, China, from 1972 to 2014, as derived from in situ measurements. *Journal of Glaciology*, 63(242), 1025–1033. <https://doi.org/10.1017/jog.2017.70>
46. Shahgedanova, M., Nosenko, G., Bushueva, I., & Ivanov, M. (2012). Changes in area and geodetic mass balance of small glaciers, Polar Urals, Russia, 1950–2008. *Journal of Glaciology*, 58(211), 953–964. <https://doi.org/10.3189/2012JoG11J233>
47. Макаревич А.К. О кинематике поверхности горного долинного ледника // Режим ледников и снежных лавин Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, – 1979. – С.120–124.
48. Макаревич К.Г., Макаревич А.К. Опыт прямых определений скорости поверхности ледника // Режим ледников и снежных лавин Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, – 1979. – С.125–131.
49. Kotlyakov, V. M., Chernova, L. P., Muraviev, A. Ya., Khromova, T. E., & Zverkova, N. M. (2017). Changes of mountain glaciers in the Southern and Northern Hemispheres over the past 160 years. *Ice and Snow*, 57(4), 453–467. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-4-453-467>
50. Zemp, M., Gärtner-Roer, I., Nussbaumer, S. U., Welty, E. Z., Dussailant, I., & Bannwart, J. (2023). WGMS 2023. Global Glacier Change Bulletin No. 5 (2020–2021). (pp. 1–134). ISC(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service.
51. Северский, И., Муканова, Б., Капица, В., Татюкова, М., Кокарев, А. Шестерова, И. Изменение оледенения северного склона Иле Алатау за семидесятилетний период // Вестник КазНУ им. Аль-Фараби. Сер. географическая. №73 (2). – 2024. – С. 59–71.
52. Shahgedanova, M., Afzal, M., Severskiy, I., Usmanova, Z., Saidaliyeva, Z., Kapitsa, V., Kasatkin, N., & Dolgikh, S. (2018). Changes in the mountain river discharge in the northern Tien Shan since the mid-20th Century: Results from the analysis of a homogeneous daily streamflow data set from seven catchments. *Journal of Hydrology*, 564, 1133–1152. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.001>
53. Van Tricht, L., Huybrechts, P., Van Breedam, J., Fürst, J. J., Rybak, O., Satylkanov, R., Ermenbaev, B., Popovnin, V., Neyns, R., Paice, C. M., & Malz, P. (2021). Measuring and inferring the ice thickness distribution of four glaciers in the Tien Shan, Kyrgyzstan. *Journal of Glaciology*, 67(262), 269–286. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.104>
54. Lambrecht, A., Mayer, C., Bohleber, P., & Aizen, V. (2020). High altitude accumulation and preserved climate information in the western Pamir, observations from the Fedchenko Glacier accumulation basin. *Journal of Glaciology*, 66(256), 219–230. <https://doi.org/10.1017/jog.2019.97>
55. Nosenko G.A., Lavrentiev I.I., Glazovskii A.F., Kazatkin N.E., & A.L. Kokarev. (2016). The polythermal structure of Central Tuyuksu glacier. *Kriosfera Zemli*, XX(4), 105–115. [https://doi.org/10.21782/KZI560-7496-2016-4\(105-115\)](https://doi.org/10.21782/KZI560-7496-2016-4(105-115))
56. Lavrentiev, I., Machguth H., & Kronenberg M. (2018). New data on ice thickness and internal structure of glaciers in Tien-Shan and Pamir-Alay (Kyrgyzstan). *Practical Geography and XXI Century Challenges. International Geographical Union Thematic Conference Dedicated to the Centennial of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences*, 80–80.
57. Farinotti, D., Huss, M., Fürst, J. J., Landmann, J., Machguth, H., Maussion, F., & Pandit, A. (2019). A consensus estimate for the ice thickness distribution of all glaciers on Earth. *Nature Geoscience*, 12(3), 168–173. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0300-3>
58. Barandun, M., Pohl, E., Naegeli, K., McNabb, R., Huss, M., Berthier, E., Saks, T., & Hoelzle, M. (2021). Hot Spots of Glacier Mass Balance Variability in Central Asia. *Geophysical Research Letters*, 48(11). <https://doi.org/10.1029/2020GL092084>
59. Azisov, E., Hoelzle, M., Vorogushyn, S., Saks, T., Usabaliev, R., Esenaman uulu, M., & Barandun, M. (2022). Reconstructed Centennial Mass Balance Change for Golubin Glacier, Northern Tien Shan. *Atmosphere*, 13(6), 954. <https://doi.org/10.3390/atmos13060954>
60. Popovnin V.V., Gubanov A.S., Satylkanov R.A., & Ermenbayev B.O. (2021). Mass balance of the Sary-Tor Glacier reproduced from meteorological data. *Ice and Snow*, 61(1), 58–74. <https://doi.org/10.31857/S2076673421010071>
61. Kenzhebaev, R., Barandun, M., Kronenberg, M., Chen, Y., Usabaliev, R., & Hoelzle, M. (2017). Mass balance observations and reconstruction for Batysh Sook Glacier, Tien Shan, from 2004 to 2016. *Cold Regions Science and Technology*, 135, 76–89. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2016.12.007>

62. Макаревич К.Г., Касаткин Н.Е. Полувековые исследования баланса массы и морфологических изменений Центрального Туюксуйского ледника в Заилийском Алатау. // Лед и снег. – 2011. – №1. – С. 36-44.

63. Brun, F., Wagnon, P., Berthier, E., Shea, J. M., Immerzeel, W. W., Kraaijenbrink, P. D. A., Vincent, C., Reverchon, C., Shrestha, D., & Arnaud, Y. (2018). Ice cliff contribution to the tongue-wide ablation of Changri Nup Glacier, Nepal, central Himalaya. *The Cryosphere*, 12(11), 3439–3457. <https://doi.org/10.5194/tc-12-3439-2018>

64. Sakai, A., Fujita, K., Duan, K., Pu, J., Nakawo, M., & Yao, T. (2006). Five decades of shrinkage of July 1st glacier, Qilian Shan, China. *Journal of Glaciology*, 52(176), 11–16. <https://doi.org/10.3189/172756506781828836>

REFERENCES

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>

2. Kotlyakov, V.M. (otv. red.) (2006). *Oledenenie Severnoi i Tsentral'noi Evrazii v sovremennuyu epokhu* [Glaciation of Northern and Central Eurasia in the Modern Era]. In-t geografii RAN. – M.: Nauka. – 482 p. – ISBN 5-02-035344-2 [in Russian].

3. Makarevich K.G. (2004). Balans i kinematika massy lednikov Tyan'-Shanya na primere lednika Tuyuksu [Balance and kinematics of the mass of Tien-Shan glaciers on the example of Tuyuksu glacier]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*. no 3. – pp. 74-88 [in Russian].

4. Zemp, M., Huss, M., Thibert, E., Eckert, N., McNabb, R., Huber, J., Barandun, M., Machguth, H., Nussbaumer, S. U., Gärtner-Roer, I., Thomson, L., Paul, F., Maussion, F., Kutuzov, S., & Cogley, J. G. (2019). Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*, 568(7752), 382–386. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0>

5. Kapitsa, V., Shahgedanova, M., Severskiy, I., Kasatkin, N., White, K., & Usmanova, Z. (2020). Assessment of Changes in Mass Balance of the Tuyuksu Group of Glaciers, Northern Tien Shan, Between 1958 and 2016 Using Ground-Based Observations and Pléiades Satellite Imagery. *Frontiers in Earth Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00259>

6. Brun, F., Berthier, E., Wagnon, P., Käab, A., & Treichler, D. (2017). A spatially resolved estimate of High Mountain Asia glacier mass balances from 2000 to 2016. *Nature Geoscience*, 10(9), 668–673. <https://doi.org/10.1038/ngeo2999>

7. Barandun, M., Huss, M., Usabaliev, R., Azisov, E., Berthier, E., Käab, A., Bolch, T., & Hoelzle, M. (2018). Multi-decadal mass balance series of three Kyrgyz glaciers inferred from modelling constrained with repeated snow line observations. *The Cryosphere*, 12(6), 1899–1919. <https://doi.org/10.5194/tc-12-1899-2018>

8. Hoelzle, M., Barandun, M., Bolch, T., Fiddes, J., Gafurov, A., Muccione, V., Saks, T., & Shahgedanova, M. (2019). The status and role of the alpine cryosphere in Central Asia. In *The Aral Sea Basin* (pp. 100–121). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429436475-8>

9. Barandun, M., Fiddes, J., Scherler, M., Mathys, T., Saks, T., Petrakov, D., & Hoelzle, M. (2020). The state and future of the cryosphere in Central Asia. *Water Security*, 11, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100072>

10. Makarevich K.G. (2008). Lednik Tsentral'nyi Tuyuksuiskii ot mezhdunarodnogo geofizicheskogo goda do nastoyashchego vremeni [The Central Tuyuksuisky Glacier from the International Geophysical Year to the present time]. «Geograficheskie problemy ustoychivogo razvitiya: teoriya i praktika»: Matr. mezhdunar. nauch.-praktich. konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Ins-ta geografii

AO TsNZMO RK. – Almaty. – pp.81-88 [in Russian].

11. Severskiy I.V., Vilesov E.N., Makarevich G.K., Diyarova K.Sh. (2008). *Glyatsiologicheskie issledovaniya v Kazakhstane: etapy razvitiya, sostoyanie perspektivy* [Glaciological researches in Kazakhstan: stages of development, state, prospects]. «Geograficheskie problemy ustoychivogo razvitiya: teoriya i praktika»: Matr. mezhdunar. nauch.-praktich. konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Ins-ta geografii AO TsNZMO RK. – Almaty. – pp. 136-145 [in Russian].

12. Vilesov E.N., Uvarov V.N. (2001). *Evolutsiya sovremennogo oledeneniya Zailiiskogo Alatau v XX veke* [Evolution of modern glaciation of the Zailiysky Alatau in the 20th century]. – Almaty: Kazak universiteti. – 252 p [in Russian].

13. Makarevich K.G., Kasatkin N.E. (2008). *Poluvekovye issledovaniya balansa massy Tsentral'nogo Tuyuksuiskogo lednika v Zailiiskom Alatau* [Half-century mass balance researches of the Central Tuyuksuisky Glacier in the Zailiyskiy Alatau]. «Geograficheskie problemy ustoychivogo razvitiya: teoriya i praktika»: Matr. mezhdunar. nauch.-praktich. konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Ins-ta geografii AO TsNZMO RK. – Almaty. – pp. 99-111 [in Russian].

14. Vilesov E.N. (2016). *Dinamika i sovremennoe sostoyanie oledeneniya gor Kazakhstana* [Dynamics and current state of glaciation of mountains of Kazakhstan]. – Almaty. – 268 p [in Russian].

15. Severskiy, I., Vilesov, E., Armstrong, R., Kokarev, A., Kogutenko, L., Usmanova, Z., Morozova, V., & Raup, B. (2016). Changes in glaciation of the Balkhash–Alakol basin, central Asia, over recent decades. *Annals of Glaciology*, 57(71), 382–394. <https://doi.org/10.3189/2016AoG71A575>

16. Stocker-Waldhuber, M., Fischer, A., Helfricht, K., & Kuhn, M. (2019). Long-term records of glacier surface velocities in the Ötztal Alps (Austria). *Earth System Science Data*, 11(2), 705–715. <https://doi.org/10.5194/essd-11-705-2019>

17. Hooke, R. LeB. (2019). *Principles of Glacier Mechanics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108698207>

18. Cuffey, K. M., & W.S.B. Paterson. (2010). *The physics of glaciers* (Fourth edition.). Academic Press.

19. Pal'gov N.N. (1958). Opreделение moshchnosti gorn'kh lednikov metodom balansov [Determination of mountain glacier thickness by using the balance method]. *Izv. Vses.geogr. ob-va*, Vol.90, no.2 [in Russian].

20. Cherkasov P.A. (1961). *Dinamika lednikov basseina reki Baskan Dzhungarskogo Alatau v 1956-1957 godakh* [Dynamics of glaciers of the Baskan River basin of the Dzungarian Alatau in 1956-1957]. *Voprosy geografii Kazakhstana*, no.8, pp. 75-97 [in Russian].

21. Mikhalev V.I., Tsvetkov D.G., Shumskii P.A. (1972). K metodike izucheniya mekhanizma kolebaniy lednikov (na primere lednika Obrucheve), Polyarnyi Ural [To the methodology of studying the mechanism of glacier oscillations (using the example of the Obruchev Glacier), Polar Urals]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy. Khronika obsuzhdeniya*, no. 19, pp. 221-236 [in Russian].

22. Makarevich K.G. (2007). *Metodicheskie aspekty issledovaniy balansa massy i kolebaniy gorn'kh lednikov* [Methodological aspects of studies of mass balance and fluctuations of mountain glaciers]. *Metod. ruk-vo*. – Almaty, 104 p [in Russian].

23. Vincent, C., Le Meur, E., Six, D., Funk, M., Hoelzle, M., & Preunkert, S. (2007). Very high-elevation Mont Blanc glaciated areas not affected by the 20th century climate change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D9). <https://doi.org/10.1029/2006JD007407>

24. Réveillet, M., Vincent, C., Six, D., Rabatel, A., Sanchez, O., Piard, L., & Laarman, O. (2021). Spatio-temporal variability of surface mass balance in the accumulation zone of the Mer de Glace, French Alps, from multitemporal terrestrial LiDAR measurements. *Journal of Glaciology*, 67(261), 137–146. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.92>
25. Jourdain, B., Vincent, C., Réveillet, M., Rabatel, A., Brun, F., Six, D., Laarman, O., Piard, L., Ginot, P., Sanchez, O., & Berthier, E. (2023). A method to estimate surface mass-balance in glacier accumulation areas based on digital elevation models and submergence velocities. *Journal of Glaciology*, 69(277), 1403–1418. <https://doi.org/10.1017/jog.2023.29>
26. Vincent, C., Cusicanqui, D., Jourdain, B., Laarman, O., Six, D., Gilbert, A., Walpersdorf, A., Rabatel, A., Piard, L., Gimbert, F., Gagliardini, O., Peyaud, V., Arnaud, L., Thibert, E., Brun, F., & Nanni, U. (2021). Geodetic point surface mass balances: a new approach to determine point surface mass balances on glaciers from remote sensing measurements. *The Cryosphere*, 15(3), 1259–1276. <https://doi.org/10.5194/tc-15-1259-2021>
27. Peltó, B. M., & Menounos, B. (2021). Surface Mass-Balance Gradients From Elevation and Ice Flux Data in the Columbia Basin, Canada. *Frontiers in Earth Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.675681>
28. Belart, J. M. C., Berthier, E., Magnússon, E., Anderson, L. S., Pálsson, F., Thorsteinsson, T., Howat, I. M., Aðalgeirsdóttir, G., Jóhannesson, T., & Jarosch, A. H. (2017). Winter mass balance of Drangajökull ice cap (NW Iceland) derived from satellite sub-meter stereo images. *The Cryosphere*, 11(3), 1501–1517. <https://doi.org/10.5194/tc-11-1501-2017>
29. Schöber, J., Schneider, K., Helfricht, K., Schattan, P., Achleitner, S., Schöberl, F., & Kimbauer, R. (2014). Snow cover characteristics in a glacierized catchment in the Tyrolean Alps - Improved spatially distributed modelling by usage of Lidar data. *Journal of Hydrology*, 519, 3492–3510. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.12.054>
30. Sold, L., Huss, M., Hoelzle, M., Andereggen, H., Joerg, P. C., & Zemp, M. (2013). Methodological approaches to infer end-of-winter snow distribution on alpine glaciers. *Journal of Glaciology*, 59(218), 1047–1059. <https://doi.org/10.3189/2013JoG13J015>
31. Vincent, C., Vallon, M., Pinglot, J. F., Funk, M., & Reynaud, L. (1997). Snow accumulation and ice flow at Dôme du Goutier (4300 m), Mont Blanc, French Alps. *Journal of Glaciology*, 43(145), 513–521. <https://doi.org/10.3189/S0022143000035127>
32. Meier, M. F., & Tangborn, W. V. (1965). Net Budget and Flow of South Cascade Glacier, Washington. *Journal of Glaciology*, 5(41), 547–566. <https://doi.org/10.3189/S0022143000018608>
33. Pal'gov N.N. (1962). Stok lednikov Kazakhstana [Runoff of glaciers of Kazakhstan]. *Glyatsiologicheskie issledovaniya v period MGG. Zailiiskii i Dzhungarskii Alatau*, no. 2. [in Russian].
34. Makarevich K.G. (ed.) (1969). Oledenenie Zailiiskogo Alatau [Glaciation of the Zailiyskiy Alatau]. M.: Nauka, 286 p [in Russian].
35. Cherkasov, P. A., Ahmetova, G. S., & Hastenrath, S. (1996). Ice flow and mass continuity of Shumsky Glacier in the Djungarski Alatau Range of Kazakhstan, Central Asia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D8), 12913–12920. <https://doi.org/10.1029/96JD00615>
36. Ahmetova G.S., Cherkasov P.A., & Hastenrath S. (1998). Regime of Muravlev Glacier in the Djungarskiy Alatau Range of Kazakhstan, Central Asia. *Zeitschrift Fyer Gletscherkunde Und Glazialgeologie*, 34(1), 37–46.
37. Zhang, Z., Xu, Y., Liu, S., Ding, J., & Zhao, J. (2023). Seasonal variations in glacier velocity in the High Mountain Asia region during 2015–2020. *Journal of Arid Land*, 15(6), 637–648. <https://doi.org/10.1007/s40333-023-0016-5>
38. Van Wyk de Vries, M., & Wickert, A. D. (2021). Glacier Image Velocimetry: an open-source toolbox for easy and rapid calculation of high-resolution glacier velocity fields. *The Cryosphere*, 15(4), 2115–2132. <https://doi.org/10.5194/tc-15-2115-2021>
39. Millan, R., Mouginot, J., Rabatel, A., Jeong, S., Cusicanqui, D., Derkacheva, A., & Chekki, M. (2019). Mapping Surface Flow Velocity of Glaciers at Regional Scale Using a Multiple Sensors Approach. *Remote Sensing*, 11(21), 2498. <https://doi.org/10.3390/rs11212498>
40. Yang, R., Hock, R., Kang, S., Guo, W., Shangguan, D., Jiang, Z., & Zhang, Q. (2022). Glacier Surface Speed Variations on the Kenai Peninsula, Alaska, 2014–2019. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 127(3). <https://doi.org/10.1029/2022JF006599>
41. Dehecq, A., Goumelen, N., Gardner, A. S., Brun, F., Goldberg, D., Nienow, P. W., Berthier, E., Vincent, C., Wagnon, P., & Trouvé, E. (2019). Twenty-first century glacier slowdown driven by mass loss in High Mountain Asia. *Nature Geoscience*, 12(1), 22–27. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0271-9>
42. Østrem, G., & Brugman, M. (1991). Glacier mass-balance measurements: a manual for field and office work.
43. Kokarev A.L., Kapitsa V.P., Bolch T., Severskiy I.V., Kasatkin N.E., Shahgedanova M., & Usmanova Z.S. (2022). The results of geodetic measurements of the mass balance of some glaciers in the Zailiyskiy Alatau (Trans-Ili Alatau). *Journal "Ice and Snow,"* 62(4), 527–538. <https://doi.org/10.31857/S2076673422040149>
44. Li, H., Wang, P., Li, Z., Jin, S., Xu, C., Liu, S., Zhang, Z., & Xu, L. (2022). An application of three different field methods to monitor changes in Urumqi Glacier No. 1, Chinese Tien Shan, during 2012–18. *Journal of Glaciology*, 68(267), 41–53. <https://doi.org/10.1017/jog.2021.71>
45. Cao, B., Pan, B., Guan, W., Wang, J., & Wen, Z. (2017). Changes in ice volume of the Ningchan No.1 Glacier, China, from 1972 to 2014, as derived from in situ measurements. *Journal of Glaciology*, 63(242), 1025–1033. <https://doi.org/10.1017/jog.2017.70>
46. Shahgedanova, M., Nosenko, G., Bushueva, I., & Ivanov, M. (2012). Changes in area and geodetic mass balance of small glaciers, Polar Urals, Russia, 1950–2008. *Journal of Glaciology*, 58(211), 953–964. <https://doi.org/10.3189/2012JoG11J233>
47. Makarevich A.K. (1979). O kinematike poverkhnosti gomogo dolinnogo lednika [On the kinematics of the surface of a mountain valley glacier]. *Rezhim lednikov i snezhnykh lavin Kazakhstana. – Alma-Ata: Izd-vo «Nauka» KazSSR*, pp.120-124 [in Russian].
48. Makarevich K.G., Makarevich A.K. (1979). Opyt pryamykh opredelenii skorosti poverkhnosti lednika [Experience of direct determination of glacier surface velocity]. *Rezhim lednikov i snezhnykh lavin Kazakhstana. – Alma-Ata: Izd-vo «Nauka» KazSSR*, pp.125-131 [in Russian].
49. Kotlyakov, V.M., Chemova, L.P., Muraviev, A. Ya., Khromova, T.E., & Zverkova, N.M. (2017). Changes of mountain glaciers in the Southern and Northern Hemispheres over the past 160 years. *Ice and Snow*, 57(4), 453–467. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-4-453-467>
50. Zemp, M., Gärtner-Roer, I., Nussbaumer, S. U., Welty, E. Z., Dussallant, I., & Bannwart, J. (2023). WGMS 2023. Global Glacier Change Bulletin No. 5 (2020–2021). (pp. 1–134). *ISC(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/UNESCO/ WMO, World Glacier Monitoring Service*.
51. Severskii, I., Mukanova, B., Kapitsa, V., Tat'kova, M., Kokarev, A. Shestereva, I. (2024). Izmenenie oledeneniya severnogo sklona Ile Alatau za semidesyatiletnii period [Changes in the glaciation of the northern slope of Ile Alatau over the seventy-year period]. *Vestnik KazNU im. Al'-Farabi, Ser. Geograficheskaya*, Vol. 73, no 2, pp. 59–71 [in Russian].

52. Shahgedanova, M., Afzal, M., Severskiy, I., Usmanova, Z., Saidaliyeva, Z., Kapitsa, V., Kasatkin, N., & Dolgikh, S. (2018). Changes in the mountain river discharge in the northern Tien Shan since the mid-20th Century: Results from the analysis of a homogeneous daily streamflow data set from seven catchments. *Journal of Hydrology*, 564, 1133–1152. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.001>
53. Van Tricht, L., Huybrechts, P., Van Breedam, J., Fürst, J. J., Rybak, O., Satylkanov, R., Ermenbaiev, B., Popovnin, V., Neyns, R., Paice, C. M., & Malz, P. (2021). Measuring and inferring the ice thickness distribution of four glaciers in the Tien Shan, Kyrgyzstan. *Journal of Glaciology*, 67(262), 269–286. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.104>
54. Lambrecht, A., Mayer, C., Bohleber, P., & Aizen, V. (2020). High altitude accumulation and preserved climate information in the western Pamir, observations from the Fedchenko Glacier accumulation basin. *Journal of Glaciology*, 66(256), 219–230. <https://doi.org/10.1017/jog.2019.97>
55. Nosenko G.A., Lavrentiev I.I., Glazovskii A.F., Kazatkin N.E., & A.L. Kokarev. (2016). The polythermal structure of Central Tuyuksu glacier. *Kriosfera Zemli*, XX(4), 105–115. [https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2016-4\(105-115\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2016-4(105-115))
56. Lavrentiev, I., Machguth H., & Kronenberg M. (2018). New data on ice thickness and internal structure of glaciers in Tien-Shan and Pamir-Alay (Kyrgyzstan). *Practical Geography and XXI Century Challenges. International Geographical Union Thematic Conference Dedicated to the Centennial of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences*, 80–80.
57. Farinotti, D., Huss, M., Fürst, J. J., Landmann, J., Machguth, H., Maussion, F., & Pandit, A. (2019). A consensus estimate for the ice thickness distribution of all glaciers on Earth. *Nature Geoscience*, 12(3), 168–173. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0300-3>
58. Barandun, M., Pohl, E., Naegeli, K., McNabb, R., Huss, M., Berthier, E., Saks, T., & Hoelzle, M. (2021). Hot Spots of Glacier Mass Balance Variability in Central Asia. *Geophysical Research Letters*, 48(11). <https://doi.org/10.1029/2020GL092084>
59. Azisov, E., Hoelzle, M., Vorogushyn, S., Saks, T., Usabaliev, R., Esenaman uulu, M., & Barandun, M. (2022). Reconstructed Centennial Mass Balance Change for Golubin Glacier, Northern Tien Shan. *Atmosphere*, 13(6), 954. <https://doi.org/10.3390/atmos13060954>
60. Popovnin V.V., Gubanov A.S., Satylkanov R.A., & Ermenbaiev B.O. (2021). Mass balance of the Sary-Tor Glacier reproduced from meteorological data. *Ice and Snow*, 61(1), 58–74. <https://doi.org/10.31857/S2076673421010071>
61. Kenzhebaev, R., Barandun, M., Kronenberg, M., Chen, Y., Usabaliev, R., & Hoelzle, M. (2017). Mass balance observations and reconstruction for Batysh Sook Glacier, Tien Shan, from 2004 to 2016. *Cold Regions Science and Technology*, 135, 76–89. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2016.12.007>
62. Makarevich K.G., Kasatkin N.E. (2011). Poluvekovye issledovaniya balansa massy i morfologicheskikh izmenenii Tsentral'nogo Tuyuksuiskogo lednika v Zailiiskom Alatau [Half-century researches of the mass balance and morphological changes of the Central Tuyuksuisky Glacier in the Zailiyskiy Alatau]. *Led i sneg*, no 1, pp. 36–44 [in Russian].
63. Brun, F., Wagnon, P., Berthier, E., Shea, J. M., Immerzeel, W. W., Kraaijenbrink, P. D. A., Vincent, C., Reverchon, C., Shrestha, D., & Arnaud, Y. (2018). Ice cliff contribution to the tongue-wide ablation of Changri Nup Glacier, Nepal, central Himalaya. *The Cryosphere*, 12(11), 3439–3457. <https://doi.org/10.5194/tc-12-3439-2018>
64. Sakai, A., Fujita, K., Duan, K., Pu, J., Nakawo, M., & Yao, T. (2006). Five decades of shrinkage of July 1st glacier, Qilian Shan, China. *Journal of Glaciology*, 52(176), 11–16. <https://doi.org/10.3189/172756506781828836>

ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БАУРАЙЫНДАҒЫ ОРТАЛЫҚ ТҮЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫ МАССАСЫНЫҢ БАЛАНСЫ МЕН КИНЕМАТИКАСЫ

В.П. Капица, Н.Е. Касаткин, И.В. Северский г.г.д., профессор, З.С. Усманова*, А.Б. Егоров ж.г.д.

ЖШС «ЮНЕСКОның аясындағы 2-санаттағы Орталық Азия өңірлік гляциологиялық Орталығы», Алматы, Қазақстан

E-mail: zamira_usmanova@mail.ru

2006...2023 жылдар аралығында Орталық Тұйықсу мұздығында тікелей бақылаулар жүргізіліп, соның негізінде сыртқы және ішкі масса алмасу компоненттерінің есептеулері жасалынды, осы есептеулер 1958...1972 және 1977...1992 жылдардағы алынған мәндермен салыстырылды. Масса балансының кинематикалық компоненттерін анықтау үшін жергілікті жерге геодезиялық байланысы бар мұзға бұрғыланған рейкалар қолданылды. Қарастырылып отырған кезеңде мұздық 420 метрге шегінген, масса балансы орта есеппен -0,54 м. с.э., құраса, барлық бақылау кезеңінде, яғни 1958 жылдан бастап, мұздық 1190 м-ге шегінді, ал 1956...2023 жылдардағы масса балансының орташа мәні -0,42 м. с.э. 2006...2023 жылдар кезеңінде кинематикалық қоректену аймағындағы (КҚА) жылдық масса балансы + 0,13 м құрады, сол кезеңде осы аймақтағы абляцияның кинематикалық аймағындағы мұзды шығару -1,24 м құрады, ал КҚА ауданы 17 % - ға өсті, ал абляцияның кинематикалық аймағы (АКА) 46,3 % - ға қысқарды. КҚА мұздың түсуі 1977/78...1991/92 жылдар аралығында АКА-дағы шығындардың жартысының ғана (49,5 %) орнын толтырса, 2006/07...2022/23 жылдар аралығында 75,9 % - ға дейін орнын толтырды. Орталық Тұйықсу мұздығындағы мұз қозғалысының максималды жылдамдығы 1956...65 жылдарда байқалды, ол жылдары жылдамдық жылына 22...24 м/ж құрады, ал 1977...1992 жылдар аралығында 16 м/ж дейін төмендеді, ал 2006...2023 жылдар кезеңінде 12,8 м/ж құрады.

Түйін сөздер: Солтүстік Тянь-Шань, Орталық Тұйықсу мұздығы, мұздық кинематикасы, мұздың қозғалу жылдамдығы, мұздық массасының балансы.

BALANCE AND KINEMATICS OF THE MASS OF CENTRAL TUIYKSU GLACIER, NORTHERN SLOPE OF ILE ALATAU

V.P. Kapitsa, N.Ye. Kassatkin, I.V. Severskiy *doctor of geographical sciences, professor*, **Z.S. Usmanova*, A.B. Yegorov** *doctor of natural sciences*

LLP "Central-Asian regional glaciological centre of category 2 under the auspices of UNESCO", Almaty, Kazakhstan

E-mail: zamira_usmanova@mail.ru

Based on direct observations of the Central Tuiyksu glacier for the period 2006...2023, calculations of the components of external and internal mass transfer are presented and comparison of the obtained values for the periods 1958...1972 and 1977...1992 is provided. To determine the kinematic components of the mass balance, stakes drilled into the ice with geodetic reference on the ground were used. During the considered period, the glacier retreated by 420 meters, the mass balance on average was -0,54 m w.e., for the entire observation period, since 1958, the glacier retreated by 1190 m with the average mass balance value of -0,42 m w.e. for 1956...2023. The annual mass balance in the kinematic accumulation area for the period 2006...2023 was +0,13 m, for the same period the ice replacement from accumulation area to kinematic ablation area was -1,24 m, while kinematic accumulation area increased by 17 %, and kinematic ablation area decreased by 46,3 %. The inflow of ice from kinematic accumulation area compensated losses in kinematic ablation area in the period 1977/78...1991/92 only by half (49,5 %) and in the period from 2006/07 to 2022/23 already by 75,9 %. The maximum ice movement rates of the Central Tuiyksu glacier of 22...24 m/year were observed in the period 1956...65, they decreased to 16 m/year in the period 1977...1992 and in the period 2006...2023 were 12,8 m/year.

Keywords: Northern Tien Shan, Central Tuiyksu glacier, glacier kinematics, glacier surface velocity, glacier mass balance.

Сведения об авторах/ Авторлар туралы мәліметтер/ About the authors:

Капица Василий Петрович – старший научный сотрудник, Центрально-Азиатский Региональный Гляциологический Центр категории 2 под эгидой ЮНЕСКО, ул. Пушкина, 99, Алматы, Казахстан, vasil.geo@mail.ru

Касаткин Николай Евгеньевич – научный сотрудник, Центрально-Азиатский Региональный Гляциологический Центр категории 2 под эгидой ЮНЕСКО, ул. Пушкина, 99, Алматы, Казахстан, kasatkinne@mail.ru

Северский Игорь Васильевич – доктор географ. наук, профессор, главный научный сотрудник, Центрально-Азиатский Региональный Гляциологический Центр категории 2 под эгидой ЮНЕСКО, ул. Пушкина, 99, Алматы, Казахстан, iseverskiy@gmail.com

Усманова Замира Султанкуловна – научный сотрудник, Центрально-Азиатский Региональный Гляциологический Центр категории 2 под эгидой ЮНЕСКО, ул. Пушкина, 99, Алматы, Казахстан, zamira_usmanova@mail.ru

Егоров Александр Борисович – доктор естественных наук, ведущий научный сотрудник, Центрально-Азиатский Региональный Гляциологический Центр категории 2 под эгидой ЮНЕСКО, ул. Пушкина, 99, Алматы, Казахстан, yegorov.alexandr@mail.ru

Капица Василий Петрович – ғылыми қызметкер, ЮНЕСКОның аясындағы 2-санаттағы Орталық Азия өңірлік гляциологиялық Орталығы, Пушкин к-сі, 99, Алматы, Қазақстан, vasil.geo@mail.ru

Касаткин Николай Евгеньевич – ғылыми қызметкер, ЮНЕСКОның аясындағы 2-санаттағы Орталық Азия өңірлік гляциологиялық Орталығы, Пушкин к-сі, 99, Алматы, Қазақстан, kasatkinne@mail.ru

Северский Игорь Васильевич – география ғылымдарының докторы, профессор, ғылыми жетекшісі, ЮНЕСКОның аясындағы 2-санаттағы Орталық Азия өңірлік гляциологиялық Орталығы, Пушкин к-сі, 99, Алматы, Қазақстан, iseverskiy@gmail.com

Усманова Замира Султанқұловна – ғылыми қызметкер, ЮНЕСКОның аясындағы 2-санаттағы Орталық Азия өңірлік гляциологиялық Орталығы, Пушкин к-сі, 99, Алматы, Қазақстан, zamira_usmanova@mail.ru

Егоров Александр Борисович – жаратылыстану ғылымдарының докторы, ғылыми қызметкер, ЮНЕСКОның аясындағы 2-санаттағы Орталық Азия өңірлік гляциологиялық Орталығы, Пушкин к-сі, 99, Алматы, Қазақстан, yegorov.alexandr@mail.ru

Vassiliy Petrovich Kapitsa – senior researcher, Central Asian Regional Glaciological Center as a category 2 under the auspices of UNESCO, Pushkin st., 99, Almaty, Kazakhstan, vasil.geo@mail.ru

Nikolay Yevgenyevich Kassatkin – researcher, Central Asian Regional Glaciological Center as a category 2 under the auspices of UNESCO, Pushkin st., 99, Almaty, Kazakhstan, kasatkinne@mail.ru

Igor Vasilievich Severskiy – doctor of geographical sciences, professor, scientific director, Central Asian Regional Glaciological Center as a category 2 under the auspices of UNESCO, Pushkin st., 99, Almaty, Kazakhstan, iseverskiy@gmail.com

Zamira Sultankulovna Usmanova – researcher, Central Asian Regional Glaciological Center as a category 2 under the auspices of UNESCO, Pushkin st., 99, Almaty, Kazakhstan, zamira_usmanova@mail.ru

Alexandr Borisovich Yegorov – doctor of natural sciences, senior researcher, Central Asian Regional Glaciological Center as a category 2 under the auspices of UNESCO, Pushkin st., 99, Almaty, Kazakhstan, yegorov.alexandr@mail.ru

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/Authors' contribution:

Капица В.П. – разработка концепции, разработка методологии, проведение статистического анализа, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, визуализация

Касаткин Н.Е. – разработка концепции, разработка методологии, проведение статистического анализа, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, визуализация

Северский И.В. – разработка концепции, проведение статистического анализа, ресурсы, подготовка и редактирование текста, визуализация

Усманова З.С. – проведение статистического анализа, проведение исследования, Подготовка и редактирование текста, визуализация

Егоров А.Б. – проведение статистического анализа, проведение исследования

Капица В.П. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Касаткин Н.Е. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Северский И.В. – тұжырымдаманы әзірлеу, статистикалық талдау жүргізу, ресурстар, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Усманова З.С. – статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Егоров А.Б. – статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу

Vassiliy Kapitsa – concept development, methodology development, conducting statistical analysis, conducting a research, preparing and editing the text, visualization

Nikolay Kassatkin – concept development, methodology development, conducting statistical analysis, conducting a research, preparing and editing the text, visualization

Igor Severskiy – concept development, conducting statistical analysis, resources, preparing and editing the text, visualization

Zamira Usmanova – conducting statistical analysis, conducting a research, preparing and editing the text, visualization

Alexandr Yegorov – conducting statistical analysis, conducting a research

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА К ЗАГРЯЗНЕНИЮ УГЛЕВОДОРОДАМИ НА ТЕРРИТОРИИ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАШАГАН

Г.С. Актаева

РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан

E-mail: aktaeva¹⁴@gmail.com

Разработка и эксплуатация морского месторождения углеводородного сырья Кашаган сопровождается техногенным воздействием не только в акватории Каспийского моря, но и на побережье, что связано с созданием наземной инфраструктуры по доставке углеводородов потребителю. Техногенное воздействие носит комплексный характер и приводит к механическому и химическому нарушению природных ландшафтов. Происходит ухудшение водно-воздушного режима, изменяются миграционная способность элементов и геохимический баланс. Также происходит ухудшение роста и развития растительности, гибель почвенной биоты. Проведенное исследование позволило определить степень механической нарушенности и химического загрязнения почвенного покрова и оценить устойчивость почв территории расположения наземных объектов месторождения Кашаган в районе СЗЗ УКП-НиГ «Болашак» к химическому загрязнению. Почвенный покров на территории УКП-НиГ характеризуются комплексностью и представлен 12 типами почв с проявлениями признаков солонцеватости и засоления. Почвы характеризуются низкой обеспеченностью элементами питания и обладают низким агропроизводственным потенциалом или совсем непригодны для ведения сельского хозяйства. Почвенный покров территории характеризуется высокой степенью к самоочищению от углеводородов.

Ключевые слова: нефтедобыча, химическое загрязнение, Кашаган, месторождения, наземная инфраструктура, стационарная экологическая площадка, углеводороды.

Поступила: 20.02.2024 г.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-111-122

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение Кашаган было найдено советскими геофизиками в период 1988...1991 годы. А разработка же взяла начало только в 2000 году, скважиной «Восток-1» (Кампэйнер, Еникеев, 2007). На данный момент является одним из самых самых гигантских месторождений (5,500 км²) на территории Республики Казахстан. Только на этап освоения ушло около 50 млрд долларов, что делает его одним из самых дорогостоящих проектов по миру (Джумабаев, Сыдык, 2017).

Морской комплекс месторождения (МК) стадии опытно-промышленной разработки (ОПР) состоит из нижеперечисленных технологических объектов (рисунок 1): главный остров, остров Д, второстепенные острова А, ЕРС2, ЕРС3, ЕРС4 и трубопроводы поддерживающие связь между островами. Разработка включает в себя добычу, сбор и

первичную подготовку нефти и газа на МК и последующую их на УКП-НиГ (установка комплексной подготовки нефти и газа) (Тюрин, 2014).

Нефть транспортируется с буровых на крупные острова. Тут же смесь углеводородов делится на два компонента, на жидкую фазу и газовую фазы. Дополнительными считаются оборудования для закачки газа и энергетические системы (Геннадиев, Пиковский, 2007). Сырая нефть в жидкой фазе идет на установки комплексной подготовки нефти и газа, где последующем идет трансформация до товарного состояния. Небольшой остаток газа задерживается в целях поддержания потребностей энергопотребления.

Почвенный покров на территории УКП-НиГ характеризуются комплексностью и повсеместным проявлением солонцеватости и засоления, а также низкой обеспеченностью

элементами питания. Они обладают низким агропроизводственным потенциалом или совсем непригодны для ведения сельского хозяйства.

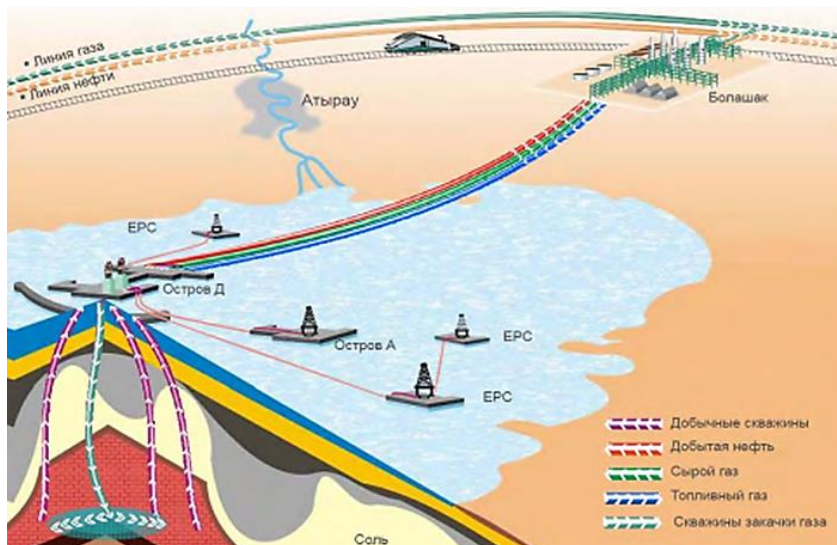


Рис 1. Схема размещения основных объектов ОПР
Источник: (Мырзагалин, 2016)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходные данные. На стационарных экологических площадках (СЭП) ведется постоянный контроль соответствующих количественных показателей. Отбор проб почв и визуальные исследования почвенно-растительного покрова проводят 2 раза в год весной и осенью. В основном контролируется химический состав почв для определения степени его химического загрязнения и для своевременного принятия мер по обезвреживанию. Химическое загрязнение оценивалась по содержанию веществ в пробах на мониторинговых площадках:

- Общие нефтяные углеводороды (нефтепродукты);
- Валовое содержание As, Cu, Pb, Zn;
- Соединения серы (сульфаты, сульфиды, гипс, элементарная и общая сера).

Размещение стационарных экологических площадок показано на рисунке 2. Критерием оценки загрязнения являются предельно-допустимые концентрации вредных элементов (ПДК), установленные нормативными санитарно-гигиеническими документами.

Оценка качества проводилась по точкам мониторинга в пределах СЗЗ УКПНиГ «Болашак» относящиеся к следующим

объектам экологического контроля:

- УКПНиГ (в пределах СЗЗ) – СЭП-5. СЭП-6. СЭП-7. СЭП-42. СЭП-43. СЭП-44. СЭП-46. СЭП-47. СЭП-48;
- УКПНиГ (граница СЗЗ) – СЭП-38. СЭП-39. СЭП-40. СЭП-41;
- Накопительные секции ПРЖТО – СЭП-32. СЭП-33. СЭП-34. СЭП-35;
- Пруды-накопители хозяйственно-бытовых сточных вод – СЭП-9. СЭП-10. СЭП-11. СЭП-12;
- Площадки хранения серы – СЭП-36. СЭП-37;
- Экспортный газопровод – СЭП-21;
- Железнодорожный комплекс – СЭП-45;
- Станция «Болашак» – СЭП-17;
- Вахтовый поселок, зона инженерного обеспечения – СЭП-8.

Поверхностный почвенный горизонт является основным накопителем загрязнителей. Количество, состав загрязнителей и местные ландшафтно-геохимические особенности территории определяет интенсивность трансформации почвенного покрова. Отбор точечных проб почв и грунтов проводился методом конверта на открытой пробной площадке размером 10х10 м с дальнейшим получением объединенных проб с глубины 0...5 и 5...20 см.

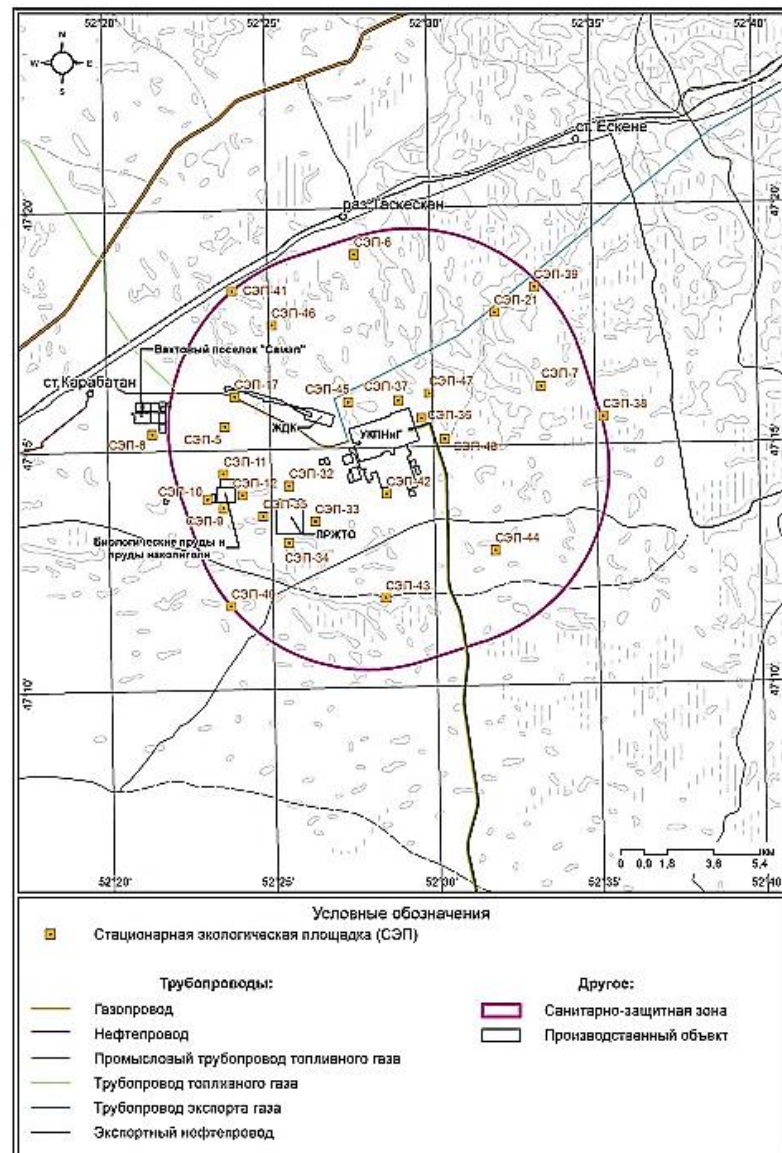


Рис 2. Схема расположения стационарных экологических площадок в пределах СЗЗ УКПНИГ «Болашак»

Результаты анализа химическое загрязнение почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами. Рисунки 3, 4 показывают пространственное распределение углеводородов в почвах. Допустимый уровень – меньше 1000 мг/кг. По данным экологического мониторинга наблюдаемые максимальные значения не больше 30,4 мг/кг. Чаще всего

высокое содержание углеводородов обнаруживается на СЭП вокруг прудов-накопителей хозяйственно-бытовых сточных вод и на СЭП на основном входящем трубопроводе (больше 18,3 мг/кг). В целом, содержание ниже допустимого, соответствует фоновым концентрациям, что означает загрязнение нефтепродуктами отсутствует.

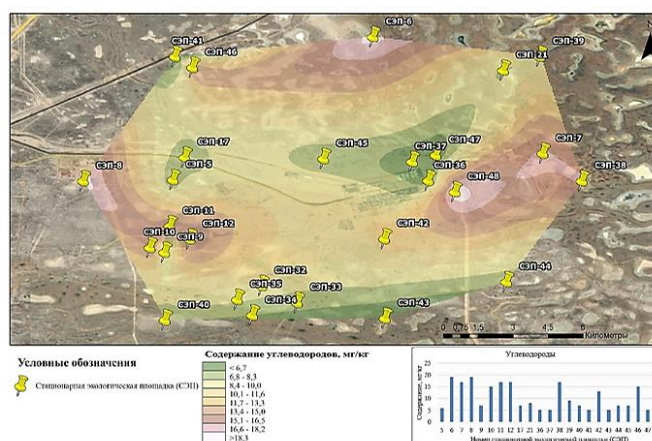


Рис 3. Содержание углеводов в пробах почв на глубине 0...5 см на территории С33 УКПНиГ «Болашақ» (ДУ=1000 мг/кг)

Источник: составлено автором на основании (Проект разработки месторождения Кашаган, 2020)

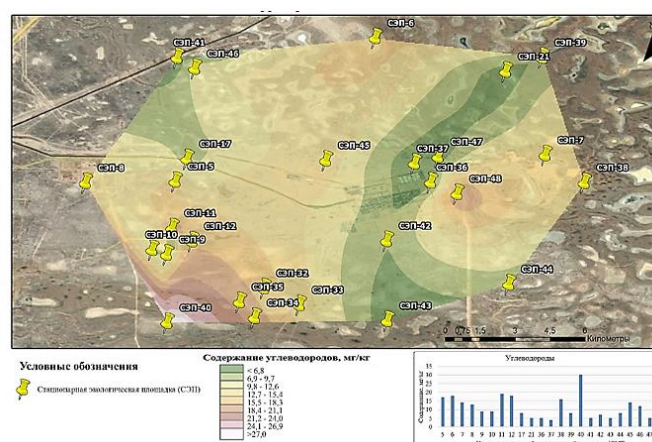


Рис 4. Содержание углеводов в пробах почв на глубине 5...20 см на территории С33 УКПНиГ «Болашақ» (ДУ=1000 мг/кг)

Источник: составлено автором на основании (Проект разработки месторождения Кашаган, 2020)

В целом, нужно учитывать, повышенные концентрации тяжелых металлов в почвах определяются не только с техногенным фактором, но и геохимическими условиями миграции химических соединений в предыдущие периоды почвообразования. Месторождение находится на Прикаспийской низменности, где уже продолжительное время оказывают влияние трансгрессии и регрессии Каспийского моря. На рисунке ниже (рисунок 5) показаны распределения содержаний мышьяка и меди в почвах характерных для данной территории, что свидетельствует их связь с природными условиями почвообразования (Диаров, 2003).

По Республиканскому нормативному документу «Экологические требования в области охраны и использования земельных ресурсов», на сегодняшний день, экологическое состояние почв оценивается как «удов-

летворительное» (Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан, 2024).

Почвенный покров на территории наземной инфраструктуры месторождения Кашаган. Низкое качество земель, слабая интенсивность ведения сельского хозяйства и удаленность от крупных населенных пунктов обеспечили минимальное влияние использование земельных ресурсов при обустройстве инфраструктуры месторождения.

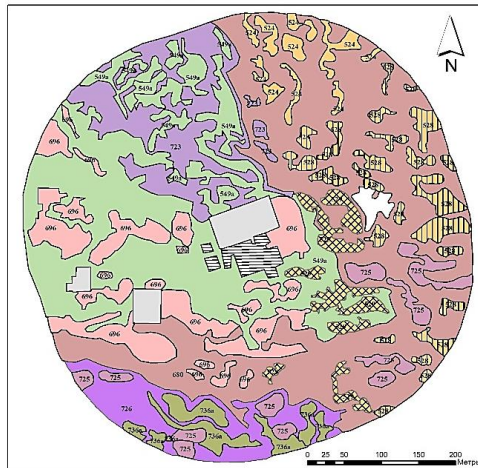
Характерные особенности почвенного покрова на территории:

- Основные типы почв на территории – бурые почвы, солонцы и солончаки;
- Неоднородность и высокая комплексность;
- Широкое развитие интразональных почв;
- Маломощный гумусовый горизонт;

• Широкое развитие процессов засоления и осолонцевания.

Пространственное распространение почв в зоне потенциального воздействия УКП-НиГ, территории СЗЗ представлено на почвенной карте (рисунки 5,6), откорректированной

по результатам исследований научно-исследовательской и проектной компанией в области охраны окружающей среды, ТОО «Казэкопроект», проведенных в 2021...2022 годах (Гилязов, 2020).



Условные обозначения

- Производственные объекты
- Типы почв
- 524 Бурые обычные почвы
 - Бурые солончаковатые почвы
 - Бурые солончаковые почвы
 - 549a Лугово-бурые солонцевато-солончаковатые почвы
 - 736a Луговые приморские солончаковые почвы
 - 680 Солонцы бурые
 - 696 Солонцы лугово-бурые
 - 723 Солончаки типичные
 - 725 Солончаки сорные
 - 726 Солончаки приморские
 - Рекультивированные почвы
 - Техногенно-нарушенные (перемещенные) земли

Рис 5. Почвенная карта на территорию СЗЗ УКПНиГ «Болашак»

Источник: составлено автором на основании (Национальный атлас Республики Казахстан, 2006)

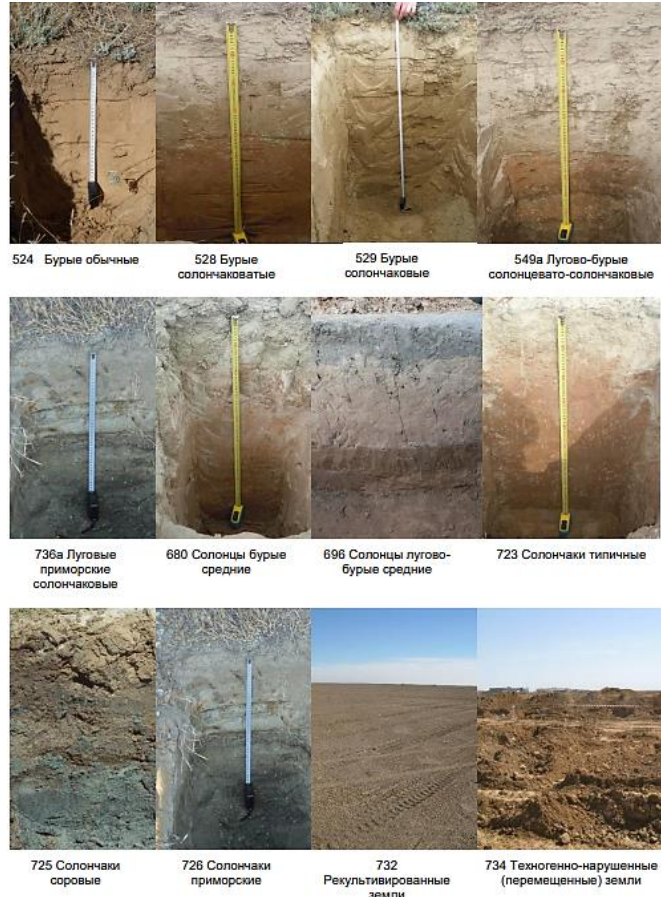


Рис 6. Основные типы почв

Источник: (Проект разработки месторождения Кашаган, 2020)

Методика исследования эколого-геохимической устойчивости почв к химическому загрязнению. В общем смысле, эколого-геохимическая устойчивость (ЭГУ) – это способность почв нейтрализовать отрицательные эффекты воздействия техногенных веществ. Устойчивость почв оценивалась и объединялась в типологические группы по методике М. А. Глазковской. Параметры выбирались по свойствам самих почв, а также степени токсичности и подвижности загрязнителей и опасности их аккумуляции.

Балльные оценки основываются на анализе процессов взаимодействия химических веществ с почвой. В методике М.А.

Глазковской рассмотрены процессы переноса, закрепления и трансформации химических веществ в почвах: растворения-осаждения, окисления-восстановления, сорбции-десорбции, вынос веществ в растворенном состоянии из почв с водными потоками – накопление их в почвах. Одними из главных почвенно-геохимических условий почв является кислотно-основные и окислительно-восстановительные. В первую очередь это определяет форму нахождения элементов в растворе, количество поглощенных веществ и растворимость соединений, которые являются важными условиями в изучении взаимодействия загрязнителей с почвой.

Таблица 1

Параметры почв, использованные при объединении их в типы педобиомов

Параметры	Код	Градации	Балльные оценки веса параметров при группировке почв в типы педобиомов	
			Протон	Металлы
Кислотно-щелочные условия	a ₁	$\frac{\leq 4}{\leq 4,5}$ lim<0,5	13	13
pH $\frac{\text{гор. А}}{\text{гор. В}}$	a ₂	$\frac{4-5}{5-6}$ lim 0,5...1,5	10	10
pH до lim pH 3,5 в гор.А	a ₃	$\frac{5-6}{6-7}$ lim 1,5...2,5	7	7
	a ₄	$\frac{6-7}{7-8}$ lim 2,5...3,5	4	1
	a ₅	$\frac{8-8,5}{>8,5}$ lim 4,5...5,0	1	4
Окислительно-восстановительные условия	ов ₁	> (+550) оглеения нет	0	3
Eh, мв;	ов ₂	(+400)...(+500) оглеения нет	2	2
Признаки оглеения	ов ₃	или очень локальное (+500)...(-200) оглеение	3	1
	ов ₄	значительное (-200)...(-300) оглеение очень	4	0
		значительное		
Мощность горизонта О+АО, см	о ₀	отсутствует	0	0
	о ₁	<5	2	2
	о ₂	5...10	4	4
	о ₃	10...20	6	6
	о ₄	20...40	8	8
	о ₅	>40	10	10
Мощность горизонта А, см	г ₁	<10	1	1
	г ₂	10...20	2	2
	г ₃	20...40	3	3
	г ₄	>40	4	4
Емкость поглощения катионов мг-экв/100 г, в гумусовом горизонте и АО	е ₁	<15	-	1
	е ₂	15...30	-	2
	е ₃	30...60	-	4
	е ₄	>60	-	8
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г в органических и гумусовых горизонтах	об ₁	<1	1	-
	об ₂	1...10	2	-
	об ₃	10...20	3	-
	об ₄	20...40	4	-
	об ₅	40...60	5	-
	об ₆	>60	6	-
Наличие и содержание обменного Na, % от суммы обменных оснований	с ₀	< 5 или отсутствует	0	0
	с ₁	5...10	1	1
	с ₂	10...15	2	2
	с ₃	>15	4	4
Граница вскипания от HCl (наличие карбонатов)	к ₀	карбонаты отсутствуют	0	0
	к ₁	в гор. ВС	1	1
	к ₂	в гор. В	2	2
	к ₃	в гор. АВ	4	4
	к ₄	в гор. А	8	8
	к ₅	с поверхности	9	9
Содержание аморфных гидроксидов Fe+Al %	al ₁	<1	1	1
	al ₂	1...2	2	2
	al ₃	2...3	3	3
	al ₄	>3	4	4

Источник: (Глазовская, 1997)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первый этап оценки – составление базы данных о рангах и балльной оценки

почвенных параметров для каждой почвенной единицы (таблица 2) (Глазовская, 1997).

Таблица 2

Градации и коды параметров, использованные при группировке почв по устойчивости к техногенным воздействиям

Типы почв	Коды параметров								
	a	ов	e	об	c	к	al	o	г
Бурые обычные	a4	ов1	e2	об3	c1	к4	al1	o0	г1
Бурые солончаковатые	a5	ов1	e2	об3	c2	к5	al1	o0	г1
Бурые солончаковые	a5	ов2	e2	об3	c2	к5	al1	o0	г1
Лугово-бурые солонцевато-солончаковые	a5	ов2	e3	об3	c2	к5	al2	o1	г2
Луговые приморские солончаковые	a5	ов3	e3	об4	c3	к5	al2	o1	г2
Солонцы бурые	a5	ов1	e2	об4	c2	к5	al1	o0	г1
Солонцы лугово-бурые	a5	ов2	e3	об4	c2	к5	al1	o0	г1
Солончаки типичные	a5	ов3	e2	об3	c3	к5	al1	o0	г1
Солончаки соровые	a5	ов4	e2	об3	c3	к5	al1	o0	г1
Солончаки приморские	a5	ов3	e1	об2	c3	к5	al1	o0	г1

Источник: составлено автором на основании (Дурасов, Тазабеков, 1981; Глазовская, 1988)

Полученная информация далее будет использована для выполнения программ по оценке геохимической устойчивости почв к кислотной деградации «Протон» и к техногенному поступлению тяжелых металлов по программе «Металлы», приведенными в методическом пособии М. А. Глазовской (1997). Основными загрязняющими веществами почв являются углеводороды, кислотообразующие оксиды, радионуклиды и тяжелые металлы.

Способность почв к потенциальному самоочищению от загрязнения нефтью и нефтепродуктами можно объяснить двумя группами факторов: а) физико-химическим и биологическим разложением нефти и нефтепродуктов в почвах; б) механическим рассеянием нефти и нефтепродуктов. Перечисленные процессы работают однонаправленно, независимо друг от друга, но при этом уменьшая концентрацию углеводородов в почвах. Наиболее оптимальные сочетания данных процессов обеспечивают высокую способность почв к самоочищению (Глазовская, 1988).

Данные две группы факторов инте-

грируются, представляя в конечном итоге суммарную оценку устойчивости почв. Как указывали А.Н.Геннадиев, Ю.А. Пиковский (2007), количество градаций устойчивости зависит от масштабности оценки, ее целей и наличия необходимого материала (Геннадиев, Пиковский, 2007).

Интенсивность разложения углеводов. На интенсивность физико-химического и микробиологического разложения углеводов влияют следующие показатели: окислительно-восстановительный потенциал почв, сумма активных температур, превышающих 10 °С за год, биологическая активность почв (содержание гумусовых веществ, мощность гумусового горизонта), продолжительность вегетационного периода, показатели увлажнения почв, тепловой режим почв (Геннадиев, Пиковский, 2007). Почвы на исследуемом участке по трем последним показателям очень схожи, поэтому автором рассматривалось только распределение суммы активных температур. Данные по вышеперечисленным показателям представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели, определяющие трансформацию углеводов в почве

Тип почвы	Гумус, %	Сумма активных температур выше 10°C	ОВР
Бурые обычные	2	3400...3600	O
Бурые солончаковатые	1,5	3200...3400	O
Бурые солончаковые	0,6	3200...3400	O
Лугово-бурые солонцевато-солончаковатые	5	2000...3200	O-OB
Луговые приморские солончаковые	6	2200...3000	O-OB
Солонцы бурые	3	2800...3600	O-OB
Солонцы лугово-бурые	5	3000...3200	O-OB
Солончаки типичные	2	3400...3600	OB
Солончаки соровые	1,5	3200...3600	OB
Солончаки приморские	1,5	3200...3400	B/FeS/

Источник: (Глазовская, 1997)

Интенсивность миграции углеводов. Потенциальная способность почв к рассеиванию углеводов зависит от двух разнонаправленных групп факторов: 1) *аккумуляция углеводов и закрепление их в почвенном профиле*; 2) *вынос углеводов из почвенного профиля*. В конечном итоге разность данных факторов определит степень интенсивности миграции углеводов в почвенном профиле (Геннадиев, Пиковский, 2007).

Аккумуляции углеводов в почве способствуют следующие факторы: содержание гумусовых веществ в почве, гранулометрический состав. Вынос же углеводов из почвенного профиля определяется: водным режимом почв, количеством выпадающих осадков и наличие солонцеватости в почвах (Рончи, Ортензи, 2009).

Данные по свойствам почв представлены в таблице 4.

Таблица 4

Свойства почв, определяющие интенсивность миграции углеводов

Тип почвы	Гумус, %	Гранулометрический состав	Наличие солонцеватости	Водный режим	Осадки, мм/год
Бурые обычные	2	Средне- и легкосуглинистый и супесчаный	-	Непромывной	100...300
Бурые солончаковатые	1,5	Средне- и легкосуглинистый и супесчаный	+/-	Непромывной	100...220
Бурые солончаковые	0,6	Средне- и легкосуглинистый и супесчаный	+	Непромывной с элементами пульсационного	150...200
Лугово-бурые солонцевато-солончаковатые	5	Глинистый и тяжелосуглинистый	-	Непромывной с элементами пульсационного	150...200
Луговые приморские солончаковые	6	Глинистый и тяжелосуглинистый	-	Непромывной с элементами пульсационного	150...200
Солонцы бурые	3	Засоленные глины суглинки	+	Пульсационный элементами выпотного	с 100...200
Солонцы лугово-бурые	5	Засоленные глины суглинки	+	Пульсационный	150...200
Солончаки типичные	2	Супесчаный, песчаный	+	Выпотной	100...200
Солончаки соровые	1,5	Легкосуглинистый	+	Выпотной	100...200
Солончаки приморские	1,5	Легкосуглинистый	+	Выпотной с периодическим затоплением	100...150

Источник: составлено автором на основе (Дурасов, Тазабеков, 1981; Глазовская, 1988)

В результате анализа полученных данных по интенсивности миграции и разложения углеводородов, почвы исследуемого участка можно разделить на 5 категорий с разным уровнем относительной устойчивости к загрязнению нефтью и нефтепродуктами (таблица 5):

1) Почвы с высокой интенсивностью разложения и сильной, умеренной интенсивностью миграции. К ним отнеслись бурые обычные и солонцы бурые.

2) Почвы со средней интенсивностью разложения и сильной, умеренной интенсивностью миграции. К ним солонцы лугово-бу-

рые, солончаки типичные, солончаки соровые.

3) Почвы с низкой интенсивностью разложения и сильной, умеренной интенсивностью миграции. К ним отнеслись лугово-бурые солонцевато-солончаковатые и луговые приморские солончаковые почвы.

4) Почвы с высокой, средней интенсивностью разложения и слабой интенсивностью миграции. К ним отнеслись бурые солончаковатые и бурые солончаковые.

5) Почвы с низкой интенсивностью разложения и слабой интенсивностью миграции. К ним отнеслись солончаки приморские.

Таблица 5

Устойчивость почв к углеводородному загрязнению

Уровни устойчивости почв	Типы почв	Интенсивность физико-химического и микробиологического разложения углеводородов	Интенсивность миграции углеводородов в почвенном профиле
очень высокий	Бурые обычные, солонцы бурые	Высокая	Сильная, умеренная
высокий	Солонцы лугово-бурые, солончаки типичные, солончаки соровые	Средняя	Сильная, умеренная
средний	Лугово-бурые солонцевато-солончаковатые, луговые приморские солончаковые	Низкая	Сильная, умеренная
низкий	Бурые солончаковатые, бурые солончаковые	Высокая, средняя	Слабая
очень низкий	Солончаки приморские	Низкая	Слабая

На основе вышеизложенных данных была составлена карта относительной устойчивости почв территории СЗЗ УКПНиГ

«Болашак» к загрязнению нефтью и нефтепродуктами (рисунок 7).

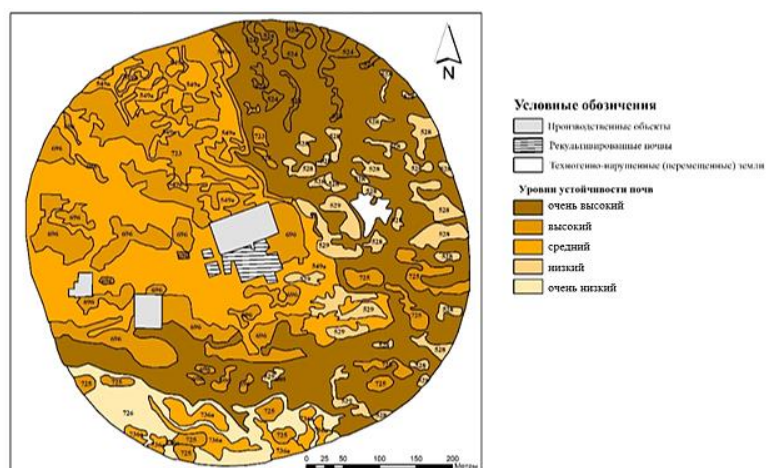


Рис 7. Карта устойчивости почв территории СЗЗ УКПНиГ «Болашак» к загрязнению нефтью и нефтепродуктами

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило определить степень загрязнения нефтью и нефтепродуктами почвенного покрова и оценить устойчивость почв территории расположения наземных объектов месторождения Кашаган в районе СЗЗ УКПНиГ «Болашак». Таким образом, в результате анализа карты устойчивости почв территории СЗЗ УКПНиГ «Болашак» к загрязнению нефтью и нефтепродуктами следует сказать, что большая территория области представлена почвами, в которых активно протекают процессы разложения нефти и нефтепродуктов. Также в них активно протекает миграция продуктов разложения (очень высокая). Далее по распространению идут почвы с хорошей интенсивностью миграции углеводородов, однако уже со средней (высокой) и низкой (средней) интенсивностью разложения, распространены на северо-западной части территории. Почвы с высокой и средней уровнями разложения и слабой миграции (низкой) встречаются точечно на восточной части. Почвы с низкой интенсивностью разложения и соответственно и миграции (очень низкой) представлены лишь одним типом почв (солончаки приморские), расположенные на юге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиладзов Е.Г. Новые материалы. Нефтехимия и экология/ – Атырау: «НАО Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева», 2020.
2. Диаров М.Д. Экология и нефтегазовый комплекс: Том 2, 4 - Алматы: Галым, 2003. – 832 с.
3. Джумабаев М. Л., Сыдык Т. Перспективы развития нефтегазовой промышленности Казахстана, 2017. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_30618663_58321664.pdf (Дата обращения: 08. 02. 2024)
4. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P100001072> (Дата обращения: 07. 01. 2024)
5. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами полициклическими ароматическими углеводородами: метод и опыт составления/ – Москва: изд-во МГУ, 2007.
6. Кампэйнер Н., Еникеев Ш. Месторождение Кашаган: тестовый пример для управления нефтегазовым сектором Казахстана, 2008. URL: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/-Public/42/050/42050161.pdf> (Дата обращения: 17. 12. 2024)
7. Мырзагалин А. Проект обустройства объектов опыт-

но – промышленной разработки м/р Кашаган. Наземный комплекс. УКПНиГ, 2016.

8. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – Изд-во Московского университета.,1997. –107 с.
9. Дурасов А.М., Тазабеков Т.Т. Почвы Казахстана/ Алматы: Издательство «Кайнар», 1981.
10. Рончи П., Ортензи А. Диагенетические процессы и их влияние на петрофизические свойства коллектора Кашаганской карбонатной платформы // Статья AAPG Search and Discovery. Денвер, штат Колорадо. 2009 г. URL: https://crudeaccountability.org/wp-content/uploads/ENG_Kashagan_report_Final1-1.pdf (Дата обращения: 15. 12. 2023)
11. Тюрин А.М. Шах-Дениз – мегапроект Каспийского региона //Недра Поволжья и Прикаспия, – 2014.– Вып. 78.– С. 10–13.
12. Национальный атлас Республики Казахстан/ Алматы, 2006.
13. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. - Москва: Высшая школа, 1988. – 102 с.
14. Проект разработки месторождения Кашаган. Предварительная оценка воздействия на окружающую среду, 2020.

REFERENCES

1. Gilazhov, E.G. (2020). Novye materialy. Neftekhimiya i ekologiya [New materials. Petrochemistry and ecology]. Atyrau: «NAO Atyrau University of Oil and Gas named after S.Utebayev» [in Russian].
2. Diarov, M.D. (2003). Ekologiya i neftegazovyi kompleks [Ecology and the oil and gas complex]. Volume 2, 4. Almaty: Galym, 832 p [in Russian].
3. Dzhumabaev, M. L., Sydyk, T. (2017). Perspektivy razvitiya neftegazovoi promyshlennosti Kazakhstana, [Prospects for the development of the oil and gas industry in Kazakhstan]. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_30618663_58321664.pdf (Date of application: 08. 02. 2024) [in Russian].
4. Informatsionno-pravovaya sistema normativnykh pravovykh aktov Respubliki Kazakhstan [Information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan]. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P100001072> (Date of application: 07. 01. 2024) [in Russian].
5. Gennadiev, A.N., Pikovskiy, Yu.I. (2007). Karty ustoichivosti pochv k zagryazneniyu nefteproduktami politsiklicheskimi aromaticeskimi uglevodorodami: metod i opyt sostavleniya [Maps of soil resistance to pollution by petroleum products with polycyclic aromatic hydrocarbons: method and experience of compilation]. Moscow: Publishing House of Moscow State University,. [in Russian].
6. Kampainer N., Yenikeev S. (2008). Mestorozhdenie Kashagan: testovyi primer dlya upravleniya neftegazovym sektorom Kazakhstana [Kashagan field: a test case for managing the oil and gas sector of Kazakhstan]. URL: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/-Public/42/050/42050161.pdf> (Date of application: 17. 12. 2023) [in Russian].

7. Myrzagalin, A. (2016). Proekt obustroistva ob"ektov opytно – promyshlennoi razrabotki m/r Kashagan. Nazemnyi kompleks [The project of arrangement of objects of experimental industrial development of Kashagan. The ground complex]. UKPNiG. [in Russian].
8. Glazovskaya, M.A. (1997). Metodologicheskie osnovy otsenki ekologo-geokhimicheskoi ustoichivosti pochv k tekhnogennym vozdeistviyam [Methodological foundations for assessing the ecological and geochemical stability of soils to man-made impacts]. Publishing house of Moscow University. -107 p. [In Russian].
9. Durasov, A.M., Tazabekov, T.T. (1981) Pochvy Kazakhstana [Soils of Kazakhstan]. Almaty: Kainar Publishing House. [in Russian].
10. Ronchi, P., Ortenzi, A. Diageneticheskie protsessy i ikh vliyanie na petrofizicheskie svoistva kollektora Kashaganskoi karbonatnoi platformy [Diagenetic processes and their influence on the petrophysical properties of the Kashagan carbonate platform reservoir] // Article AAPG Search and Discovery. Denver, Colorado. 2009 URL: https://crudeaccountability.org/wp-content/uploads/ENG_Kashagan_report_Final1-1.pdf (Date of application: 15. 12. 2023) [in Russian].
11. Tyurin, A.M. Shah, Deniz. (2014) megaproekt Kaspiiskogo regiona [megaproject of the Caspian region] / Subsoil of the Volga region and the Caspian Sea.– Issue 78.– pp. 10-13. [in Russian].
12. Natsional'nyi atlas Respubliki Kazakhstan [National Atlas of the Republic of Kazakhstan]. Almaty. 2006. [in Russian].
13. Glazovskaya, M.A. (1988). Geokhimiya prirodnikh i tekhnogennykh landshaftov SSSR [Geochemistry of natural and man-made landscapes of the USSR]. Moscow: Higher School,. – 102 p [in Russian].
14. Proekt razrabotki mestorozhdeniya Kashagan. Predvaritel'naya otsenka vozdeistviya na okruzhayushchuyu sredu [Kashagan field development project. Preliminary environmental impact assessment].2020 [in Russian].

ҚАШАҒАН КЕН ОРНЫНЫҢ ЖЕРҮСТІ КЕШЕНІНІҢ АУМАҒЫНДА КӨМІРСУТЕКТЕРМЕН ЛАСТАНУҒА ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ

Г.С. Актаева

«Қазгидромет» РМК, Астана, Қазақстан

E-mail: aktaeva14@gmail.com

Қашаған көмірсутегі шикізатының Теңіз кен орнын игеру және пайдалану Каспий теңізінің акваториясында ғана емес, сонымен қатар жағалауда да техногендік әсермен қатар жүреді, бұл тұтынушыға көмірсутектерді жеткізу бойынша жерүсті инфрақұрылымын құрумен байланысты. Техногендік әсер күрделі және табиғи ландшафттардың механикалық және химиялық бұзылуына әкеледі. Су-ауа режимінің нашарлауы байқалады, элементтердің көші-қон қабілеті мен геохимиялық тепе-теңдік өзгереді. Өсімдіктердің өсуі мен дамуының нашарлауы, топырақ биотасының өлімі де бар. Жүргізілген зерттеу топырақ жамылғысының механикалық бұзылуының және химиялық ластануының дәрежесін анықтауға және «Болашақ» ММГКДҚ СҚА ауданындағы Қашаған кен орнының жер үсті объектілерінің химиялық ластануға тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік берді. ММГКДҚ аумағындағы топырақ жамылғысы кешенділікпен сипатталады және тұздану және тұздану белгілері бар топырақтың 12 түрімен ұсынылған. Топырақ қоректік заттармен қамтамасыз етілуінің төмендігімен сипатталады және агроөнеркәсіптік әлеуеті төмен немесе ауыл шаруашылығына мүлдем жарамсыз. Аумақтың топырақ жамылғысы көмірсутектерден өзін-өзі тазартудың жоғары деңгейімен сипатталады.

Түйін сөздер: мұнай өндіру, химиялық ластану, Қашаған, кен орны, жерүсті инфрақұрылымы, стационарлық экологиялық алаң, көмірсутектер.

ASSESSMENT OF THE STABILITY OF THE SOIL COVER TO HYDROCARBON POLLUTION IN THE TERRITORY OF THE ONSHORE COMPLEX OF THE KASHAGAN FIELD

G. Aktayeva

*RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan
E-mail: aktaeva14@gmail.com*

The development and operation of the Kashagan offshore hydrocarbon deposit is accompanied by man-made impacts not only in the Caspian Sea, but also on the coast, which is associated with the creation of an onshore infrastructure for the delivery of hydrocarbons to the consumer. Man-made impacts are complex and lead to mechanical and chemical disruption of natural landscapes. The water-air regime is deteriorating, the migration ability of elements and the geochemical balance are changing. There is also a deterioration in the growth and development of vegetation, the death of soil biota. The conducted research made it possible to determine the degree of mechanical disturbance and chemical contamination of the soil cover and to assess the soil resistance of the territory of the location of the Kashagan field's surface facilities in the area of the SPZ IOaGTP Bolashak to chemical contamination. The soil cover on the territory of IOaGTP is characterized by complexity and is represented by 12 types of soils with signs of salinity and salinity. Soils are characterized by low availability of nutrients and have low agricultural production potential or are completely unsuitable for farming. The soil cover of the territory is characterized by a high degree of self-purification from hydrocarbons.

Keywords: oil production, chemical pollution, Kashagan, oil field, ground infrastructure, stationary ecological site, hydrocarbons.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Актаева Гульшат Сабырқызы – Ведущий научный сотрудник Управления климатических исследований, Научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет», Астана, Мәңгілік ел 11/1, aktaeva14@gmail.com

Актаева Гульшат Сабырқызы - «Қазгидромет» РМК Ғылыми-зерттеу орталығының Климаттық зерттеулер басқармасының жетекші ғылыми қызметкері, Астана, Мәңгілік ел 11/1, aktaeva14@gmail.com

Aktayeva Gulshat - Leading Researcher at the Climate Research Department, Research Centre of RSE «Kazhydromet», Astana, Mangilik el 11/1, aktaeva14@gmail.com

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.О. Кожажулов, В.Г. Сальников д.г.н., Г.К. Байдаулетова*

НАО Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: carlugast69@gmail.com

Статья посвящена пространственному анализу атмосферных выбросов в Западно-Казахстанской области. В структуре выбросов прослеживаются изменения в связи с ростом производства, увеличением доли транспорта, строительства новых производственных объектов. Однако, в разрезе видов экономической деятельности основная доля принадлежит промышленности. Установлено, что главными загрязнителями атмосферы выступают нефтегазовый, энергетический секторы, а также транспорт. Исследования показывают, что территориально районы преимущественного расположения промышленных объектов и социальной инфраструктуры региона (Бурли, Байтерек, г. Уральск) оказывают наибольшее антропогенное воздействие на атмосферу. Очистка атмосферных воздушов, от вредных примесей, в первую очередь твердых частиц, частично проводится только в указанных зонах, тогда как в других районах области очистные установки отсутствуют. Вышеназванные северные районы промышленной зоны области характеризуются высокими значениями рассчитанных коэффициентов загрязнения атмосферы. В противоположность этому в районах Акжайык, Каратобе, Жанибек и Бокейорда указанные показатели минимальные, что говорит о значительной неравномерности распределения атмосферных загрязнений. Выполненная работа является основой для углубленного анализа оценки качества атмосферного воздуха индустриально-аграрного центра.

Ключевые слова: атмосферные выбросы, стационарные источники загрязнения атмосферы, мониторинг, пространственный анализ.

Поступила: 01.04.2024 г.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-123-137

ВВЕДЕНИЕ

Экономическое использование и природно-ресурсный потенциал территорий должны сосредотачиваться на соблюдении экологического баланса, сохранении природных экосистем и их восстановлении (Михеева А.С., 2007; Кожажулов С.О., Сальников В.Г., 2024). Атмосферный воздух, в отличие от других природных объектов, более всего связан с жизненными интересами людей; его качество оказывает непосредственное влияние на здоровье и окружающую среду. Уровень антропогенной нагрузки и загрязнения атмосферного воздуха во многом определяется географическим расположением населённых пунктов, размещением промышленных объектов, сельскохозяйственной деятельности и плотности транспортной сети (Имашев Э.Ж., 2011). При этом, такие факторы, как равнинный рельеф,

интенсивные ветры и засушливый климат, способствуют рассеиванию загрязняющих веществ и примесей в атмосферном воздухе. В систему административно-территориального устройства Западно-Казахстанской области (ЗКО) (на 03.01.2024) входят 12 административных районов, 156 аульных (сельских) округов, 3 поселковых округов, один город (г. Уральск) областного значения и один город (г. Аксай) районного значения, 477 сельских населённых пунктов (Бюро национальной статистики Республики Казахстан). ЗКО имеет высокий ресурсный потенциал и статус развитого индустриально-аграрного региона страны, где действует компания Карачаганак Петролеум Оперейтинг (КПО) на базе крупнейшего в мире и одного из самых сложных с технической точки зрения Карачаганакского нефтегазоконденсатного

месторождения (КНГКМ), которое расположено в 16 км на восток от города Аксай и в 150 км от города Уральска (Кожажулов С.О., Сальников В.Г., 2024; Бюро национальной статистики Республики Казахстан). Площадь месторождения равна 280 км² и содержит более 1,2 млрд. т. нефти и конденсата и более 1,35 трлн. м³ газа, занимая по этому показателю 15-е место в мире. На долю области в республике приходится 97 % от объема добычи газового конденсата и 37 % от объема добычи газа. Также имеются значительные запасы борно-калийных солей, цементного сырья, аллювиального песка, керамзитовых глин и калийно-магниевых солей (Кожажулов С.О., Сальников В.Г., 2024; Бюро национальной статистики Республики Казахстан). Следует отметить, что в западном регионе Казахстана сосредоточено более 90 % всех балансовых запасов углеводородов. В том числе 13466,9 млн. т геологических и 4457,3 млн. т извлекаемых запасов нефти, а также 1322,6 млрд. м³ свободного газа. При этом на Атыраускую область приходится 73 % запасов нефти, а на Западно-Казахстанскую область – 62 % запасов свободного газа (Бюро национальной статистики Республики Казахстан).

Экосистемы ЗКО отличаются высокой уязвимостью к техногенным воздействиям, поскольку в большинстве секторов экономики области наблюдается неэффективное использование природных ресурсов, высокое энергопотребление, нерациональные методы ведения сельского хозяйства. К этому следует добавить плохое состояние дорожной инфраструктуры (только 39 % дорог в удовлетворительном состоянии), высокий износ линий электропередач и подстанций АО «Западно-Казахстанская РЭК» – 85 %, сетей теплоснабжения – 50,4 %, водопроводных сетей – 60,5 %, канализационных сетей – 61,3 %, низкий уровень переработки отходов (11 %), приводящих к загрязнению всех компонентов окружающей среды, и в первую очередь, атмосферного воздуха (Adilet, 2022). Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в ЗКО являются предприятия нефтегазового комплекса, котельные, автотранспорт, элеваторы и асфальтобетонные заводы (<https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents>). Для обеспечения полной и точной информации распределение станций наблюдения

за качеством атмосферного воздуха должно принимать во внимание различные факторы, включая населенные пункты, промышленные зоны, транспортные магистрали, природные заповедники и другие аспекты (Adilet, 2021a).

РГП «Казгидромет» в рамках мониторинга за состоянием окружающей среды в ЗКО (по состоянию на конец 2022 г.) ведет наблюдения за качеством атмосферного воздуха: в городе Уральск ведутся на четырёх автоматических станциях, в городе Аксай – на одной автоматической станции, а в посёлке Бурли – также на одной автоматической станции. В Уральске контролируется до семи показателей: 1) диоксид серы; 2) оксид углерода; 3) диоксид азота; 4) оксид азота; 5) озон; 6) сероводород; 7) аммиак. В городе Аксай измеряются до пяти показателей: 1) диоксид серы; 2) оксид углерода; 3) диоксид азота; 4) оксид азота; 5) сероводород; 6) аммиак. В посёлке Бурли контролируется до трёх показателей: 1) диоксид серы; 2) озон; 3) сероводород. Кроме стационарных постов в Уральске также функционирует передвижная экологическая лаборатория (1 точка), с помощью которой осуществляется измерение качества воздуха по девяти показателям: 1) взвешенные частицы (пыль); 2) диоксид серы; 3) оксид углерода; 4) диоксид азота; 5) оксид азота; 6) сероводород; 7) углеводороды; 8) формальдегид; 9) бензол (данные на конец первого квартала 2024 года) (Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан; Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Западно-Казахстанской области, 2024). Представленные данные показывают незначительный охват территории ЗКО государственной сетью наземного мониторинга, преимущественно концентрируемой вокруг областных центров и крупных промышленных предприятий.

Для управления качеством атмосферного воздуха весьма важно своевременно определять источники загрязнения, с учетом проектируемых, строящихся и реконструируемых объектов, которые потенциально могут загрязнять атмосферу, а также контролировать разработку и реализацию генеральных планов городов, населённых пунктов и промышленных зон в отношении размещения промышленных предприятий и санитарно-защитных зон

(Михеева А.С., 2007; Имашев Э.Ж., 2011). Использование технологии мониторинга загрязнения на основе сочетания дистанционного зондирования, наземных станций государственной сети мониторинга, автоматических станций производственного мониторинга, моделирования качества воздуха с применением методов машинного обучения и искусственного интеллекта позволит обеспечить комплексный подход к оценке динамики качества воздуха ЗКО. Мониторинг, анализ данных и их интерпретация, моделирование, раннее предупреждение о высоких уровнях загрязнения является методической основой для управления качеством атмосферного воздуха (Сальников В.Г. и др., 2024). В этом смысле пространственный анализ загрязнения воздушного бассейна ЗКО является важной составной частью планомерной работы по обеспечению качества атмосферного воздуха региона. Следует отметить, что подобные исследования не проводились с 2018 г.

Цель исследования: проведение пространственного анализа загрязнения атмосферного воздуха ЗКО.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ежегодные данные статистической отчетности о состоянии окружающей среды РК за 2018...2022 гг. были использованы как материалы для анализа загрязнения атмосферного воздуха (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан). В соответствии со статьей 182, пункт 1 Экокодекса Республики Казахстан операторы объектов I и II категорий обязаны осуществлять производственный экологический контроль (Adilet, 2021a). Для выполнения требований законодательства в области охраны атмосферного воздуха, в том числе для соблюдения нормативов предельно допустимых выбросов при эксплуатации производственных объектов, предусматривается система контроля источников загрязнения атмосферы. Контроль качества воздуха на КПО осуществляет независимая подрядная аккредитованная лаборатория – ТОО ИПЦ «Gidromet LTD», которая ведет анализ состояния атмосферы в селах Березовка, Бестау, Жарсуат, Жанаталап, Димитрово,

Карачаганак, Приуральное, Успенровка, а также в городе Аксай, который является административным центром Карачаганака. Проведение измерений предусмотрено 1 раз в квартал в соответствии с документом (Adilet, 2021b).

Для оценки степени антропогенного воздействия атмосферных поллютантов для всех районов ЗКО рассчитывался коэффициент загрязнения (Катм), на основе использования формулы:

$$K_{\text{атм}} = A / \sqrt{S \times N},$$

где: А – выбросы в атмосферу вредных веществ, тыс. тонн;

S – площадь территории, тыс. км²;

N – среднегодовая численность населения, тыс. человек (Михеева А.С., 2007; Имашев Э.Ж., 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сформировавшаяся в Казахстане, как и других странах Центральной Азии неустойчивая экспортно-сырьевая модель экономики приводит к существенным эколого-экономическим потерям (Yang, W., et.al. 2023; Nguyen, A. T., 2019). Такая экономика загрязняет окружающую среду и в первую очередь атмосферный воздух. Так, в Казахстане существует сильная зависимость от угля и других ископаемых видов топлива, что приводит к высоким выбросам загрязняющих веществ в атмосферу. На долю промышленности и энергетики, основанных на добыче и переработке угля, углеводородов, приходится основная доля выбросов парниковых газов. Увеличение числа стационарных источников загрязнения атмосферы в связи с динамичным развитием промышленности, транспорта, строительства, сервиса и проч. инфраструктуры в ЗКО, выглядит так: 1998 г. – 1781, 2008 – 6283, 2021 г. – 11 958, 2022 г. – 11747 (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан). На рисунках 1 и 2 показана динамика роста количества стационарных источников и объема выбрасываемых вредных веществ в атмосферу по ЗКО. Объемы наблюдаемых атмосферных загрязняющих веществ в ЗКО составляет 6,5 % от общих выбросов по Западно-Казахстанскому региону.

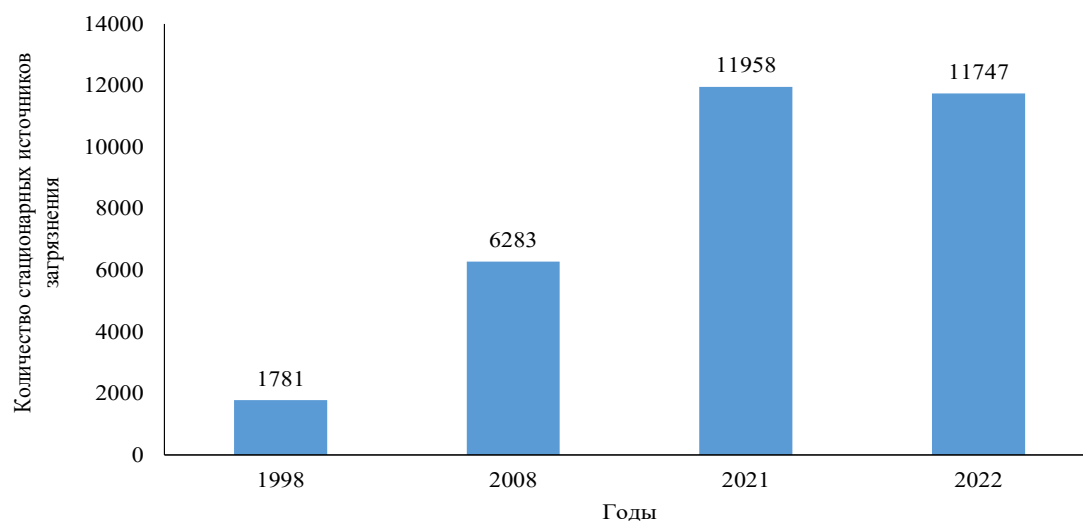


Рис. 1. Динамика роста количества стационарных источников загрязнения атмосферы по ЗКО
 Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

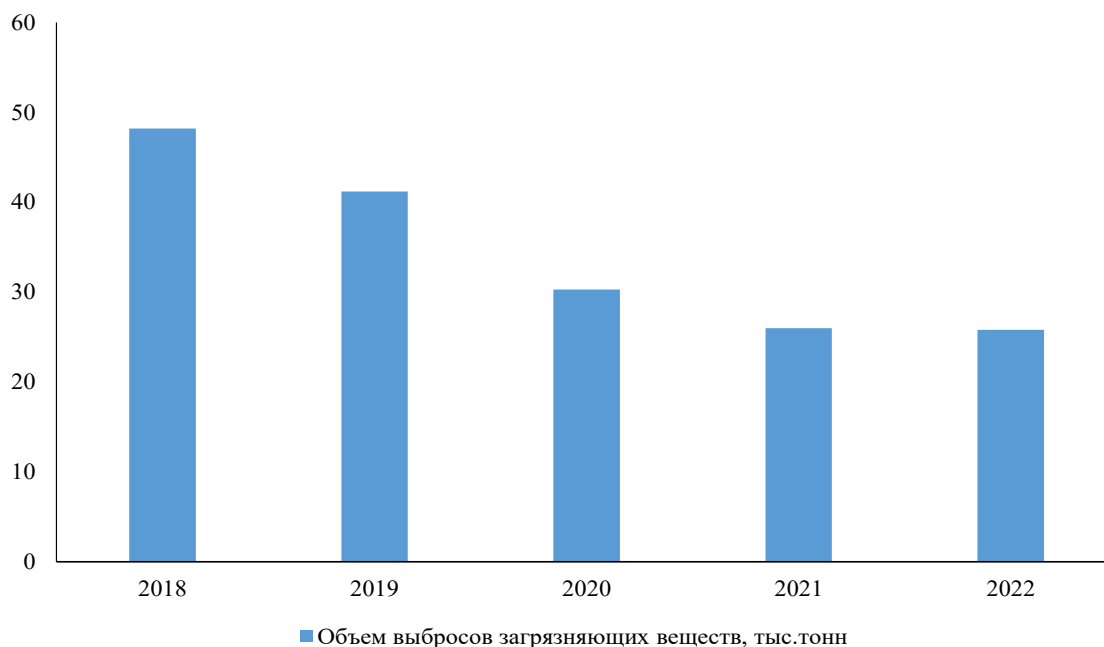


Рис. 2. Динамика изменения атмосферных выбросов в Западно-Казахстанской области с 2018...2022 гг.
 Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

Стационарные источники выбросов загрязняющих веществ в разрезе видов

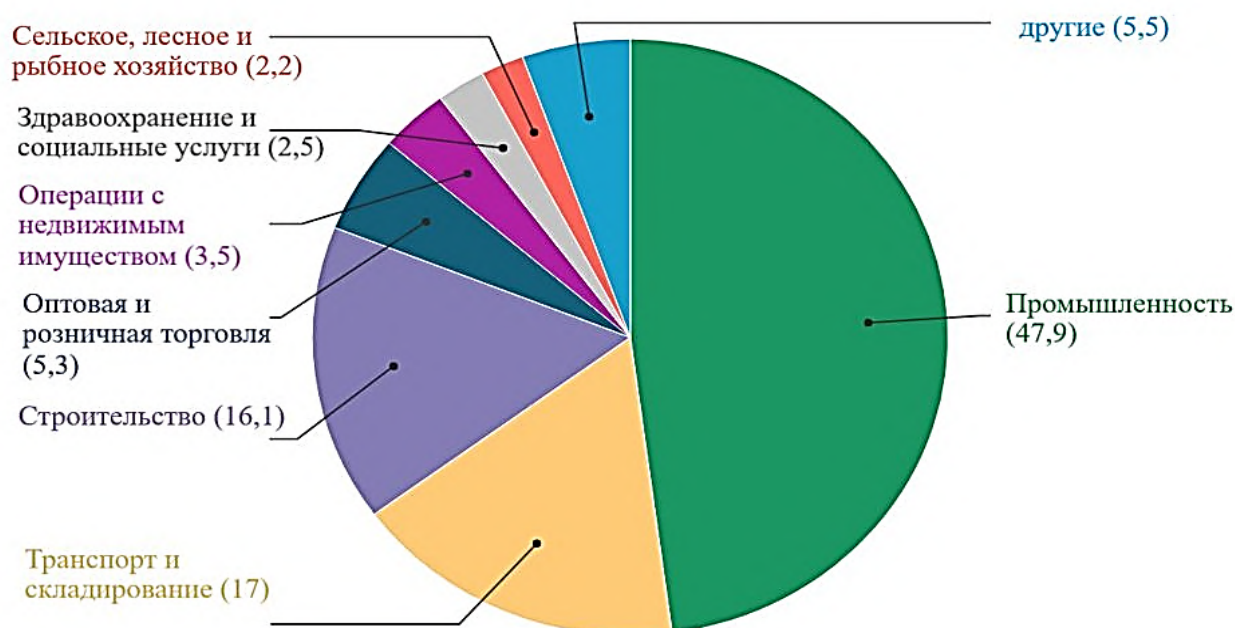


Рис.3. Характеристика источников атмосферных загрязнений по видам экономической деятельности в ЗКО за 2022 год.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан)

По предприятиям с установленными нормами ПДВ в разрезе видов экономической деятельности



Рис. 4. По предприятиям с установленными нормами ПДВ в разрезе видов экономической деятельности в ЗКО за 2022 г.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан)

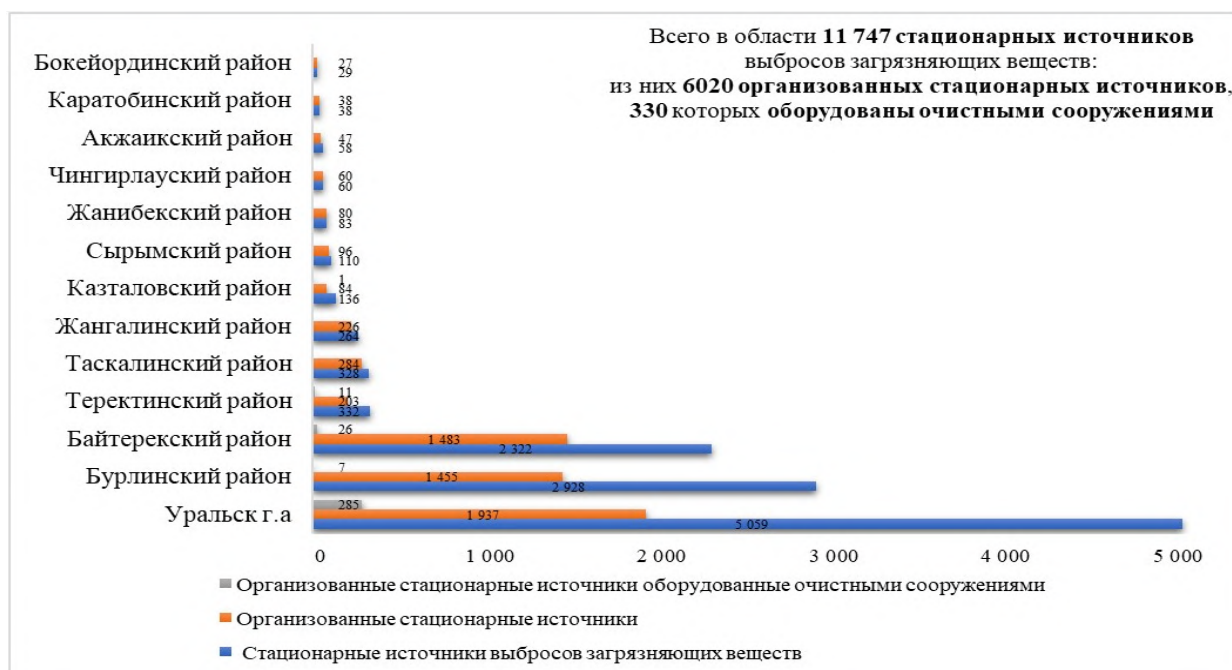


Рис. 5. Распределение стационарных источников атмосферных выбросов по территории ЗКО в 2022 г. Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

Благодаря внедрению новой редакции Экокодекса Республики Казахстан, 2021, направленного на регулирование источников выбросов была достигнута систематизация количества стационарных источников загрязнения атмосферы с установлением предельно - допустимых выбросов (ПДВ) (Adilet, 2021a). В

структуре выбросов прослеживаются изменения в связи с ростом производства, увеличением доли транспорта, строительства новых производственных объектов. Однако, в разрезе видов экономической деятельности основная доля принадлежит промышленности (рисунки 3, 4).

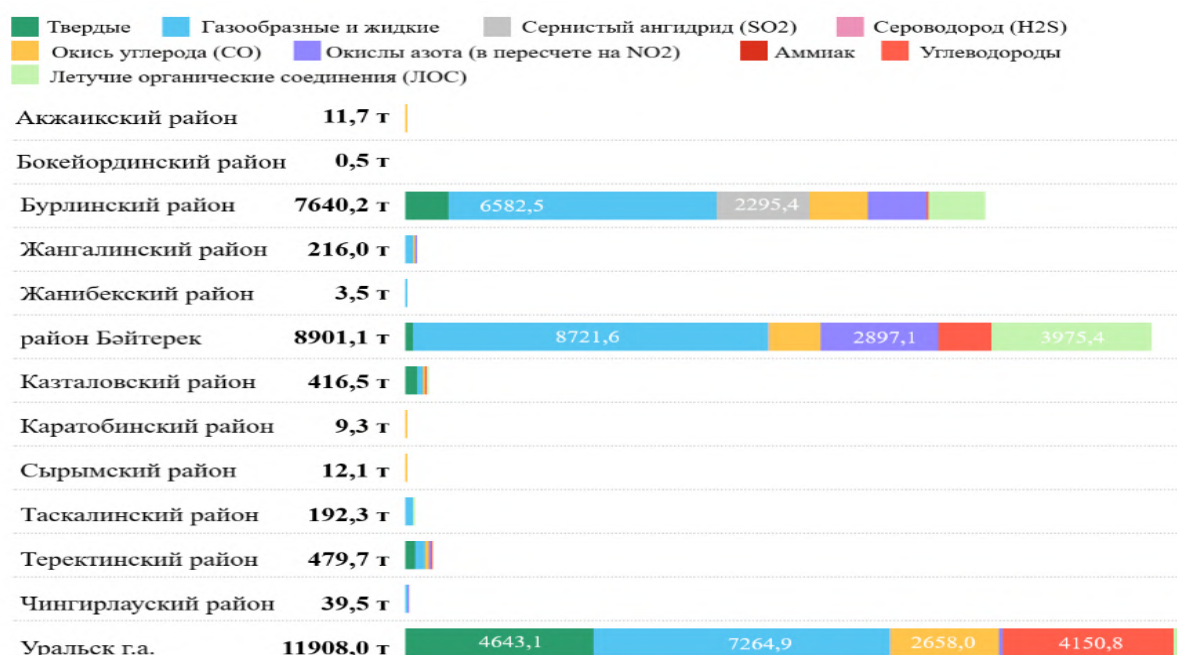


Рис. 6. Объемы атмосферных выбросов в ЗКО за 2022 г.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

Полученные данные (рис. 5,6) показывают, что структура атмосферных выбросов в значительной мере отражает, в большей степени, размещение промышленного производства территориально, интенсивность транспортного потока и в меньшей степени расселение (Имашев Э.Ж., 2011). Следует отметить неравномерное распределение источников выбросов, локализуемых, главным образом, в северных индустриально развитых районах области - г.Уральск, Байтерек, Бурли, на долю которых приходится в сумме – 96,8 % (рис.5). Доля стационарных источников в остальных 10 районах области варьируется от 0,2...0,3 % в районах Бокейорда и Каратобе до 2,7...2,8 % в районах Таскалы и Теректы (см. рисунок 5) (Кожагулов С.О., Сальников В.Г., 2024). Наибольшими объемами газообразных выбросов характеризуются три вышеуказанных района, в Бурли (по сернистому ангидриду), Байтерек (по летучим органическим веществам) и г.Уральске (углеводородам, а также твердым частицам). В то же время практически отсутствует антропогенная нагрузка на воздушный бассейн от стационарных источников выбросов в районах Акжайык, Каратобе, Жанибек и Бокейорда (рис. 6,7).

Выбросы от промышленных предприятий и инфраструктурных объектов, расположенных на территории районов: Бурли и Байтерек, а также города Уральска, составляют 95,9 % от общего объема выбросов (рис. 7). Главными источниками атмосферного загрязнения в указанных районах являются компании по добыче нефти и газа, электростанции, а также компрессоры транзитных трубопроводов. В области электроэнергию производят 5 генерирующих станций, которые в 2022 году вырабатывали 2 998,8 тыс. Гкал. В Бурли основным источником загрязнения атмосферы является КНГКМ. В конце 2023 г. на Рожковском месторождении в ЗКО началась добыча природного газа и конденсата, и по прогнозам здесь смогут производить до миллиарда тонн в будущем (Кожагулов С.О., Сальников В.Г., 2024).

Обычно в городах сосредоточены различные формы социально-экономической деятельности, где основными источниками загрязнения атмосферы являются автотранспорт и энергетика. Как известно, в условиях

плотной городской застройки и развитой сети автодорог существенно возрастает влияние автотранспорта на состояние атмосферного воздуха. На долю г. Уральска, как областного центра, приходится значительно больше стационарных источников, в том числе с установленными ПДВ – 45,4 % (рис.7). Значительный вклад в загрязнение атмосферы внесен подвижными источниками, особенно автотранспортом (Имашев Э.Ж., 2011; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Об этом свидетельствует рост количества автотранспортных единиц по ЗКО, который составил: за 1998 г. – 53,8 тыс., 2018 – 113,8 тыс., 2022 г. – 128,4 тыс. единиц. По данным Бюро национальной статистики РК, на 01.01.2023 г. на территории ЗКО были зарегистрированы 111300 ед. легковых, 13284 ед. грузовых автотранспортных средств и 3820 автобусов (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Анализ состояния указанных видов транспортных средств по году их выпуска показал, что в среднем доля автотранспортных средств в области с большим сроком эксплуатации (10...20 лет и более 20 лет) составляет 70,5 %, причем эта доля особенно высока в общественном и большегрузном транспорте – 47,8 %, 54,6 % соответственно (рис.8). Это свидетельствует о высоком износе транспортных средств, в особенности большегрузных транспортных средств, что сопровождается, безусловно, высокими эмиссиями. Доля перевозок грузов и грузооборот по видам транспорта в области на тот же период в области составляет: железнодорожный (38,1 %), трубопроводный (46 %), автомобильный (15,9 %) (Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Следует также отметить плохое состояние дорожной инфраструктуры, низкое качество автомобильных дорог (только 39 % дорог в удовлетворительном состоянии) (Adilet, 2022). Совокупность вышеуказанных факторов указывает на существенное негативное влияние транспорта на атмосферу.



Рис. 7. Распределение предприятий с установленными нормами ПДВ по ЗКО в 2022 г.
Источник: составлено по (Бюро национальной статистики Республики Казахстан)

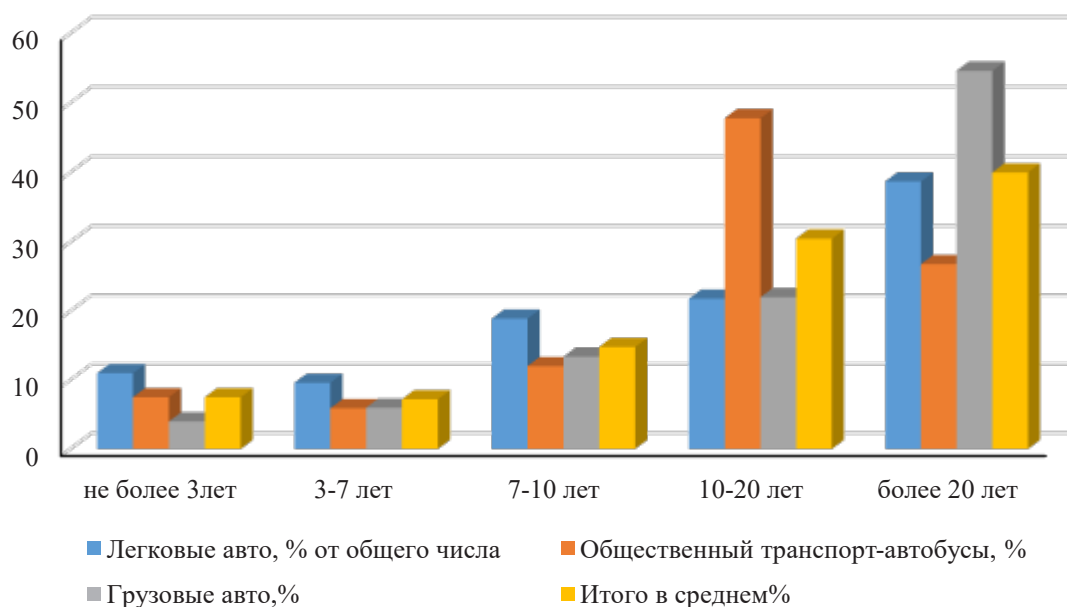


Рис.8. Состояние автотранспорта ЗКО, данные за 2022 г.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022)

Вместе с тем при сжигании топлива всех видов выбрасывается еще ряд специфических загрязняющих веществ, таких как окись углерода (CO), летучие органические соединения (ЛОС), сернистый газ (SO₂), оксиды

азота (NOX), твердые частицы, которые способствуют локальному, региональному и даже глобальному загрязнению атмосферы (UNDP, 2023). Анализ выявил, что в течение многих лет в ЗКО сохраняется тенденция выбросов в

атмосферу при отсутствии реализации природоохранных мероприятий, установки необходимых очистных сооружений и формирования экологически безопасного производства, (рис.9) (Кожагулов С.О., Сальников В.Г., 2024; Имашев Э.Ж., 2011). Так, по области в 1998 г. утилизировано – 27,5 %, 2008 г. – 3,1 %, 2022 г. – 13,4 % Несколько большая степень утилизации вредных выбросов, в основном твердых частиц, характерна на территории г. Уральска, где по данным за 2008г она составляла 26,4 %, а за 2022 г. – 33,7 % (Бюро национальной статистики Республики Казахстан). Лишь 13,4 % от общего количества выбросов в Бурли подвергаются очистке, остальной объем без очист-

ки выбрасывается в атмосферу. Причем, очистке подвергаются твердые частицы (71,3 % от их общего количества), а также порядка 20 % ЛОС (Бюро национальной статистики Республики Казахстан Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Также на предприятиях района Байтерек незначительно улавливаются и очищаются вредные соединения. Так, за 2022 г. их доля составила всего 0,2 %, а в других районах области на предприятиях отсутствуют очистные сооружения (Бюро национальной статистики Республики Казахстан) (рисунки 7,9).

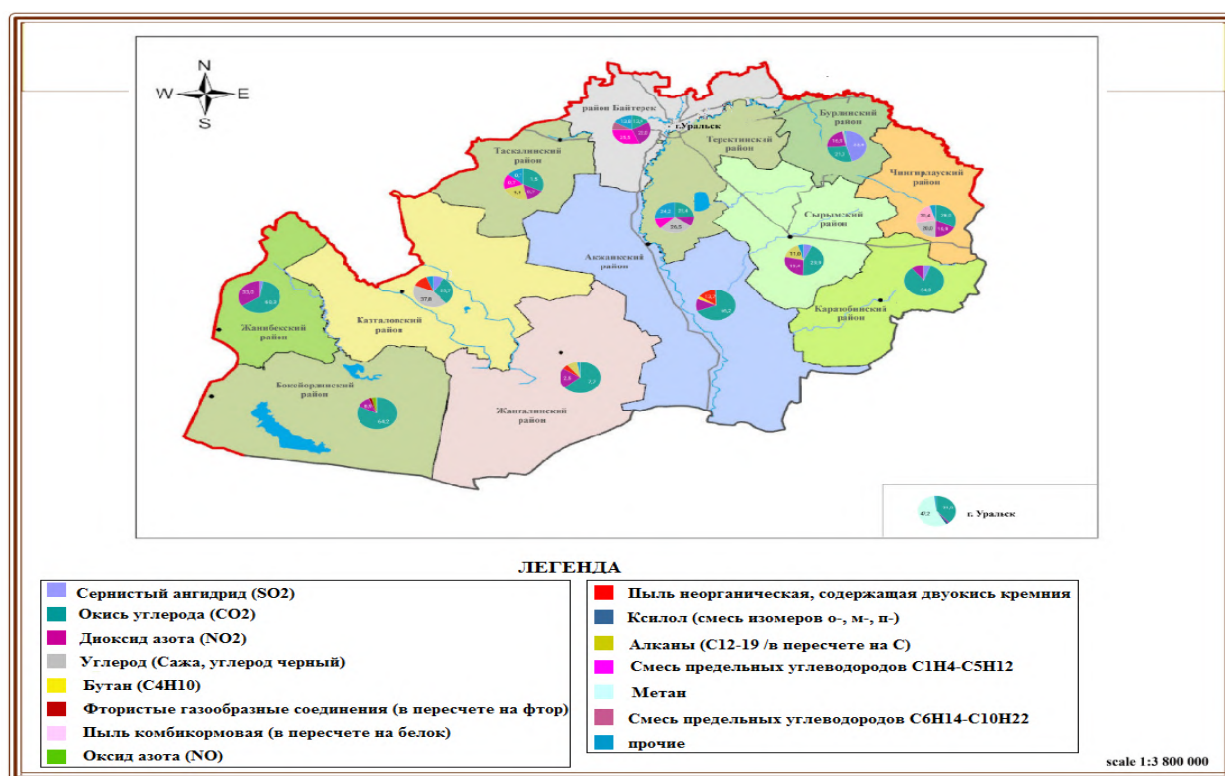


Рис. 9. Распределение атмосферных выбросов в ЗКО (по данным 2022 г.)

Источник: Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022

Следует отметить, что Карачаганакское месторождение является нефтегазоконденсатным, что означает, что в его сырье наряду с чисто нефтяными и газовыми компонентами содержатся значительные количества тяжелых углеводородов (конденсата). Сырьё Карачаганакского месторождения характеризуется высоким содержанием конденсата, варьирующимся от 490 до 1000 г/м³. Особенностью месторождения является, в первую очередь, высокое содер-

жания сероводорода в природном газе, которое составляет от 4 до 4,3 %, в связи с чем, оно относится к I категории и внесено в перечень особо опасных объектов Министерством экологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Альмагамбетова Л.Ж., 2011).

Наличие специфического загрязнителя – сероводорода, несмотря на относительно небольшое его содержание в сравнении с другими газовыми выбросами – 0,035 %, обуславливает

высокие экологические риски. Следует отметить, что максимальные концентрации сероводорода в атмосферном воздухе г. Аксай отмечались в июне месяце и составили 0,003...0,004 мг/м³. Так, по результатам мониторинга РГП «Казгидромет» в Западном Казахстане были зафиксированы случаи превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) по сероводороду: за 2020 г. – 774 превышения ПДК, за 2021 г. – 838, за 2022 г. – 1375 (Альмагамбетова Л.Ж., 2011).

Основными загрязнителями атмосферного воздуха (рисунок 9) являются газообразные вещества: CO – 21 %, NO₂ – 21 %, SO₂ – 35 %, ЛОС – 21 %, а на долю твердых веществ приходится – 13,8 %. Максимальные концентрации диоксида азота отмечались также в июне месяце и составили 0,035...0,04 мг/м³ (Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды

Западно-Казахстанской области, 2024) В целом, атмосферный воздух в п. Бурли согласно данным Казгидромет за 2022 г. характеризовался повышенным уровнем загрязнения (Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Следовательно, характеристики химического состава атмосферного воздуха района Бурли, а также его изменение в зависимости от года и климатических сезонов, в значительной степени определяются выбросами окислов азота, углерода, сернистого ангидрида, сероводорода, ЛОС и неорганической пыли от указанных объектов (Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022; Альмагамбетова Л.Ж., 2011; Кенесары А.У., 2018).

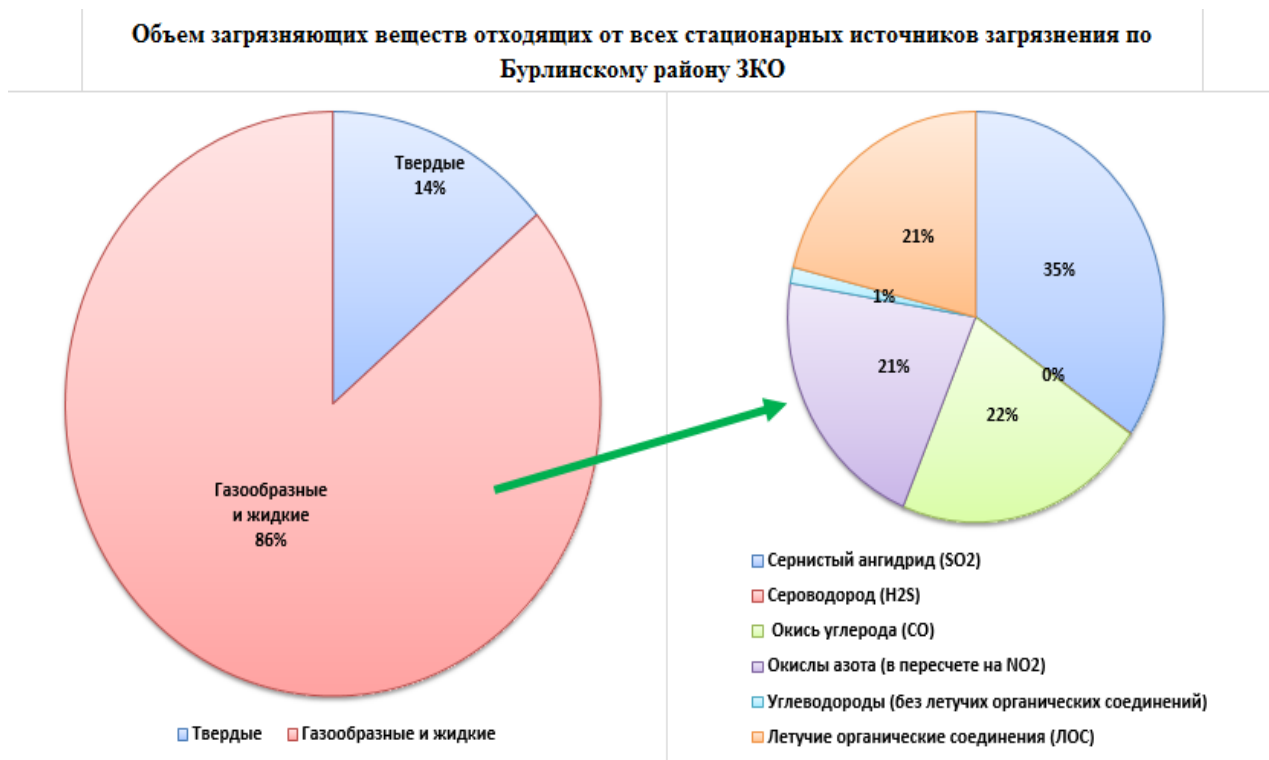


Рис. 10. Состав загрязнений атмосферного воздуха по Бурлинскому району, 2022 г.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022)

В разные годы в исследованиях, проведенных преимущественно до 2018 г., касающихся загрязнения атмосферы на КНКМ, анализировались четыре основных ингредиента: сероводород, диоксид серы, диоксид азота и оксид углерода (Кенесары А.У., 2018; Альмагамбетова Л.Ж., 2011; Кенесариев У.И.,

2011; Исхангали Г.М., 2010). В результатах работ, в основном, отмечается тот факт, что загрязнение атмосферного воздуха в прилегающих районах связано с выбросами в атмосферу на территории газоконденсатного месторождения. Однако всегда при этом отмечается, что превышений предельно допустимых выбросов

(ПДВ) на территории месторождения зафиксировано не было. Указанный факт обусловлен тем, что существующая система нормирования не учитывает потенциальные изменения в объемах выбросов, что вынуждает природопользователей увеличивать нормативы выбросов для снижения риска нарушения ПДВ. Для того, чтобы учесть вариативность выбросов в будущем, природопользователи, при разработке нормативов, устанавливают ПДВ на максимальном уровне для большего числа источников (Калиева Х.Г. и др., 2014; Мурзабекова Ж.А., 2023; Кожагулов С.О. и др., 2024).

Для оценки уровня антропогенного воздействия на атмосферный воздух региона, целесообразно использовать обобщенный показатель. Он должен учитывать численность населения, проживающего на загрязняемой территории, площадь этого региона и объем выбросов загрязняющих веществ. В связи с этим, нами были рассчитаны коэффициенты загрязнения атмосферы (Катм) для всех районов ЗКО. Для удобства восприятия представлено как $k_{атм} \cdot 10^{-3}$ (Михеева А.С., 2007; Имашев Э.Ж., 2011).

Таблица 1

Значение $k_{атм} \cdot 10^{-3}$ для районов ЗКО

Наименование района	S, площадь, тыс.км ²	N, численность населения, тыс.чел	A, объем выбросов, тыс.тонн	$k_{атм} \cdot 10^{-3}$
Акжайыкский	25,2	39,694	0,12	3,8
Бокейординский	19,2	14,96	0,004	0,2
Бурлинский	5,6	56,47	6,879	123
Жангалинский	20,8	24,03	0,21	9
Жанибекский	8,2	16,04	0,003	0,26
Байтерек	7,4	59,84	9,03	420
Казталовский	18,6	28,5	0,21	9,1
Каратобинский	10,0	15,4	0,009	0,7
Сырымский	11,9	18,42	0,013	0,9
Таскалинский	8,1	16,59	0,189	16
Теректинский	8,4	38,39	0,38	21
Чингирлауский	7,2	14,5	0,039	3,9
г.Уральск	0,7	320,7	8,7	580
ЗКО	151,34	663,6	25,79	81

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022).

Таким образом, исследования показывают значительную пространственную неравномерность атмосферных выбросов по ЗКО (см. таблицу 1). Наиболее интенсивное антропогенное воздействие на атмосферу наблюдается в северной индустриальной зоне (Бурли, Байтерек, г. Уральск), где основными источниками загрязнения являются компании по добыче нефти и газа, электростанции, а также компрессоры транзитных трубопроводов. В десяти других районах отмечается значительно меньшая интенсивность атмосферных загрязнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного пространственного анализа загрязнения воздушного бассейна ЗКО можно сделать следующие выводы:

– объемы наблюдаемых атмосферных

загрязняющих веществ в ЗКО составляет 6,5 % от общих выбросов по Западно-Казахстанскому региону, при этом в структуре выбросов прослеживаются изменения в связи с ростом производства, транспорта, строительства новых производственных объектов;

– наблюдается заметное увеличение числа зарегистрированных источников выбросов, причем преимущественно на севере области, что, по-видимому, связано с систематизацией числа стационарных источников загрязнения атмосферы с установлением ПДВ согласно Экокодексу РК (2021 г.);

– улавливание вредных выбросов, главным образом, твердых частиц в атмосферном воздухе проводится только на предприятиях в районах Бурли, Байтерек, г.Уральске, а в остальных частях области – отсутствуют

очистные сооружения;

– наибольшее антропогенное воздействие на атмосферу наблюдается в северных промышленных районах, отмечающиеся относительно высокими коэффициентами загрязнения воздуха.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по гранту № BR21882122. Авторы выражают благодарность редакционной коллегии и будущим рецензентам за замечания, предложения и рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михеева А.С. Оценка ассимиляционной емкости природной среды в целях совершенствования экономического механизма природопользования// Вестник Бурятского государственного университета, География. – 2007. – С.25-28. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-assimilyatsionnoy-emkosti-prirodnoy-sredy-v-tselyah-sovershenstvovaniya-ekonomicheskogo-mekhanizma-prirodopolzovaniya>.
2. Кожажулов С.О., Сальников В.Г. Оценка влияния промышленных выбросов на качество атмосферного воздуха в Бурлинском районе Западно-Казахстанской области// Нефть и газ. – 2024. – 140. – С.140-151. -<https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-2.14>.
3. Имашев Э.Ж. Пространственный анализ изменения экологического состояния окружающей среды Западно-Казахстанской области// Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2011. – №1 (32). – С.13-20. – <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/download/617/503>.
4. Бюро национальной статистики Республики Казахстан. – Электронный ресурс: <https://stat.gov.kz/> (дата обращения 15.12.2024 г.).
5. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год. – Астана, 2023. – Электронный ресурс: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru> (дата обращения 10.12.2024 г.).
6. Adilet, 2022. Об утверждении Комплексного плана социально-экономического развития Западно-Казахстанской области на 2022-2025 годы Постановление Правительства Республики Казахстан от 1 февраля 2022 года № 40. – Электронный ресурс: <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000040> (дата обращения 10.12.2024 г.).
7. Adilet, 2021a. Environmental code of the Republic of Kazakhstan. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023517> (дата обращения 10.12.2024 г.).
8. Adilet, 2021b. Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду № 63 Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 10 марта 2021 года.URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100022317> (дата обращения 10.12.2024 г.).
9. Yang, W.; Wang, J.; Zhang, K.; Hao, Y. A novel air pollution forecasting, health effects and economic cost assessment system for environmental management: From a new perspective of the district-level. J. Clean. Prod.2023, 417, 138027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138027>.
10. Nguyen, A. T. The relationship between economic growth, energy consumption and carbon dioxide emissions: evidence from Central Asia. Eur. J. Bus. Econ.2019, 12(24), 1- 15. <https://doi.org/10.17015/ejbe.2019.024.01>
11. Sabyrbekov, R., Overland, I., Vakulchuk, R. (Eds). Introduction to Climate Change in Central Asia. In Climate Change in Central Asia: Decarbonization, Energy Transition and Climate Policy. Cham: Springer Nature Switzerland.2023, pp. 1-11. ISBN 978-3-031-29830-1 <https://doi.org/10.1007/978-3-031-29831-8>
12. Сальников В.Г., Полякова С.Е., Ульман А.А., Кауазов А.М., Турсумбаева М.О., Кисебаев Д.К., Миськив Д.И., Белдеубаев Е.Е., Мусралинова Г.Е., Кожажулов С.О. Мониторинг качества атмосферного воздуха Западно-Казахстанского региона: принципы, методы, подходы// Гидрометеорология и экология. – 2024. – №2. – С.128-149. -DOI: 10.54668/2789-6323-2024-113-2-128-149.
13. Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. – Электронный ресурс: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-bulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy> (дата обращения 15.12.2024 г.).
14. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Западно-Казахстанской области, 1 квартал 2024 год. – Электронный ресурс: https://www.kazhydromet.kz/uploads/calendar/180/kvartal_1_file/668cd2ca0c5d4zko-1-kv-2024-god-rus.pdf (дата обращения 10.12.2024 г.).
15. UNDP, 2023. The 8th National Communication and the 5th Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change URL: <https://www.undp.org/kazakhstan/publications/8th-national-communication-and-5th-biennial-report-republic-kazakhstan-un-framework-convention-climate-change>
16. Альмагамбетова Л.Ж. Оценка антропогенного воздействия на природную среду месторождения Карачаганак// KazNU Bulletin. Geography series. – 2011. – №2 (33). – С. 66-71. -<https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/index>.
17. Кенесары А.У. Научно-методические подходы разработки санитарно-защитных зон с применением новых технологий, снижающих загрязнение окружающей среды Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD). – Алматы, 2018. – 142с. -<https://ecoportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/62648>.
18. Кенесариев У.И., Адильгирейулы З., Амрин М.К., Досмухаметов А.Т., Ержанова А.Е., Баймухамедов А.А. Мониторинг качества объектов окружающей среды в регионе Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения // Здоровье семьи – 21 век.- <http://www.fh-21.perm.ru/download/2011-4-6.pdf>.
19. Калиева Х.Г., Фадеева Л.С., Ерубасева Г.К. Экологический анализ состояния атмосферного воздуха Бурлинского района Западно-Казахстанской области// Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2014. – №2 (41). – С.97-102. -<https://bulletin-ecology.kaznu.kz/>.

20. Ихсангали Г.М. Химический состав атмосферного воздуха в городах Западно-Казахстанской области. Сб.: Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2010. – С.289-292. <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-atmosfernogo-vozduha-v-gorodah-zapadno-kazahstanskoy-oblasti>.

21. Мурзабекова Ж.А. Экологическое состояние окружающей среды месторождения Западно-Казахстанской области//Вестник Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета. – 2023. - №2(26). – С.237-241. -<https://wkitu.kz/ru/vestnik-zkitu/>.

22. Кожажулов С.О., Сальников В.Г., Байдаулетова Г.К. Сравнительный анализ загрязнения атмосферы регионов Западного Казахстана// Herald of the Kazakh-British Technical University. – 2024. - №2(69). – С.295-306. - <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-2-295-306>.

REFERENCES

1. Miheeva, A.S. (2007). Otsenka assimilatsionnoj emkosti prirodnoj sredy v tselyah sovershenstvovaniya ekononicheskogo mehanizma prirodoopol'zovaniya [Assessment of the assimilation capacity of the natural environment in order to improve the economic mechanism of environmental management] Vestnik Buryatskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Geography, pp. 25-28 <https://cyberleninka.ru/article/> [in Russian].
2. Kozhagulov, S.O., Sal'nikov, V.G. (2024). Otsenka vliyaniya promyshlennykh vybrosov na kachestvo atmosfernogo vozduha v Burlinskom rajone Zapadno-Kazahstanskoy oblasti [Assessment of the impact of industrial emissions on air quality in the Burlinsky district of the West Kazakhstan region]. Neft i gaz, vol.140, pp.140-151. <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-2.14> [in Russian].
3. Imashev, E.Zh. (2011). Prostranstvennyy analiz izmeneniya ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushey sredy Zapadno-Kazahstanskoy oblasti [Spatial analysis of changes in the ecological state of the environment in the West Kazakhstan region] Vestnik KazNU. Seriya geograficheskaya, vol. 32, no 1, pp.13-20. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/download/617/503> [in Russian].
4. Byuro natsional'noi statistiki Respubliki Kazakhstan. Elektronnyy resurs: <https://stat.gov.kz/ru/> (data obrashcheniya 15.12.2024 g.) [in Russian].
5. Natsional'nyi doklad o sostoyanii okruzhayushey sredy i ob ispol'zovanii prirodnikh resursov Respubliki Kazakhstan za 2022 god. – Astana, 2023. – Elektronnyy resurs: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru> (data obrashcheniya 15.12.2024 g.) [in Russian].
6. Adilet, 2022. Ob utverzhdenii Kompleksnogo plana sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Zapadno-Kazahstanskoy oblasti na 2022-2025 gody. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 1 Fevralya 2022 goda № 40. – Elektronnyy resurs: <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000040> (data obrashcheniya 10.12.2024 g.). [in Russian].
7. Adilet, 2021a. Environmental code of the Republic of Kazakhstan. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023517> (accessed 10.12.2024 g.).
8. Adilet, 2021b. Metodika opredeleniya normativov emissii v okruzhayushuyu sredy № 63 Prikaz Ministra ekologii, geologii i prirodnikh resursov Respubliki Kazakhstan ot 10 marta 2021 goda. Elektronnyy resurs: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100022317> (data obrashcheniya 10.12.2024 g.) [in Russian].
9. Yang, W.; Wang, J.; Zhang, K.; Hao, Y. A novel air pollution forecasting, health effects and economic cost assessment system for environmental management: From a new perspective of the district-level. J. Clean. Prod.2023, 417, 138027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138027>.
10. Nguyen, A. T. The relationship between economic growth, energy consumption and carbon dioxide emissions: evidence from Central Asia. Eur. J. Bus. Econ. 2019, 12(24), 1- 15. <https://doi.org/10.17015/ejbe.2019.024.01>
11. Sabyrbekov, R., Overland, I., Vakulchuk, R. (Eds). Introduction to Climate Change in Central Asia. In Climate Change in Central Asia: Decarbonization, Energy Transition and Climate Policy. Cham: Springer Nature Switzerland.2023, pp. 1-11. ISBN 978-3-031-29830-1 <https://doi.org/10.1007/978-3-031-29831-8>.
12. Sal'nikov, V.G., Polyakova, S.E., Ulman, A.A., Kauazov, A.M., Tursumbaeva, M.O., Kisebaev, D.K., Mis'kiv, G.I., Beldeubaev, E.E., Musralinova, G.E., Kozhagulov, S.O. (2024). Monitoring kachestva atmosfernogo vozduha Zapadno-Kazahstanskogo regiona: printsipy, metody, podhody [Monitoring of atmospheric air quality in the West Kazakhstan region: principles, methods, approaches]. Gidrometeorologiya i ekologiya, no2, pp.128-149. DOI: 10.54668/2789-6323-2024-113-2-128-149 [in Russian].
13. Informatsionnye byulleteni o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kazakhstan. – Elektronnyy resurs: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyybyulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchei-sredy> (data obrashcheniya 15.12.2024 g.) [in Russian].
14. Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii okruzhayushchei sredy Zapadno-Kazahstanskoy oblasti, 1 kvartal 2024 god. – Elektronnyy resurs: https://www.kazhydromet.kz/uploads/calendar/180/kvartal_1_file/668cd2ca0c5d4zko-1-kv-2024-god-rus.pdf (data obrashcheniya 10.12.2024 g.) [in Russian].
15. UNDP, 2023. The 8th National Communication and the 5th Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change URL:<https://www.undp.org/kazakhstan/publications/8th-national-communication-and-5th-biennial-report-republic-kazakhstan-un-framework-convention-climate-change>
16. Al'magambetova, L.Zh. (2011). Otsenka antropogennogo vozdejstviya na prirodnuyu sredu mestorozhdeniya Karachaganak [Assessment of anthropogenic impact on the natural environment of the Karachaganak field] KazNU Bulletin. Geography series, vol.33, no 2 pp. 66-71. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/index> [in Russian].
17. Kenesary, A.U. (2018). Nauchno-metodicheskie podhody razrabotki sanitarno-zashitnykh zon s primeneniem novykh tehnologiy snizhayushih zagryaznenie okruzhayushey sredy [Scientific and methodological approaches to the development of sanitary protection zones using new technologies that reduce environmental pollution]. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) Almaty, 142p. - <https://ecoportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/62648> [in Russian].

18. Kenesariyev, U.I., Adil'girejuly, Z., Amrin, M.K., Dosmuhametov, A.G., Erzhanova, A.E., Bajmuhamedov, A.A. (2011). Monitoring kachestva ob'ektov okruzhajushchey sredy v regione karachaganakskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya [Monitoring the quality of environmental objects in the region of the Karachaganak oil and gas condensate field]. *Zdorov'e sem'i – 21 vek.* - <http://www.fh-21.perm.ru/download/2011-4-6.pdf> [in Russian].
19. Kalieva, H.G., Fadeeva, L.S., Erubaeva, G.K. (2014). Ekologicheskij analiz sostoyaniya atmosfernogo vozduha Burlinskogo rajona Zapadno-Kazakhstanskoj oblasti [Ecological analysis of the state of atmospheric air in the Burlinsky district of the West Kazakhstan region]. *Vestnik KazNU. Вестник КазНУ. Seriya ekologicheskaya*, vol. 41, no 2, pp. 97-102. <https://bulletin-ecology.kaznu.kz/> [in Russian].
20. Ihsangali, G.M. (2010). Himicheskiy sostav atmosfernogo vozduha v gorodah Zapadno-Kazakhstanskoj oblasti. Sb.: *Intellektual'nyj potentsial XXI veka: stupeni poznaniya*, pp. 289-292. [Chemical composition of atmospheric air in the cities of the West Kazakhstan region. In: Intellectual potential of the 21st century: stages of knowledge]. <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-atmosfernogo-vozduha-v-gorodah-zapadno-kazahstanskoy-oblasti> [in Russian].
21. Murzabekova, Zh.A. (2023). Ekologicheskoe sostoyanie okruzhayushchey sredy mestorozhdeniya Zapadno-Kazakhstanskoj oblasti [Environmental state of the deposit in the West Kazakhstan region] *Vestnik Вестник Zapadno-Kazakhstanskogo innovatsionnogo tekhnologicheskogo universiteta*, vol. 26, no 2, pp. 237-241. - <https://wkitu.kz/ru/vestnik-zkitu/> [in Russian].
22. Kozhagilov, S.O., Sal'nikov, V.G., Bajdauletova, G.K. (2024). Sravnitel'nyj analiz zagryazneniya atmosfery regionov Zapadnogo kazakhstana [Comparative analysis of air pollution in the regions of Western Kazakhstan]. *Herald of the Kazakh-British Technical University*, no 2 (69). pp. 295-306. - <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-2-295-306> [in Russian].

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АУА БАССЕЙІНІНІҢ ЛАСТАНУЫН КЕҢІСТІКТІК ТАЛДАУ

С.О. Кожажулов, В.Г. Сальников *д.ғ.д.*, Г.К. Байдаулетова*

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті КеАҚ, Алматы, Қазақстан

E-mail: carlugast69@gmail.com

Мақалада Батыс Қазақстан облысының аумағындағы атмосфералық шығарындыларға кеңістіктік талдау жүргізілді. Шығарындылар құрылымында өндірістің өсуіне, көлік үлесінің ұлғаюына, жаңа өндірістік объектілердің құрылысына байланысты өзгерістер байқалады. Алайда, экономикалық қызмет түрлері тұрғысынан негізгі үлес өнеркәсіпке тиесілі. Атмосфераның негізгі ластаушылары мұнай-газ, энергетика секторлары, сондай-ақ көлік болып табылатыны анықталды. Зерттеулер көрсеткендей, аумақтық тұрғыдан өңірдің өнеркәсіптік объектілері мен әлеуметтік инфрақұрылымының басым орналасқан аудандары (Бөрлі, Бәйтерек, Орал қ.) атмосфераға барынша антропогендік әсер етеді. Атмосфералық ауаны зиянды қоспалардан, ең алдымен қатты бөлшектерден тазарту ішінара көрсетілген аймақтарда ғана жүргізіледі, ал облыстың басқа аудандарында тазарту қондырғылары жоқ. Облыстың өнеркәсіптік аймағының жоғарыда аталған солтүстік аудандары атмосфераның есептелген ластану коэффициенттерінің жоғары мәндерімен сипатталады. Керісінше, Ақжайық, Қаратөбе, Жәнібек және Бөкейорда аудандарында бұл көрсеткіштер минималды, бұл атмосфералық ластанулардың таралуының айтарлықтай теңсіздігін көрсетеді. Орындалған жұмыс индустриялық-аграрлық орталық аймақтың атмосферасына экологиялық бағалауды терең талдауға негіз болып табылады. **Түйін сөздер:** атмосфералық шығарындылар, атмосфераны ластаудың стационарлық көздері, мониторинг, кеңістіктік талдау.

SPATIAL ANALYSIS OF AIR POLLUTION IN THE WEST KAZAKHSTAN REGION

S.O. Kozhagulov, V.G. Salnikov *Doctor of Geographical Sciences*, G.K. Baidauletova*

Non-commercial joint stock company Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: carlugast69@gmail.com

The article is devoted to spatial analysis of atmospheric pollutions in the West Kazakhstan region. Changes are observed in the structure of air pollution, which is associated with an increase in production, the share of transport, and the construction of new industries. However, in terms of

types of economic activity, the main share belongs to industry. It has been established that the main pollutants of the atmosphere are the oil and gas, energy sectors, as well as transport. Research shows that the regions of the territorial distribution of industrial facilities and the region of social activity (Burli, Baiterek, Uralsk) have the greatest anthropogenic impact on the atmosphere. Purification of atmospheric air from harmful impurities, primarily solid particles, is partially carried out only in these zones, while in other areas of the region there are no treatment plants. The above-mentioned northern areas of the industrial zone of the region are characterized by high values of calculated air pollution coefficients. In contrast, in the Akzhaik, Karatobinsky, Zhanibek and Bokeyordinsky districts, the indicated indicators are minimal, which indicates a significant inequality in the distribution of atmospheric pollution. The completed work is the basis for an in-depth analysis of the assessment of atmospheric air quality in the industrial-agrarian center.

Keywords: atmospheric emissions, stationary sources of air pollution, monitoring, spatial analysis.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Кожангулов Сакен Оралбаевич – докторант кафедры метеорологии и гидрологии факультета географии и природопользования Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени аль-Фараби»; (г. Алматы, проспект аль-Фараби, 71, Казахстан), s_kozhagulov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4428-5129>

Сальников Виталий Григорьевич – доктор географических наук, профессор факультета географии и природопользования, Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (г. Алматы, проспект аль-Фараби, 71, Казахстан), Vitali.Salnikov@kaznu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3392-4587>

Байдаулетова Гульбан Куттыбаевна – старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики факультета географии и природопользования, Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (г. Алматы, проспект аль-Фараби, 71, Казахстан), carlugast69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2595-8106>

Кожангулов Сакен Оралбайұлы – география және табиғатты пайдалану факультетінің метеорология және гидрология кафедрасының докторанты, «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., аль-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан), s_kozhagulov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4428-5129>

Сальников, Виталий Григорьевич – география ғылымдарының докторы, география және табиғатты пайдалану факультетінің профессоры, «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., аль-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан), Vitali.Salnikov@kaznu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3392-4587>

Байдаулетова Гульбан Куттыбаевна – картография және геоинформатика кафедрасының география және табиғатты пайдалану факультетінің аға оқытушысы «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., аль-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан), carlugast69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2595-8106>

Kozhagulov Saken Oralbaevich – PhD student of the Department of Meteorology and Hydrology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, al-Farabi Kazakh National University Non-Commercial Joint Stock Company (Almaty, al-Farabi Avenue, 71, Kazakhstan), s_kozhagulov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4428-5129>

Salnikov Vitalij Grigorevich – Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Faculty of Geography and Environmental Sciences, al-Farabi Kazakh National University Non-Commercial Joint Stock Company (Almaty, al-Farabi Avenue, 71, Kazakhstan), Vitali.Salnikov@kaznu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3392-4587>

Baidauletova Gulban Kuttybaevna – Senior Lecturer at the Department of Cartography and Geoinformatics of the Faculty of Geography and Environmental Sciences, al-Farabi Kazakh National University Non-Commercial Joint Stock Company (Almaty, al-Farabi Avenue, 71, Kazakhstan), carlugast69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2595-8106>

Вклад авторов/Авторлардың қосқан үлесі/Author's contribution:

Кожангулов С.О. – разработка методологии, проведения исследования, проведение статистического анализа

Сальников В.Г. – разработка концепции

Байдаулетова Г.К. – проведение статистического анализа

Қожағұлов С.О. – әдістемесін қурастыру, зерттеуді жүргізу, статистикалық талдауды әзірлеу

Сальников В.Г. – тұжырымдамасын әзірлеу

Байдаулетова Г.К. – статистикалық талдауды әзірлеу

Kozhagulov S. – development of methodology, research, statistical analysis

Salnikov V. – concept development

Baidauletova G. – conducting statistical analysis

ҚОРШАҒАН ОРТА САПАСЫН ЖАҚСАРТУДА ЖЫЛУ ЭЛЕКТР ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ ЖОЛДАРЫ

Т.Б. Байназарова *, Г.Б. Тойчибекова PhD, Ұ.А. Серік, К.Т. Абдраимова б.ғ.к.,

Г.С. Шалабаева техн.ғ.к

Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

E-mail: togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz

Бұл мақалада жылу электр орталығындағы көмірді жағудан шыққан күл-қож қалдықтарын қайта өңдеудің заманауи әдістері және олардың қоршаған ортаға әсері талданды. Қазіргі таңда өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтар мәселесі өзекті болуда, олардың ішінде күл мен қождар ең көп көлемде кездесетін қалдықтардың қатарында. Күл-қож қалдықтары қоршаған ортаның улы заттармен және ауыр металдармен ластану қаупін тудырады. Күл үйінділерінің әсер ету аймақтарында шаң пайда болады, сондай-ақ күл компоненттері шайылып, топыраққа және жер асты суларына түседі, бұл экологиялық жағдайды нашарлатады. Бұл өсімдіктер мен адам денсаулығына теріс әсерін тигізеді. Күл-қож қалдықтарын кәдеге жарату табиғи шикізатты үнемдеуге және экологиялық мәселелерді шешуге көмектеседі. Зерттеуде «Кентау сервис» ЖЭО-5 күл-қож қалдықтарына талдау жасалды және оларды экологиялық құрылыс материалы – кірпіш өндіруге қолдану мүмкіндігі анықталды. Сонымен қатар, күл-қож қалдықтарының кірпіш өндірісіне жарамдылығы тексерілді. ЖЭО қалдықтарын қайта өңдеу экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді екені дәлелденді.

Түйін сөздер: қайта өңдеу, жылу электр орталығы, күл-қож шығарындылары, кірпіш, қалдықтар, көмір өнеркәсібі.

КІРІСПЕ

Атмосфераға шығарылатын антропогендік шығарындылардың көп бөлігі көмір, мұнай және газды жандыру арқылы жылу және электр энергиясын өндірумен және мұнай өңдеу зауыттарының қызметімен байланысты. Көмір әлемдегі негізгі энергия көздерінің бірі болып табылады, электр энергиясын өндірудің үштен бірінен астамын құрайды. Дүниежүзілік энергетиканың соңғы статистикалық шолуына (Ibrahim M, Mangi S, Al-Fasih et al., 2021) сәйкес, көмірді тұтыну 2021 жылы 0,6 %-ға өсіп, 161 эДж-ге дейін өсуді жалғастырды, бұл 2014 жылдан бері көмір тұтынудың ең жоғары деңгейі. Күкірт пен азот оксидтері жер шарының көптеген аймақтарында атмосфераның шекаралық қабатының ең көп таралған ластаушы заттары болып табылады. Бұл олардың көздері негізінен ірі қалалар мен өнеркәсіптік кәсіпорындарды жылумен және электр энергиясымен қамтамасыз ету үшін қазба отындарының (негізінен көмір) орасан

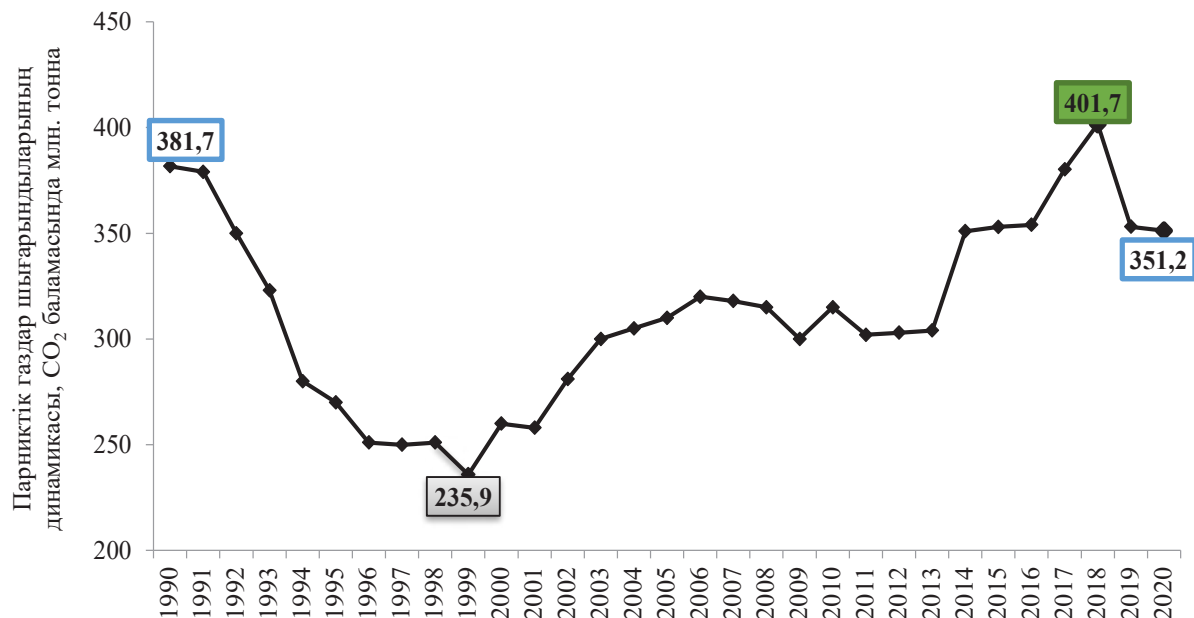
Қабылданды: 02.05.2024 ж.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-138-151

зор мөлшерін жағатын жоғары қуатты жылу электр станциялары болуымен түсіндіріледі (Obolkin V, Molozhnikova, E., Shikhotsev, M., et al., 2021). Edgar (emissions database for Global Atmospheric Research European Commission) деректері бойынша Қазақстан 1990...2020 жылдар кезеңінде парниктік газдардың (ПГ) шығарындыларының жалпы көлемі бойынша әлемдік шығарындылардың 0,8 % үлесімен топ-20 елдің қатарына кіреді. 1990...2020 жылдардағы ПГ шығарындыларының абсолютті көшбасшылары АҚШ (17,8 %), Қытай (17,1 %), Еуро Одақ елдері (13,1 %), Ресей (6,4 %), Үндістан (4,9 %) болып табылады. 2020 жылы Қазақстанда ПГ (көмірқышқыл газы, метан, азот оксиді, гидрофторкөміртектер, перфторкөміртектер және күкірт гексафториді) және күкірт гексафториді) шығарындыларының көлемі 351,2 млн CO₂-баламасын құрады, бұл 1990 жылғы деңгейден 7,98 %-ға немесе 30,5 млн тонна CO₂-баламасын құрады.

Шығарындылардың ең төменгі көлемі 1999 жылға сәйкес келеді (235,9 млн тонна CO₂-баламасы). 2020 жылы жалпы ұлттық шығарындылардың төмендеуіне Covid-19

пандемиясына байланысты шектеулер себеп болды (Экономикалық зерттеулер институты, 2022).



Сур. 1. Қазақстандағы парниктік газ шығарындыларының статистикалық көрсеткіштері

Жылу электр орталығы (ЖЭО) қоршаған ортаны ластаудың негізгі көздерінің бірі. Әлем елдерінде ЖЭО-нан шыққан көмір күлі проблемалы қалдықтар болып табылады (Shaheen, S.M., Hooda, P.S., & Tsadilas, C.D., 2014). Көмірді жағудың бір процесінде күлдің шамамен 80 %-ы пайда болады, ал қалғаны күл-қож қалдықтары, бұл шамамен 20 % құрайды (Surya I., Purwandari, V., & Khodijah, A., 2022). Электр станцияларында пайда болатын көмір күлінің негізгі компоненттері – кремний диоксиді (SiO₂), алюминий оксиді (Al₂O₃) және темір оксиді (Fe₂O₃), қалғандары көміртегі, кальций, магний және күкірт. Әлемде жыл сайын шамамен 750 миллион тонна көмір күлі түзіледі. Көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының атмосфераға шығарындылары адам денсаулығына үлкен жүктеменің себебі болып табылады (Guttikunda & Jawahar, 2014). Көмір күлін өндіру және кәдеге жарату бойынша (Pandey & Singh, 2010) Үндістанда ең көп күл (жылына 118 миллион тонна), одан кейін Қытай (жылына 100 миллион тонна), Америка Құрама Штаттары (жылына 75 миллион тонна), Германия (жылына 40 миллион тонна)

өндіретінін көрсетеді, Ұлыбритания (жылына 15 миллион тонна), ал Дания, Италия және Нидерланды аз мөлшерде көмір күлін шығарады (жылына 2 миллион тонна). Алайда Үндістан, Қытай (45 %), Америка Құрама Штаттары (65 %), Германия (85 %), Ұлыбритания (50 %) сияқты басқа елдермен салыстырғанда көмір күлі өндірісінің салыстырмалы түрде аз пайызын (38 %) пайдаланады, ал Дания, Италия және Нидерланды өндірілген көмір күлінің 100 % пайдаланады (Wang et al., 2008). 2014 жылы Америка Құрама Штаттарының қоршаған ортаны қорғау агенттігі көмір күлін арнайы қалдықтарға жатқызу үшін экологиялық нормаларды қайта қарады. Көмір күлін өндіріс өнімдеріне қайта өңдеуге рұқсат берілген, сонымен бірге қалдықтарды сақтау объектілерін жағудың ең төменгі ұлттық критерийлерін белгіледі (EPA., 2015). Көмір күлі жылу электр станцияларында көмірді жағудың қатты қалдық өнімі болып табылады. Кәдімгі өнеркәсіптік жанама өнімдерден айырмашылығы, көмір күлі уыттылығына байланысты өңдеуі қиын, күрделі антропогендік материал.

Уыттылық көмірдің әртүрлі сорттарынан алынған әртүрлі мөлшердегі органикалық және бейорганикалық қосылыстарды қамтитын оның күрделі құрамына байланысты болып келеді. Сонымен қатар, көмірдің кең қол жетімділігі мен төмен құны, энергияға әлемдік сұраныстың артуы және баламалы энергия көздерінің айқын тұрақсыздығы көмірге негізделген энергияны пайдаланудың күрт өсуіне әкелді. Нәтижесінде, көмірқышқыл газының үлкен мөлшері пайда болды (Anjani RK Gollakota, 2020). Қытайлық авторлардың еңбектерінде көмір күлінің негізінде ЖЭО қалдықтарының бетондарын өндіру сияқты көмір күлінің болашақта пайдаланудың бағыттары ұсынылған (Luo et al., 2021). Көмір күлін топыраққа қолдану, әсіресе қоректік заттарды енгізуге, рН-ны түзетуге және топырақтың физикалық жағдайын жақсартуға айтарлықтай мүмкіндіктер ашатындығы дәлелденген (Szerement et al., 2021). Құрылыс жұмыстарында қоңыр көмірдің күлін пайдаланған кезде, сазды топырақтың беріктігін арттыратындығы және деформациясын төмендететіндігі айтылған (Yao et al., 2015).

Айта кету керек, егер Тәуелсіз мемлекеттер достастығы (ТМД) елдерінде күл қождары әлі де қалдықтар деп аталса, батыс елдерінде олар ресми түрде ЖЭС жанама өнімдері деп аталады. Оларды құрылыс саласындағы нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес келетін технологиялық пысықталған өнімдер түрінде әлеуетті тұтынушыларға ұсынылады. Батыс Еуропа мен Жапонияда ЖЭС кезінде шығатын күл үйінділері іс жүзінде жойылған (Зубова, 2009). В.А. Игумина, А.Е. Карючина, А.С. Ровенских еңбегінде Ресейдегі жылу электр орталығынан шығатын күл-қож қалдықтарын қайта өңдеудің 2 түріне тоқталып кеткен: құрылыс материалдарының өндірісі, жол құрылыстарының жұмыстарына қолданады (Игумина В.А. и др., 2020). П.Л. Палеев, Л.И. Худякованың жүргізген талдауларына сәйкес, отын-энергетикалық кешеннің жинақталған қалдықтарын ауыл шаруашылығының әртүрлі салаларында мелиоранттар, сондай-ақ топырақты ремедиациялау және жерді қалпына келтіру үшін кеңінен қолдануға болатынын көрсетті (Палеев и др., 2021).

Отандық ғалымдар Е.Т. Енсебаев және

А.Н. Баймановтың еңбегінде Қызылорда ЖЭО-дағы күлдің химиялық құрамын зерттеп, күл қалдықтарын эмульсия және цемент материалдарын өңдеу үшін құрауыш ретінде қосты (Енсебаев және т.б., 2009). Н.К. Досмухамедов бастаған авторлардың еңбегінде көмір күлін кешенді қайта өңдеудің технологиясы әзірленді. Соның арқасында қосылған құны жоғары тауарлық өнімдерді толық кәдеге жарату жолымен энергетика саласын дамытатындығын дәлелдеген (Досмухамедов и др., 2023).

Көмір электр станцияларының шығарынды шламдарынан құрылыс кірпіштерін алу жөніндегі ғылыми жұмыстың жаңалығы ұсынылған технология мен тәсілді бірегей ететін алдыңғы әзірлемелерден бірқатар елеулі айырмашылықтарда жатыр. Көмір электр станцияларының шламдарын қайта өңдеу саласындағы алдыңғы әзірлемелер көбінесе оларды цементте немесе бетонда пайдаланылуы мүмкін күл сияқты кейбір компоненттерді алу үшін құрылыс қоспалары ретінде немесе жағу әдістерін қолдана отырып кәдеге жаратуға шоғырланған. Алайда, ұсынылған жұмыста шығарынды шламдарды пайдалану сипаттамалары жоғары толыққанды құрылыс кірпіштеріне қайта өңдеу үшін инновациялық кешенді тәсіл пайдаланылады. Шламның құрамын жақсарту: Шламды дәстүрлі құрылыс материалдарына (мысалы, цементке) қоспа ретінде жай ғана пайдаланудың орнына, бұл жұмыста шламды химиялық және физикалық-химиялық әдістерді пайдалана отырып, неғұрлым егжей-тегжейлі қайта өңдеу жүргізіледі, бұл оның қасиеттерін едәуір жақсартуға және нақты сипаттамалары (беріктігі, ыстыққа төзімділігі, су өткізбейтін қасиеттері және т.б.) бар құрылыс кірпіштерінің жаңа түрлерін жасауға әкелуге мүмкіндік береді.

ЖЭО кәсіпорындарының көпшілігі апаттарға, адам шығынына және қоршаған ортаның елеулі ластануына әкелуі мүмкін қауіпті өндірістік нысандар ретінде жіктеледі. Атмосфераға ең көп әсер ететін электр және жылу энергиясын өндіретін кәсіпорындар екені көптеген әдебиеттер айтылған (Кривова, 2023). Кентау қаласының аймағындағы жылу электр орталығының қоршаған ортаға және адамдардың денсаулығына

етуі қазіргі уақытта экологиялық қауіпсіздікке қатысты өзекті мәселелердің бірі ретінде қарастырылады, өйткені мұндай кәсіпорындар қоршаған ортаға әсер ететін шығарындылар тастайды және теріс әсер ететін қауіпті қалдықтар түзеді (Рыженко, 2022). Кентау қаласы ластану деңгейі жоғары қалаға жатады. Көпжылдық ғарыштық бақылаулар мен ірі өнеркәсіп орталықтарының ареалдарындағы қар жамылғысын (escointez.kz., 2023) талдау нәтижелері бойынша Түркістан облысы аумағының ауыр металдармен ластану 30,6 мың

шаршы км алаңда байқалады. Әсіресе, Кентау қаласының айналасындағы ластану ареалдары (11...13 мың шаршы км) тең. Облыста жыл сайын шамамен 500 млн.тонна өнеркәсіптік және 5 млн. тонна тұрмыстық қалдықтар түзіледі. Кентау қаласында жыл сайын Cr, Pb, As, Ba және басқа да улы қосылыстары бар 60 млн. тоннадан астам қалдықтар жиналады (Молдабекова, 2023). Мұндай «қалдықты қоймалардың» атмосфералық ауаға, гидросфераға және топыраққа геохимиялық әсері экологиялық қолайсыз аймақтардың пайда болуына әкеледі.



а)



ә)



б)



в)

Сур. 2. а-«Кентау сервис» ЖЭО-5; ә- «Кентау сервис» ЖЭО-нан шыққан күл шығарындылары; б- Кентау қаласы, Хантағы өзені; в – Хантағы өзені бойындағы күл – қож шығарындылары

Кентау қаласындағы атмосфералық ауаның ластану деңгейі қазіргі уақытта жоғары болып қала береді және қара және түсті металлургия, энергетика, машина жасау, құрылыс индустриясы және автокөлік кәсіпорындар шығарындыларының әсерінен қалыптасады. Статистикалық есептеу деректеріне сәйкес, 2016...2024 жылдар аралығы қаланың өнеркәсіптік кәсіпорындарының стационарлық көздерінен Кентау қаласының атмосфералық ауасына ластанушы заттардың шығарындылары 140,937 мың тоннаны құрады (stat.gov.kz., 2023). Қаланың 20-дан астам кәсіпорындары мен ұйымдары жергілікті Хантағы өзеніне өнеркәсіптік және шаруашылық тұрмыстық ақаба суларды ағызуды жүзеге асырады, нәтижесінде өзен ағыны 90 %-дан астам ақаба сулардан тұрады, бұл өзеннің қала маңындағы учаскесінде химиялық ластану аймағының пайда болуына ықпал етеді. Кентау қа-

ласының экологиясының ластануына жылу электр орталығы үлес қосуда. Оның үлесі шамамен есептеулер бойынша қаланың жалпы өнеркәсібінде 37,8-ден 40 %-ға дейін құрайды. ЖЭО-5 «Кентау сервис» жылына 163 тәулік бойы жұмыс жасап, 120 мың тонна Шаптыкөл кен орынының қоңыр көмірін және күкіртті мазуттың 1000 тонна отынды жағу нәтижесінде пайда болатын ластанушы заттар: ұшпа күл, жанбаған шаң тәрізді отын бөлшектері, күкірт және күкірт ангидридi, азот оксидi, толық емес жану өнімдері. Кейбір отындардың күлінде күшән, бос кальций диоксиді, бос кремний диоксиді бар, осы заттардың барлығы қоршаған ортаның жай-күйіне және халықтың денсаулығына теріс әсер етеді, сондықтан ЖЭО-5 «Кентау сервис» қалдықтарының көбеюі Түркістан облысы және Кентау қаласы үшін өзекті мәселе болып табылады. Сонымен қатар, химиялық және минералогиялық құрамы

бойынша күл-қож қалдықтары негізінен табиғи минералды шикізатпен бірдей. Сондықтан да оларды өнеркәсіпте, құрылыс индустриясында және ауыл шаруашылығында пайдалану ЖЭС жұмыс аймағындағы экологиялық проблеманы шешудің стратегиялық жолдарының бірі болып табылады. Қождар мен күлдер, оларды ресурстарды үнемдеу мақсатында кеңінен пайдалану үшін жақсы перспективаға ие, яғни түсті, сирек металдар мен басқа материалдардың табиғи ресурстарын сақтауға байланысты экономикалық материалдарды шешеді.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу нысаны ретінде Кентау қаласында орналасқан «Кентау сервис» ЖЭО-5 зерттеуге алынды. ЖЭО-5 «Кентау сервис»-өндірістік және коммуналдық-тұрмыстық өндіруге және босатуға арналған тұтынушыларға энергияның екі түрін: жылу-ыстық су немесе су буы түрінде жеткізіп беретін энергетикалық кәсіпорын болып табылады. ЖЭО-5 «Кентау сервис» зауыты 1955 жылы пайдалануға берілген болатын. Кәсіпорын жылына шамамен 21,3 мың тоннадан астам ластаушы заттарды шығарып отырады. Бұл барлық стационарлық ластану көздерінен эмиссия көлемінен асып түседі. Күл мен қож арасындағы шартты шекара 0,25 мм фракцияны қабылдауы мүмкін: кішігірім қалдықтар күлге, үлкендері шлактары жатады. Пештерден түгін газдарымен тасымалданатын және ЖЭС сүзгілерімен ұсталатын ұсақ және жеңіл фракцияларды алып тастағанда, күл жинағыштарда құрғақ сұрыпталған күл шоғырланады (Сулименко Л.М., 2005). Ол тікелей тасымалдаушыларға болмаса пайдаланушылардың қоймасына келіп түседі. Күл жинағыштарды сумен тазалап жатқан кезде күл мен қож целлюлоза қалпында үйінділерге шығарылады. Әрбір ЖЭС-те бар бұл үйінділерде күл-қождың негізгі массалары сақталады.

Эксперименттік зерттеулерді жүргізу барысында алдымен қалдықтардың химиялық құрамын, физикалық қасиеттерін және әлеуетті уыттылығын анықтау үшін олардың құрамын зерттеу жұмыстары жүргізіледі. Бұл қайта өңдеудің қолайлы әдістерін таңдау үшін маңызды. Сынамалар әртүрлі көздерден - күл

үйінділерінен, су бұру жүйелерінен немесе сақтау орындарынан алынады. Сынамаларға күл шламы, қож, шығарынды күл және басқа қалдықтар қосылуы мүмкін. Металдар толықтарының (мысалы, алюминий, кремний, темір), ауыр металдардың (мысалы, қорғасын, кадмий), минералдардың (мысалы, кальцит, саз), сондай-ақ органикалық ластаушылардың құрамы зерттеледі. Спектроскопия (XRF, ICP-OES), хроматография әдістері және басқа да аналитикалық техникалар пайдаланылады. Эксперименттердің шарттары пайдалы компоненттерді тиімді алуды және қоршаған ортаға әсерді барынша азайтуды қамтамасыз ету үшін қатаң бақыланады.

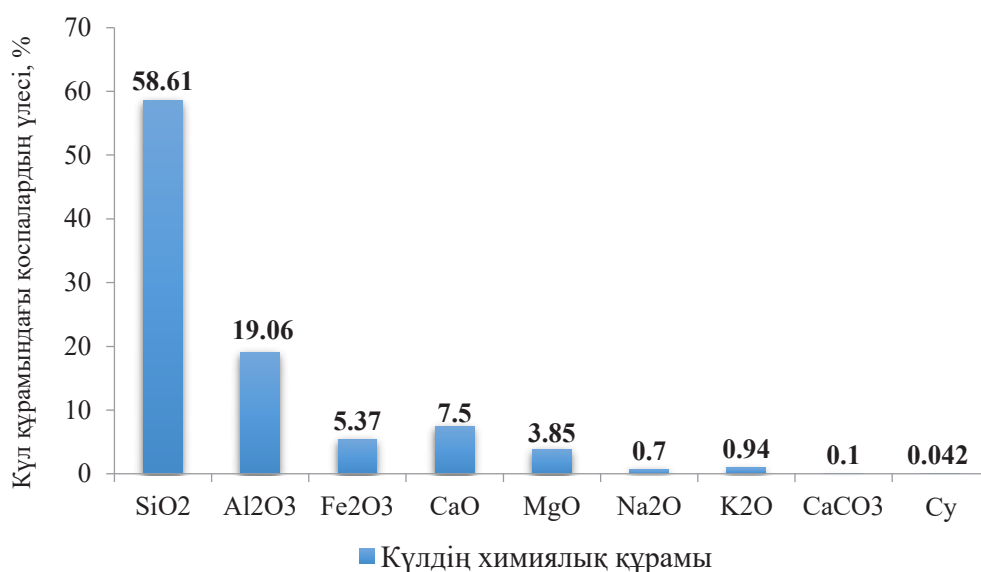
«Кентау сервис» ЖЭО-5-тен шыққан қатты қалдықтардың химиялық құрамы ПНД Ф 16.1.42-04 М-049-П/10 нормативіне сәйкес келетін әдіс бойынша анықталды. Әдіс рентгендік флуоресцентті (сипаттамалық) сәулеленудің қарқындылығының сынамадағы элементтің құрамына тәуелділігіне негізделетін болып келеді. Флуоресцентті сәулелену рентген түтігінің бастапқы сәулеленуі арқылы қозғалып отырады. Компоненттердің массалық үлесі анықталып жатқан компоненттің массалық үлесінің аналитикалық сигналға эксперименттік тәуелділігі болып табылатын алдын-ала салынған градуирлеу сипаттамаларымен анықталып отырады. Аналитикалық сигнал, бұл флуоресцентті сәулелену сызығындағы сенсордың, дрейфке түзетілген және осы өлшеу әдісінде көрсетілген жағдайларда фонға сәйкес электрлік импульстарын санау жылдамдығына сәйкестендіріліп, жасалады. Элементтердің өзара әсері және матрицалық әсерлері анықталып отыратын компоненттердің флуоресцентті сәулелену желілеріндегі аналитикалық сигналды рентген түтігі анодының сипаттамалық сәулелену қарқындылығына нормалау, сондай-ақ газ хроматографиясының керекті аналитикалық нұсқасын таңдау бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегі арқылы ескеріледі. Әрбір талдау дайындалынған сынаманың екі үлгісімен орындалатын екі параллель анықтаманы қамтиды. Электр желісінің параметрлері паспортқа сәйкес аппаратының немесе спектрометрдің тиісті модификациясы ұсталуы қажет болып табылады.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында «Кентау сервис» ЖЭО-5-тен шығатын қалдық болып табылатын көмірдің жанбайтын минералды бөліктері күл мен қож зерттеуге алынды. Талдау жұмыстары көмір электр станциясының шламдарында мыналар бар екенін көрсетті: 40 % кремний оксиді (SiO_2), 30 % кальций оксиді (CaO), 10 % алюминий оксиді (Al_2O_3), 5 % магний оксиді (MgO), 3 % темір (Fe_2O_3), 12 % басқа компоненттер (ылғал және органикалық қоспалар). Бұл деректер кірпіштерді өндіру үшін шламның қандай компоненттерін пайдалану жақсы екенін анықтауға көмектеседі (кремний мен кальций материалдың нығаюына және термотөзімділігіне ықпал етеді). Кірпіш жасау үшін келесі қоспаны қолдандық: 30 % шығарынды қоқыс, 40 % балшық, 30 % құм. Қоспаның жалпы массасы негізінде пропорцияларды есептеу үшін, мысалы, егер қоспаның жалпы массасы

100 кг құраса: шламның салмағы = $100 \text{ кг} \times 30 \% = 30 \text{ кг}$; саз массасы = $100 \text{ кг} \times 40 \% = 40 \text{ кг}$; құмның салмағы = $100 \text{ кг} \times 30 \% = 30 \text{ кг}$. Бұл пропорциялар кірпіштердің талап етілетін қасиеттеріне байланысты өзгереді.

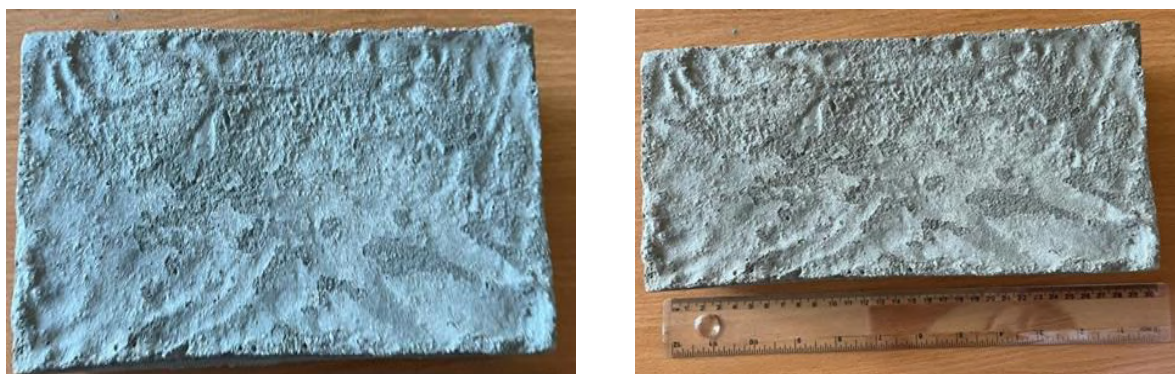
Күл-қож қалдықтарында периодтық жүйедегі элементтердің көп бөлігі бар: кремний, алюминий, темір оксиді, сирек жер металдары және т.б (сур.3). Күл-қож қалдықтарын өңдеудің пресективалы бағыттарының бірі – олардан пайдалы металдарды алу. Күл алюминий оксидіне бай, оны боксит алмастырғыш ретінде қарастыруға болады. Күл-қож қалдықтары құрылыс индустриясында, жол құрылысында нақты серпіліс жасай алады. Күл-қож қалдықтары төмен жылу өткізгіштік, тамаша тығыздық сияқты бірегей ерекшеліктерге ие. Күл және қож қалдықтарының химиялық және минералогиялық құрамы құрылыс материалдарын өндіруге өте ыңғайлы.



Сур. 3. «Кентау сервис» ЖЭО-5 күл шығарындыларының химиялық құрамы

Күл мен қождан құрылыс кірпішін жасауға болады. Керамикалық және силикатты кірпішпен салыстырғанда оның отқа төзімділігі жоғары, жылу өткізгіштігі мен құны төмен. Егер қуыстары бар күл кірпіштің және қазіргі танымал ұяшықты бетонның техникалық-экономикалық көрсеткіштерімен салыстырсақ, бетонның тығыздығы 1,4...2 есе аз болса, кірпіштің беріктігі 5...8 есе жоғары болады. Тәжірибе жұмыстарын жүргізу барысында кірпіштің құрамындағы қоспалардың үлесі әртүрлі арақатынаста алынып, сынал-

ды. Алайда, осы арақатынастардың ішінен ең оңтайлысы 2:1:1,5 қатынасындағы алынған кірпіштің берік екендігі ИПС-МГ4 маркалы аппаратымен пресеу жүргізу барысында дәлелденді (сур. 5...7). Күл-қож қалдықтары шикізат күйінде немесе қосымша ұнтақтаудан кейін цементтің М400 маркасымен қиыршық тастың 2:1:1,5 қатынасында араластырылды. Шикізат қоспасы ылғалданған, полиэтилен пакеттерде тығыздалған және 2...4 сағат ішінде 60°C температурада кептірілді (сур.4)



Сур. 4. Күл-қождан жасалған кірпіштің үлгісі

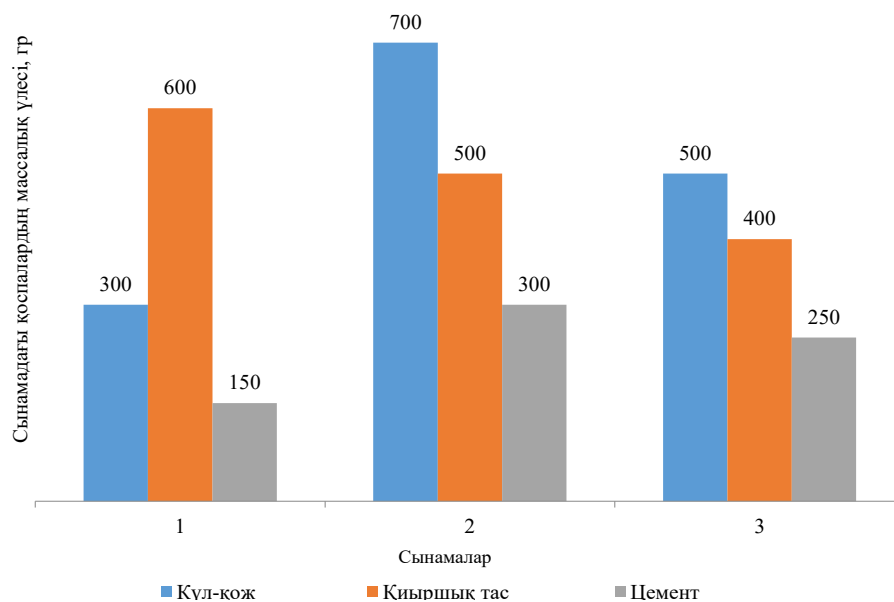
Сапа коэффициенті МемСТ 530-2012 Кірпіш және керамикалық тас»Жалпы техникалық шарттар бойынша анықталды (ҚР МемСТ 530-2012., 2012). Осыдан кейін үшқұрамды массада үлгілер қалыпталды:

ені – 120 мм, ұзындығы – 250 мм және биіктігі 65 мм болатын төртбұрышты 20 мПа престеу қысымымен біркелкі жүктемемен сынақталды.

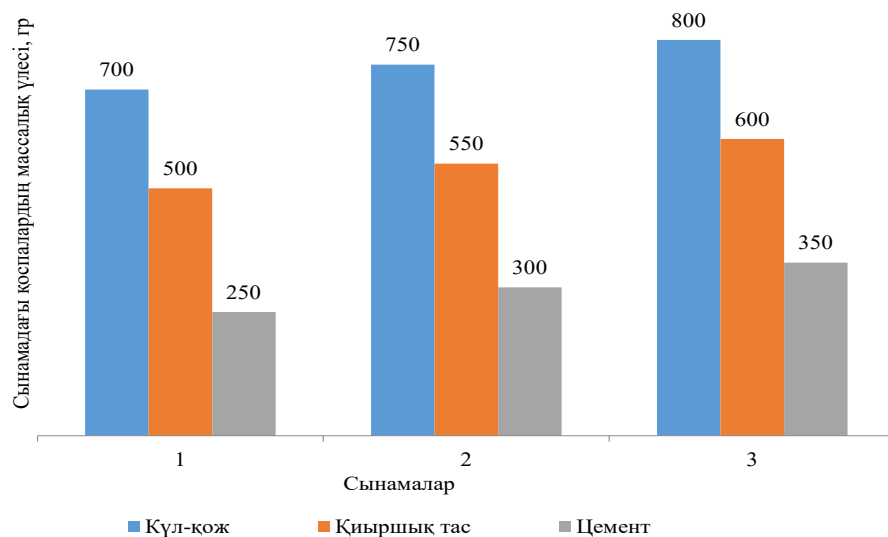
Кесте 1

Күл-қож кірпіштің, керамикалық кірпіштің, ұяшықты бетонның, ағаштың салыстырмалы сипаттамасы

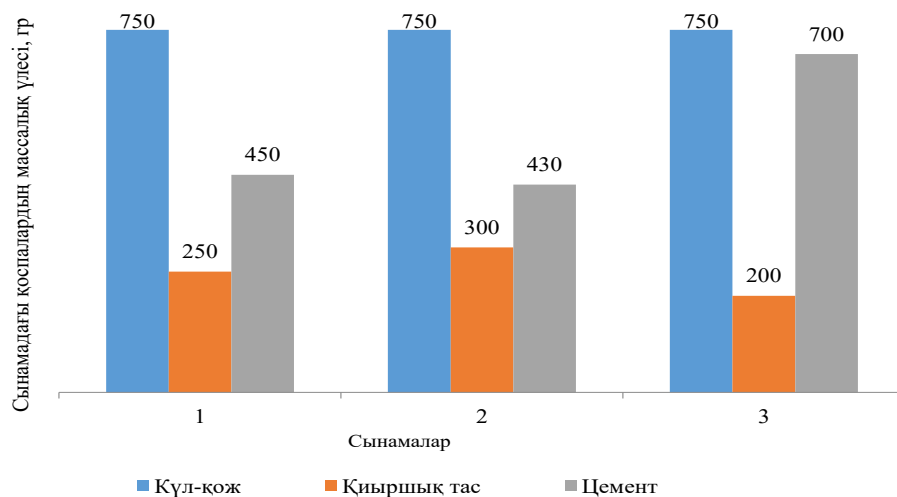
Сипаттамасы	Орташа тығыздық, кг/м ³	Кірпіштің салмағы, кг	1 м ³ салмағы, кг	Жылуөткізгіштік, Вт/м ^х °С	Ғимарат қабырғасының қалыңдығы, шарт.бір.	Қысу беріктігі, кг/см ²	Күл көлемі, %
Толыққанды күл кірпіші	1234	2,1	1225	0,21	0,3	123...230	83
Бос күл кірпіші, 25 %	1050	1,9	1014	0,11	0,15	123...200	78
Бос силикат кірпіш, 25 %	1530	3,0	1569	0,4	0,8	123...200	-
Бос керамикалық кірпіш, 27 %	1300	2,5	-	0,41	0,64	123...200	-
Ұяшықты бетон (Сибит)	400...600	-	-	0,09	0,1	23	-
Ағаш	-	-	-	-	0,13	0,21	-



Сур. 5. Сынамалардың 10 мПа-дағы беріктік арақатынасы



Сур. 6. Сынамалардың 15 мПа-дағы беріктік арақатынасы



Сур. 7. Сынамалардың 20 мПа-дағы беріктік арақатынасы

Максималды беріктігін 2:1:1,5 қатынасы бар композициялар көрсетеді, яғни күл-қождың массасы бойынша 750 гр, қиыршық тас 250 гр және цемент 450 гр. Бұл сондай-ақ 6 және 7-суреттердің деректерімен расталады, олардың ішінде күлдің қышқылдығының жоғарылауымен және оның құрамындағы қиыршық тас пен цементтің 2,4-тен 5,4 %-ға дейін ұлғаюымен беріктіктің төмендеуі байқалады және әсіресе күлге ең аз қож массасы қосылған кезде байқалады (5-сурет). Нәтижесінде, күл-қож құрамды кірпіш, тіпті екі рет автоклавталған болса да, аязға төзімділіктің төмендігін көрсетеді (5-сурет). Бұл еркін СаО және MgO әсеріне емес, байланыстырғыш заттың құрамына байланысты болуы керек. Сондықтан, зерттеу жұмысында «Кентау сервис» ЖЭО-5 күл-қожын тас көмірді жағудан, сондай-ақ шикізат қоспасындағы цементпен қиыршық тастың әртүрлі құрамындағы байлам негізділігінің әсерін зерттеу үшін тас көмір күлі мен қож қоспасын қосу арқылы көп компонентті байланыстырғыш заттың құрамын оңтайландыру жүзеге асырылды.

Электр станцияларының шығарынды шламдарын қайта өңдеу ғылым мен технологияны дамытуға бірнеше түйінді салада елеулі үлес қосуы мүмкін: 1. Қалдықтарды өңдеу жұмысы қоршаған ортаға жүктемені азайтуға көмектеседі. Электр станциялары, әсіресе көмір станциялары құрамында улы заттар (мысалы, ауыр металдар, күкірт оксиді, азот) бар қалдықтарды көп мөлшерде өндіреді. Бұл саладағы ғылыми зерттеулер осы қалдықтарды қауіпсіз және тиімді кәдеге жарату әдістерін әзірлеуге ықпал етеді, бұл ауаның, судың және топырақтың ластануын азайтуы мүмкін. 2. Шламдарды қайта өңдеу металдар, минералдық заттар, көміртегі және басқа да компоненттер сияқты материалдарды қайта пайдалануға ықпал етуі мүмкін. Өңдеудің жаңа әдістерін әзірлеу, мысалы, пайдалы компоненттерді алу немесе оларды жаңа материалдарға (мысалы, құрылыс материалдарына, жол жабынына) айналдыру өндіріс пен тұтынудың неғұрлым орнықты және тұйық циклдарын құруға көмектеседі. 3. Электр станцияларының қалдықтарын қайта өңдеу процестерін зерделеу химия, инженерия, экология, нанотехнологиялар сияқты салаларда жаңа технологияларды дамытуды ынталандыра алады. Мысалы, катализ немесе суды тазар-

ту саласындағы зерттеулер инновациялық материалдар мен процестерді құруға ықпал етуі мүмкін. 4. Шламдарды қайта өңдеуді ғылыми зерттеулер түрлі әдістердің экожүйеге әсерін бағалауға мүмкіндік беретін үлгілерді әзірлеуді талап етеді. Бұл экологиялық өзгерістердің неғұрлым дәл болжамдарына ықпал етуі және қоршаған орта үшін тәуекелдерді бағалаудың жаңа әдістерін жасауға ықпал етуі мүмкін. 5. Осы саладағы ғылыми әзірлемелер жаңа саланың - өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеудің өсуін ынталандыруы мүмкін, бұл жұмыс орындарын құруға, ластану деңгейі жоғары аудандарда өмір сүру сапасын жақсартуға және қалдықтарды көмуге арналған шығындарды төмендетуге алып келеді. 6. Интердисциплинарлық зерттеулер саласында экология мен химиядан материалтану мен экономикаға дейінгі пәндердің кең спектрін қамтиды.

Ұсынылған зерттеудің әдістері қолданыстағы концепциядан айырмашылығы шығарынды шламдарды қайта өңдеу саласындағы зерттеулер өзара білім алмасуға және инновациялық шешімдерді іздеуге ықпал ете отырып, әртүрлі салалардағы ғалымдардың күш-жігерін біріктіре алады. Осылайша, шығарынды шламдарды қайта өңдеу жөніндегі ғылыми жұмыс экологиялық проблемаларды шешуге ықпал етіп қана қоймай, орнықты технологияларды әзірлеу, ресурстарды тиімді пайдалану және қоршаған ортаның сапасын жақсарту үшін жаңа көкжиектер ашады.

Көмір электр станцияларының шығарынды шламдарынан өндірілген құрылыс кірпіштерін қолданудың экологиялық, экономикалық және әлеуметтік тұрақтылық тұрғысынан айтарлықтай практикалық мәні бар. Бұл бағыт энергетика өнеркәсібінің қалдықтарын тиімді кәдеге жаратуға ғана емес, экологиялық қауіпсіз және функционалдық құрылыс материалдарын жасауға да мүмкіндік береді. Осындай кірпіштерді қолданудың негізгі практикалық аспектілеріне: кірпіш өндіру үшін шламдарды қолдану арнайы бөлінген полигондарда сақтауды талап ететін шығарылатын шламдардың мөлшерін едәуір азайтады. Бұл экологиялық жүйелерге жүктемені азайтуға және су қоймаларының, топырақтың және ауаның ластануын болдырмауға көмектеседі; құрылыста шығарынды шламдарды пайдалану

цемент сияқты дәстүрлі құрылыс материалдарын өндіру қажеттілігін төмендетуі мүмкін, ол өз кезегінде атмосфераға CO_2 шығарудың негізгі көздерінің бірі болып табылады. Бұл құрылыс саласының көміртегі іздерін қысқартуға ықпал етеді; шламдарды дұрыс өңдеу жолымен олардың қоршаған ортаға түсуін төмендететін материалдардағы ауыр металдар (қорғасын, кадмий, сынап) сияқты қауіпті заттардың құрамын төмендетуге болады. Бұл шламдарды жинау мен өңдеуден бастап кірпіштерді өндіру мен пайдалануға дейінгі барлық кезеңдерде қатаң бақылауды талап етеді; Тасталатын шламдарды құрылыс кірпіштерін өндіру үшін шикізат ретінде пайдалану саз, құм және басқа да минералдар сияқты дәстүрлі табиғи ресурстарға қажеттілікті төмендетеді, бұл табиғи ресурстарды сақтауға ықпал етеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жылу электр орталықтарының шығарындыларын қайта өңдеу қоршаған орта сапасын жақсартуда маңызды рөл атқаратындығы анықталды. Заманауи технологияларды қолдану арқылы бұл процестерді тиімдірек және экологиялық тұрақты етуге болады, бұл қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға және тұрақты даму деңгейін арттыруға ықпал етеді. Кірпіш өндірісінің бұл тәсілі қалдықтарды бақылау мәселесін әлеуетті және тұрақты шешуді қамтамасыз ету үшін пайдалы болатындығы дәлелденді. ЖЭО күлі мен қождарын құрылыс материалдары ретінде пайдалану аса өршіл бағыт болып табылады және болашақта Қазақстан өңірлеріндегі құрылыс материалдарының тапшылығы проблемасын шеше алады. Күл-қож қалдықтарын пайдалану арқылы біз цементтің 30 %-ын және табиғи агрегаттардың 50 %-дан астамын үнемдей аламыз. Экологиялық күлді кірпіштің бірқатар артықшылықтары бар: біріншіден, бұл полигонға жіберілетін қалдықтардың мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді, соның нәтижесінде қоршаған ортаға теріс әсер төмендейді; екіншіден, мұндай кірпіш жақсы жылу оқшаулау қасиетіне ие және өте берік.

Кірпіш өндірісінде жылу электр орталықтарынан күлді пайдалану қалдықтарды кәдеге жарату және экологиялық, экономикалық жағынан тиімді тәсіл болып табылады. Осылайша, күл-қож қалдықтарын техногендік минералды шикізатқа жатқызу керек, оның табиғи қалдықтардан айырмашылығы уақыт өте келе жинақталады және тасымалдайды, бұл оларды зерттеу мен пайдалануға тарту перспективасын арттырады. Перспективалы

нәтижелерге қарамастан, бұл әдіс әлі де өндіріс технологияларын оңтайландыру және оны құрылыста қолдануды кеңейту үшін қосымша зерттеулер мен әзірлемелерді қажет етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Wan Ibrahim, M. H., Mangi, S. A., & Mohammed Al-Fasih, M. Y. (2021). Influence of lime and coal bottom ash as partial cement replacement material on mechanical properties of concrete. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(2), 89-96. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.02.008>
2. Obolkin, V., Molozhnikova, E., Shikhotsev, M., Netsvetaeva, O., & Khodzher, T. (2021). Sulfur and Nitrogen Oxides in the Atmosphere of Lake Baikal: Sources, Automatic Monitoring, and Environmental Risks. *Atmosphere*, 12(10), 1348. <https://doi.org/10.3390/atmos12101348>
3. Экономический исследовательский институт. Общественные выбросы парниковых газов в Республике Казахстан // Экономический исследовательский институт. 2022. URL: https://eri.kz/kz/Novosti_instituta/id=4526/arch=2022_4 (дата обращения: 27.03.2024r)
4. Shaheen, S.M., Hooda, P.S., & Tsadilas, C.D. (2014). Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements – a review. *Journal of Environmental Management*, 145, 249-267. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.005>
5. Surya, I., Purwandari, V., & Khodijah, A. (2022). Pengaruh kadar silika dari fly ash batu bara sebagai bahan pengisi hidrogel berbahan dasar selulosa bakteri (HSB). *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, 6(1), 36 – 46. <https://doi.org/10.51544/kimia.v6i1.2975>
6. Guttikunda, S.K., & Jawahar, P. (2014). Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India. *Atmospheric Environment*, 92, 449-460. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.04.057>
7. Pandey, V.C., & Singh, N. (2010). Impact of fly ash incorporation in soil systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.11.013>
8. Wang, S., Ma, Q., & Zhu, Z. H. (2008). Characteristics of coal fly ash and adsorption application. *Fuel*, 87, 3469-3473. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.05.022>
9. U.S. Environmental Protection Agency. EPA Response to Kingston TVA Coal Ash Spill. EPA. 2015. URL: <https://www.epa.gov/ttn/epa-response-kingston-tva-coal-ash-spill> (дата обращения: 27.03.2024)
10. Gollakota, A. R. (2020). Transmutation of coal fly ash to conceivable applications. *Journal of Innovative Technology*, 2(1), 35-40. [https://doi.org/10.29424/JIT.202003_2\(1\).0005](https://doi.org/10.29424/JIT.202003_2(1).0005)
11. Luo, Y., Wu, Y., Ma, S., Zheng, S., Zhang Y., & Chu, P. (2021). Utilization of coal fly ash in China: A mini-review on challenges and future directions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 18727-18740. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08864-4>
12. Szerement, J., Szatnik-Kloc, A., Jarosz, R., Bajda, T., & Mierzwa-Hersztek, M. (2021). Contemporary applications of natural and synthetic zeolites from fly ash in agriculture and environmental protection. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127461. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127461>
13. Yao, Z. T., Ji, X. S., Sarker, P. K., Tang, J. H., Ge, L. Q., Xia, M. S., & Xi, Y. Q. (2015). A comprehensive review on the applications of coal fly ash. *Earth-Science Reviews*, 141, 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.016>

14. Зубова О. А. Утилизация золошлаков ТЭС в зарубежных странах // Вестник КазГАСА. – 2009. – № 4(34). – С. 139-142.
15. Игумина, В. А. Анализ способов утилизации золошлаковых отходов / В. А. Игумина, А. Е. Карючина, А. С. Ровенских. // Исследования молодых ученых: материалы VI Междунауч. конф. (г. Казань, январь 2020 г.). – Казань: Молодой ученый, 2020. – С. 21-25. – URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/357/15509/> (дата обращения: 28.04.2024).
16. Палеев П. Л., Худякова Л. И. Использование золошлаковых отходов в сельском хозяйстве // XXI век. Техносферная безопасность. 2021. – Т. 6, № 4(24). – С. 348-356.
17. Енсебаев Е. Т., Байманов А. Н. Использование золы ТЭЦ-6 для производства аглопорита // Ғылым, білім және инновация: жастардың ғылыми шығармашылығы: Жас ғалымдар еңбектерінің жинағы. – Кызылорда: КГУ им. Коркыт ата, 2009.
18. Досмухамедов Н. К., Жолдасбай Е. Е., Аргын А. А. Технология комплексной переработки золы: технологические расчеты по утилизации золы // Научный журнал «Наука и техника Казахстана». – 2023. – № 3. – С. 133-134. DOI: <https://doi.org/10.48081/RTBP8301>
19. Кривова А. В. Воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса на окружающую среду Камчатского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 5-4(80). – С. 6-10. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-5-4-6-10.
20. Рыженко А. Проект нормативов допустимых выбросов для ГКП «Кентау Сервис» отдела ЖКХ ПТ и АД акимата г. Кентау. – 2022. – 199 с.
21. Загрязнение воздуха в Казахстане: вид из космоса. – EcoCitizens.kz. – URL: <https://ecocitizens.kz/publications/zagryaznenie-vozdukh-v-kazakhstan-vid-iz-kosmosa> (дата обращения: 08.04.2024).
22. Рабочий проект «Реконструкция котлов ТЭЦ-5 города Кентау». Корректировка. Шымкент, 2023. – 692 с.
23. Публикации на тему экологии. – stat.gov.kz. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/environment/stat-eco/publications/68178/> (дата обращения: 08.04.2024)
24. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: Учебник для студентов строительных и химико-технологических специальностей высших учебных заведений. – Москва, 2005. – 334 с.
25. КР МемСТ 530-2012. Кіріпін және керамикалық тас. Жалпы техникалық шарттар. – Алматы: Стандарт, 2012.
- Novosti_instituta/id=4526/arch=2022_4 (accessed on 27.03.2024) [in Russian].
4. Shaheen, S. M., Hooda, P. S., & Tsadilas, C. D. (2014). Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements – a review. *Journal of Environmental Management*, vol. 145, pp. 249–267. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.005>
5. Surya, I., Purwandari, V., & Khodijah, A. (2022). Pengaruh kadar silika dari fly ash batu bara sebagai bahan pengisi hidrogel berbahan dasar selulosa bakteri (HSB) [The effect of silica content from coal fly ash as a filler for bacterial cellulose-based hydrogel (HSB)]. *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, vol. 6, no. 1, pp. 36–46. <https://doi.org/10.51544/kimia.v6i1.2975> [in Indonesian].
6. Guttikunda, S. K., & Jawahar, P. (2014). Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India. *Atmospheric Environment*, vol. 92, pp. 449–450. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.04.057>
7. Pandey, V. C., & Singh, N. (2010). Impact of fly ash incorporation in soil systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 136, pp. 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.11.013>
8. Wang, S., Ma, Q., & Zhu, Z. H. (2008). Characteristics of coal fly ash and adsorption application. *Fuel*, vol. 87, pp. 3469–3473. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.05.022>
9. U.S. Environmental Protection Agency. (2015). EPA Response to Kingston TVA Coal Ash Spill. EPA. Available at: <https://www.epa.gov/tn/epa-response-kingston-tva-coal-ash-spill> (accessed on 27.03.2024).
10. Gollakota, A. R. (2020). Transmutation of coal fly ash to conceivable applications. *Journal of Innovative Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40. [https://doi.org/10.29424/JIT.202003_2\(1\).0005](https://doi.org/10.29424/JIT.202003_2(1).0005)
11. Luo, Y., Wu, Y., Ma, S., Zheng, S., Zhang, Y., & Chu, P. (2021). Utilization of coal fly ash in China: A mini-review on challenges and future directions. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, pp. 18727–18740. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08864-4>
12. Szerement, J., Szatnik-Kloc, A., Jarosz, R., Bajda, T., & Mierzwa-Hersztek, M. (2021). Contemporary applications of natural and synthetic zeolites from fly ash in agriculture and environmental protection. *Journal of Cleaner Production*, vol. 311, p. 127461. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127461>
13. Yao, Z. T., Ji, X. S., Sarker, P. K., Tang, J. H., Ge, L. Q., Xia, M. S., & Xi, Y. Q. (2015). A comprehensive review on the applications of coal fly ash. *Earth-Science Reviews*, vol. 141, pp. 105–121. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.016>
14. Zubova, O. A. (2009). Utilizatsiya zoloshlakov TES v zarubezhnykh stranakh [Utilization of coal ash in foreign countries]. *Vestnik KazGASA*, no. 4(34), pp. 139–142 [in Russian].
15. Igumina, V. A., Karyuchina, A. E., Rovenskikh, A. S. (2020). Analiz sposobov utilizatsii zoloshlakovykh otkhodov [Analysis of coal ash utilization methods]. *Issledovaniya molodykh uchenykh: materialy VI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii* (Kazan, January 2020). *Kazan: Molodoi uchenyi*, pp. 21–25. Available at: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/357/15509/> (accessed on 28.04.2024) [in Russian].

REFERENCES

1. Wan Ibrahim, M. H., Mangi, S. A., & Mohammed Al-Fasih, M. Y. (2021). Influence of lime and coal bottom ash as partial cement replacement material on mechanical properties of concrete. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 89–96. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.02.008>
2. Obolkin, V., Molozhnikova, E., Shikhotsev, M., Netsvetaeva, O., & Khodzhher, T. (2021). Sulfur and Nitrogen Oxides in the Atmosphere of Lake Baikal: Sources, Automatic Monitoring, and Environmental Risks. *Atmosphere*, vol. 12, no. 10, p. 1348. <https://doi.org/10.3390/atmos12101348>
3. Ekonomicheskii issledovatel'skii institut. (2022). Obshchenatsionalnye vybrosy parnikovykh gazov v Respublike Kazakhstan [National greenhouse gas emissions in the Republic of Kazakhstan]. *Ekonomicheskii issledovatel'skii institut*. Available at: <https://eri.kz/kz/>

16. Paleev, P. L., Khudyakova, L. I. (2021). Ispolzovanie zoloshlakovykh otkhodov v sel'skom khozyaistve [Use of coal ash waste in agriculture]. XXI vek. Tekhnosfermaya bezopasnost', vol. 6, no. 4(24), pp. 348–356 [in Russian].
17. Ensebaev, E. T., Baimanov, A. N. (2009). Ispolzovanie zoly TEC-6 dlya proizvodstva agloroprita [Use of TEC-6 ash for agloroprite production]. Gylym, bilim zhane innovatsiya: zhas galymdar eńbekterinın zhinagy. Kyzylorda: KGU im. Korkyt ata [in Kazakh].
18. Dosmukhamedov, N. K., Zholdasbay, E. E., Argyn, A. A. (2023). Tekhnologiya kompleksnoi pererabotki zoly: tekhnologicheskie raschety po utilizatsii zoly [Technology for integrated ash processing: technological calculations for ash utilization]. Nauchnyi zhurnal «Nauka i tekhnika Kazakhstana», no. 3, pp. 133–134. DOI: <https://doi.org/10.48081/RTBP8301> [in Russian].
19. Krivova, A. V. (2023). Vozdeistviya predpriyatii toplivno-energeticheskogo kompleksa na okruzhayushchuyu sredu Kamchatskogo kraya [Impact of fuel and energy enterprises on the environment of the Kamchatka Territory]. Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk, no. 5-4(80), pp. 6–10. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-5-4-6-10 [in Russian].
20. Ryzhenko, A. (2022). Proekt normativov dopustimyykh vybrosov dlya GKP «Kantau Service» otdela ZhKH PT i AD akimata g. Kantau [Project for permissible emission standards for GKP «Kantau Service»]. 199 p. [in Russian].
21. Zagryaznenie vozdukha v Kazakhstane: vid iz kosmosa [Air pollution in Kazakhstan: a view from space]. EcoCitizens.kz. Available at: <https://ecocitizens.kz/publications/zagryaznenie-vozdukha-v-kazakhstane-vid-iz-kosmosa> (accessed on 08.04.2024) [in Russian].
22. Rabochii proekt «Rekonstruktsiya kotlov TEC-5 goroda Kantau». Korrektirovka. Shymkent, 2023. 692 p. [in Russian].
23. Publikatsii na temu ekologii [Publications on ecology]. Stat.gov.kz. Available at: <https://stat.gov.kz/ru/industries/environment/stat-eco/publications/68178/> (accessed on 08.04.2024) [in Russian].
24. Sulimenko, L. M. (2005). Tekhnologiya mineralnykh vyazhushchikh materialov i izdelii na ikh osnove [Technology of mineral binders and products based on them]. Textbook for students of construction and chemical-technological specialties of higher educational institutions. Moscow, 334 p. [in Russian].
25. Qazaqstan Respublikasynyn MemST 530-2012. (2012). Kirpish zhane keramikalyk tas. Zhalpy tekhnikalyk sharttar [Brick and ceramic stone. General technical specifications]. Almaty: Standart [in Kazakh].

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВЫБРОСОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ В УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Т.Б. Байназарова *, **Г.Б. Тойчибекова PhD**, **Ү.А. Серік**, **К.Т. Абдраимова к.б.н.**, **Г.С. Шалабаева к.т.н**

Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан
E-mail: togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz

В данной статье проанализированы современные методы переработки золошлаковых отходов, образующихся при сжигании угля в теплоэлектрической станции, а также их воздействие на окружающую среду. В настоящее время проблема промышленных и бытовых отходов является актуальной, среди которых золошлаковые отходы занимают одно из первых мест по объему. Эти отходы создают угрозу загрязнения окружающей среды токсичными веществами и тяжелыми металлами. В районах воздействия золошлаковых отложений возникает пыль, а также происходит вымывание компонентов золы, что приводит к попаданию их в почву и подземные воды, ухудшая экологическую ситуацию. Это, в свою очередь, оказывает негативное влияние на растения и здоровье человека. Переработка золошлаковых отходов способствует экономии природных ресурсов и решению экологических проблем. В исследовании проведен анализ золошлаковых отходов ТЭЦ-5 «Кентау сервис» и определена возможность их использования в качестве экологического строительного материала — кирпича. Также проверена физическая и химическая пригодность этих отходов для производства кирпича. Доказано, что переработка отходов ТЭЦ является экономически и экологически эффективной.

Ключевые слова: переработка, теплоэлектроцентраль, золошлаковые выбросы, кирпич, отходы, угольная промышленность.

WAYS TO RECYCLE THERMAL POWER PLANT EMISSIONS IN IMPROVING ENVIRONMENTAL QUALITY

T.B. Bainazarova*, **G.B. Toychibekova PhD**, **U.A. Serik**, **K.T. Abdraimova candidate of biological sciences**, **G.S. Shalabaeva candidate of technical sciences**

International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan
E-mail: togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz

This article analyzes modern methods of recycling ash and slag waste generated by coal combustion in thermal power plants, as well as their impact on the environment. Currently, the problem of industrial and household waste is becoming increasingly urgent, with ash and slag waste being among the largest in terms of volume. These waste materials pose a risk of environmental contamination with toxic substances and heavy metals. Dust is generated in areas affected by ash dumps, and the components of the ash are washed away, leading to their infiltration into the soil and groundwater, which worsens the ecological situation. This, in turn, negatively affects plants and human health. Recycling ash and slag waste helps conserve natural resources and address ecological issues. The study conducted an analysis of the ash and slag waste from «Kantau Service» TPP-5, determining their potential for use as an ecological construction material — brick. Additionally, the physical and chemical suitability of these waste materials for brick production was tested. It was proven that recycling TPP waste is both economically and ecologically efficient.

Keywords: recycling, thermal power plant, ash and slag emissions, brick, waste, coal industry.

Авторлар туралы мәліметтер/ Сведения об авторах/ Information about authors:

Тойчибекова Газиза Батихановна – PhD, доц.м.а, Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының аға оқытушысы, Бекзат Саттарханов даңғылы, 29, Түркістан, gaziza.toychibekova@ayu.edu.kz

Абдраимова Куралай Тастанбековна – биология ғылымдарының кандидаты, доцент м.а Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық қазақ-түрік университеті, Бекзат Саттарханов даңғылы, 29, Түркістан, kuralai.abdraimova@ayu.edu.kz

Байназарова Тогжан Бақытжанқызы – Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының магистранты, Бекзат Саттарханов даңғылы, 29, Түркістан, togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz

Серік Ұлжалғас Алмасқызы – Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының магистранты, Бекзат Саттарханов даңғылы, 29, Түркістан, ulzhalgas.ss@mail.ru

Шалабаева Гүлшат Сагындыкқызы - техника ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Бекзат Саттарханов даңғылы, 29, Түркістан, gulshat.shalabaeva@ayu.edu.kz

Тойчибекова Газиза Батихановна - PhD, и.о.доцента, старший преподаватель кафедры экологии и химии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, проспект Бекзата Саттарханова, 29, Туркестан, gaziza.toychibekova@ayu.edu.kz

Абдраимова Куралай Тастанбековна – кандидат биологических наук, и.о. доцента Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, проспект Бекзата Саттарханова, 29, Туркестан, kuralai.abdraimova@ayu.edu.kz

Байназарова Тогжан Бақытжановна - магистрант кафедры экологии и химии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, проспект Бекзата Саттарханова, 29, Туркестан, togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz

Серик Ұлжалғас Алмасовна - магистрант кафедры экологии и химии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, проспект Бекзата Саттарханова, 29, Туркестан, ulzhalgas.ss@mail.ru

Шалабаева Гүлшат Сагындыкқызы – кандидат технических наук, и.о. доцента Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, проспект Бекзата Саттарханова, 29, Туркестан, gulshat.shalabaeva@ayu.edu.kz

Toychibekova Gaziza - PhD, Acting Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Ecology and Chemistry of the International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Bekzat Sattarkhanov avenue, 29, Turkestan, gaziza.toychibekova@ayu.edu.kz

Abdraimova Kuralai - Candidate of Biological Sciences, Acting Associate Professor, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Bekzat Sattarkhanov avenue, 29, Turkestan, kuralai.abdraimova@ayu.edu.kz

Bainazarova Togzhan - Master's student of the Department of Ecology and Chemistry of the International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Bekzat Sattarkhanov avenue, 29, Turkestan, togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz

Serik Ulzhalgas - Master's student of the Department of Ecology and Chemistry of the International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Bekzat Sattarkhanov avenue, 29, Turkestan, ulzhalgas.ss@mail.ru

Shalabaeva Gulshat - Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Bekzat Sattarkhanov avenue, 29, Turkestan, gulshat.shalabaeva@ayu.edu.kz

Авторлардың қосқан үлесі/ Вклад авторов/ Authors contribution:

Тойчибекова Г.Б. – тұжырымдаманы әзірлеу, зерттеу жүргізу, әдістемені әзірлеу

Абдраимова К.Т. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу

Шалабаева Г.С. – әдістемені әзірлеу, мәтінді дайындау және өңдеу

Байназарова Т.Б. – статистикалық талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу

Серік Ұ.А. – мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Тойчибекова Г.Б. - разработка концепции, проведение исследований, разработка методики

Абдраимова К.Т. - разработка концепции, разработка методики

Шалабаева Г.С. – разработка методики, подготовка и обработка текста

Байназарова Т.Б. - проведение статистического анализа, подготовка и обработка текста

Серик У.А. - подготовка и обработка текста, визуализация

Toychibekova G. - concept development, research, methodology development

Abdraimova K. - concept development, research, methodology development

Shalabaeva G. - methodology development, text preparation and processing

Bainazarova T. - statistical analysis, text preparation and processing

Serik U. - text preparation and processing, visualization

ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ СИСТЕМ И ИХ РОЛЬ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Н.Т. Кемербаев¹ *к.т.н.*, Г.А. Мусина^{1*}, М.Х. Шкиева¹, К.Б. Самарханов^{1,2} *к.г.н.*, А.Т. Баталова¹,
А.Н. Рахимжанов¹

¹ТОО "GEOID", Республика Казахстан, Астана, Казахстан

²Международный научный комплекс "Астана", Астана, Казахстан

E-mail: snezhinka200184@gmail.com

В статье приводятся примеры использования гравиметрических наблюдений для мониторинга экологической обстановки месторождений полезных ископаемых. Такие измерений как правило производятся группой приборов. Высокий уровень точности требует согласованности всех применяемых приборов, что достигается калибровкой. Дан обзор гравиметрических калибровочных систем, играющих ключевую роль в точном и надежном измерении ускорения силы тяжести на поверхности Земли. Калибровочные базисы необходимы для обеспечения метрологического контроля и повышения точности измерений в таких областях наук о Земле, как геодезия, геофизика, геология и других связанных дисциплинах. В статье подробно рассмотрены различные калибровочные системы, которые используются в разных странах, включая Россию, Польшу, Хорватию, Швейцарию, Канаду, Австрию, Германию, Китай, Эстонию, Финляндию, Иран, Бразилию, а также в Республике Казахстан.

Ключевые слова: гравиметрия, калибровочный базис, гравиметр Scintrex, окружающая среда.

Поступила: 01.05.2024 г.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-152-166

ВВЕДЕНИЕ

В геофизических исследованиях гравиметрические методы начали активно применяться более столетия назад. Основным гравиметрическим методом, применяемым в геофизических исследованиях, является площадная съемка. По распределению ускорения силы тяжести на земной поверхности исследователи могут моделировать внутреннее строение Земли, что в первую очередь необходимо для поиска полезных ископаемых и сопровождения их добычи.

Гравиметрия также может применяться и в целях исследования экологии. Разработка месторождений углеводородов (нефти и газа) существенно влияет на состояние окружающей среды и может вызывать геодинамические процессы, особенно в зонах активных разломов. Они могут быть вызваны как естественными тектоническими изменениями и геомеханическими эффектами, так и техногенными воздействиями, связанными с добычей (Трофимов, 2022). Мониторинг и оперативное получение точной информации о геодинамическом состоянии месторождений

являются важными для обеспечения безопасности разработки и минимизации рисков для окружающей среды и общества (Вартанян, 2010). Для мониторинга геодинамических процессов выполняют комплекс повторных геодезических измерений координат и высот, а также определений ускорения силы тяжести на пунктах геодинамического полигона.

Другой пример использования измерений ускорения силы тяжести приведен в работе (Appriou и др., 2020), где оценивается эффективность гравиметрического мониторинга для обнаружения утечки углекислого газа из углеродного хранилища. В исследованиях используются скважинные измерения вертикальной составляющей силы тяжести. Совместная инверсия наземных и скважинных данных дают ценную информацию о возникновении утечек CO₂. Другой пример использования гравиметрических наблюдений в экологических исследованиях связан с изучением гидродинамических процессов подземных вод. Такие исследования проводятся на четырех водяных скважинах в городе Аль-Айн (эмират Абу-Даби, ОАЭ)

(Darwish и др., 2021). Это позволяет изучать характеристики неглубокого водоносного горизонта подземных вод. Совместные измерения ускорения силы тяжести с точностью микрогал и уровня воды в скважинах производились более года. Это позволило сделать оценку пространственно-временного изменения запасов подземных вод. Метод микрогравиметрии рекомендуется использовать для мониторинга неглубоких водоносных горизонтов подземных вод при малом количестве скважин.

Гравиметрические калибровочные системы применяются для исследования высокоточных относительных гравиметров и играют ключевую роль в измерении ускорения силы тяжести и современных исследованиях гравитационного поля Земли. Они необходимы для обеспечения точности, надежности и единства измерений ускорения силы тяжести в различных областях применения, включая геодезию, геофизику, поиска полезных ископаемых и изучения вулканической активности (Bychkov et al., 2021; Greco & Krasnyy, 2021; Mulugeta et al., 2021). В этом контексте калибровочные базисы обеспечивают стандартизированный и точный метод калибровки гравиметров, что является основой для получения надежных данных.

Одним из важных аспектов гравиметрических исследований является выбор метода калибровки гравиметров. Этот процесс обеспечивает точность и согласованность измерений в рамках единой системы единиц, учитывая разнообразные погрешности и систематические отклонения, особенно в контексте абсолютных и относительных гравиметров (Urs et al., 2014). Эффективное использование калибровочных базисов способствует улучшению точности измерений, что особенно важно в условиях активного развития гравиметрической отрасли, например, в Республике Казахстан (MDDIAI, 2023; Wziontek et al., 2021).

В данной статье выполнен обзор существующих гравиметрических калибровочных базисов в разных странах, их характеристик и методов реализации. Подробный анализ различных калибровочных систем позволит читателю глубже понять важность этих систем в контексте точности и достоверности гравиметрических измерений, а также акцентирует внимание на значении стандартизированных

процедур калибровки в гравиметрии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экологические аспекты применения гравиметрических исследований. Гравиметрия является одним из эффективных методов геофизических исследований, широко применяемым в том числе и для мониторинга экологии месторождений полезных ископаемых. Этот метод основан на измерении силы тяжести Земли, которая изменяется в зависимости от плотности пород под земной поверхностью. Изменения в плотности пород в местах разработки месторождений приводят к изменению гравитационного поля, что позволяет проводить анализ этих изменений для решения различных задач.

Гравиметрические исследования позволяют оценить влияние горных работ на окружающую среду, выявляя зоны проседания земной поверхности, образование подземных пустот и деформации земной коры (1), что важно для предотвращения экологических и инфраструктурных проблем, а также аварий.

$$\Delta g = 2\pi G \Delta \rho h \quad (1)$$

где, Δg – изменение ускорения силы тяжести, G – гравитационная постоянная ($6.67430 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$), $\Delta \rho$ – изменение плотности пород, h – высота (толщина) слоя, в котором произошло изменение плотности.

Эти исследования также помогают контролировать процессы подземной фильтрации, выявляя места утечек загрязняющих веществ и определяя направление движения подземных вод (2), что способствует улучшению экологического мониторинга и предотвращению загрязнения окружающей среды.

$$\Delta g = \frac{2\pi G \Delta \rho V}{A} \quad (2)$$

где, Δg – изменение ускорения силы тяжести, G – гравитационная постоянная ($6.67430 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$), $\Delta \rho$ – изменение плотности пород, V – объем загрязненной области, A – площадь, над которой проводится измерение.

Кроме того, гравиметрия используется для оценки состояния хвостохранилищ, выявляя зоны разжижения отходов и определяя

места возможных прорывов, что позволяет своевременно принимать меры по укреплению конструкций и предотвращению аварий.

Использование гравиметрии также оптимизирует разработку месторождений, более точно планируя вскрытие новых залежей полезных ископаемых и оценивая эффективность отработки, что позволяет принимать обоснованные решения по дальнейшему развитию горных работ.

Следовательно, для обеспечения эффективности применения гравиметрических приборов необходимо проведение их калибровки. Для этого необходимо создание калибровочных полигонов, которые позволят достичь высокий уровень точности и достоверность измерений.

Далее приведем примеры калибровочных базисов, существующих в мире на данный момент, а также значения ускорения силы тяжести (g) на пунктах калибровочных базисов.

Есть две разновидности калибровочных базисов – это горизонтальные и вертикальные базисы.

Горизонтальные базисы используют изменение силы тяжести с широтой. При изменении широты на 10° сила тяжести меняется на $9 \times 10^3 \text{ мкм} \cdot \text{с}^{-2}$. К недостаткам горизонтальных базисов относятся необходимость транспортировки гравиметров на большие расстояния и возможные вибрации приборов, которые могут снизить точность измерений. Вертикальные базисы используют изменение силы тяжести с высотой. В горах превышение в 1000 м приводит к изменению силы тяжести на $2 \times 10^3 \text{ мкм} \cdot \text{с}^{-2}$ (с учетом притяжения топографических масс). В высотном здании превышение в 100 м соответствует изменению силы тяжести на $300 \text{ мкм} \cdot \text{с}^{-2}$. К недостаткам калибровки в горной местности относятся резкие изменения температуры и давления воздуха, а измерения в высотных зданиях могут быть нарушены ветровыми нагрузками (Торге В., 1999).

Калибровочный базис Оранжвилл в Канаде. Калибровочный (горизонтальный) базис Оранжвилл (Scintrex Limited, 2012) расположен в 70 км к северу от Торонто. Относится к типу горизонтальных базисов. Был создан и поддерживается Геологическим управлением Канады. Этот базис используется для определения основного калибровочного коэффициента GCAL1 гравиметров компании Scintrex Ltd.

Секция, используемая для калибровки и тестирования CG-5, состоит из 5 станций, расположенных на расстоянии 70 км друг от друга при силе тяжести 119 мГ/с . Приборы перевозятся на автомобиле. Показания снимаются на каждой станции по пути следования вверх по линии и повторяются в дальнейшем.

Гравиметрический базис в Бразилии. Калибровочный гравиметрический базис Agulhas Negras был создан в середине 1980-х как инструмент для оценки эксплуатационных возможностей относительных гравиметров, используемых бразильскими академическими учреждениями или частным сектором. LCR G (Sousa and Santos, 2010). Базис, протяженностью 200 км состоит из 5-и гравиметрических пунктов с диапазоном 627 мГал . В 2007 году на них были выполнены наблюдения с абсолютным гравиметром A-10 #011. Также на каждом пункте был измерен местный вертикальный градиент силы тяжести.

Калибровочный базис Финляндии.

Калибровочный базис Масала-Вихти берет начало на территории финского геодезического института в Масале и охватывает 53 мГал при расстоянии 40 км (Finnish Geodetic Institute, 2011). Чаще всего используется для калибровки относительных гравиметров, используемых в геофизической разведке и в региональных гравиметрических исследованиях. Доступ к пунктам открыт для всех желающих. Пользователи могут выполнять измерения самостоятельно и применять опубликованные значения силы тяжести. На пунктах были определены модели вертикального градиента на многих уровнях. Это связано с тем, что на многих пунктах вертикальный градиент изменчив, а пользователи используют приборы с разной высотой относимости. Измерения абсолютных значений на конечных пункта периодически повторяются.

Калибровочная система Ганновера в Германии. В 1980-х годах Институт геодезии в сотрудничестве с геодезическим агентством Нижней Саксонии создал систему калибровки относительных гравиметров в Ганновере, состоящая из вертикального калибровочного базиса в Лейбницевском университете и калибровочного базиса Гарца между Нижним и Верхним Гарцем (Timmen et al., 2018).

Первый проходит с первого по 19-й этаж высотного здания университета с максимальной

разницей в силе тяжести 19,2 мГал на протяжении 64 м. Калибровочный базис Гарц состоит из трех абсолютных точек, которые были сначала определены с помощью JLAG-3 и окончательно определены в 2013 году Федеральным агентством картографии и геодезии Германии (BKG) с помощью A10-033. Эти три точки охватывают диапазон силы тяжести 93 мГал. Поскольку абсолютные измерения силы тяжести на вертикальном калибровочном базисе пока невозможны, калибровочный коэффициент передается с калибровочной линии Гарц путем измерения в режиме реального времени с помощью относительных гравиметров.

Гравиметрический базис в Германии Цугшпитце. Калибровочная система Цугшпитце в Германии созданная в 2004...2005 годах хорошо подходит для линейной калибровки кварцевых гравиметров семейства Scintrex (Flury et al., 2007). Основными преимуществами системы являются большое приращение силы тяжести 528 мГал и удобная транспортировка приборов между опорными пунктами с помощью канатной дороги.

Данная система позволяет выполнять большое количество широкодиапазонных связей за 1 день или меньше с соответствующим повышением точности. Согласно результатам экспериментальных исследований, переменное притяжение снега может вызывать эффекты до 40 мГал, поэтому рекомендуют выполнять калибровку гравиметров в период с июля по декабрь, когда влияние снежных масс минимально, а повторяемость калибровочных коэффициентов находится в пределах ± 10 мкГал.

Калибровочный базис в Швейцарии. Калибровочный базис в Швейцарских Альпах был создан в 2013 году (Marti et al., 2015). Он состоит из 7-ми абсолютных гравиметрических пунктов и нескольких эксцентрических точек, относится к типу вертикальных базисов. Суммарный диапазон базиса составляет более 600 мГал

Всю линию относительными приборами в замкнутом цикле можно измерить за 1 день, поскольку все абсолютные пункты легко доступны для автомобильного транспорта или расположены в непосредственной близости от железнодорожной станции Юнгфрау Абсолютные пункты выбраны таким образом, чтобы они были доступны в любой день в течение года, а также чтобы разница ускорения силы тяжести между смежными пункта- ми не превыша-

ла 150 мГал. Тем самым, можно калибровать гравиметры с ограниченным диапазоном или с нелинейным масштабным коэффициентом.

Расширенные неопределенности для абсолютных пунктов составляют 5...6 мкГал. На всех пунктах были определены модели вертикальных градиентов над марками с помощью относительных измерений на трех уровнях. Данный гравиметрический базис может использоваться бесплатно всем гравиметрическим сообществом. Это первый в мире калибровочный базис, соответствующий Соглашению о взаимном признании CIPM MRA (Werhahn et al., 2023).

Калибровочный базис Хочкар в Австрии. Австрийский калибровочный базис Хочкар для калибровки относительных гравиметров был создан в 1982 году (Ruess and Meurers, 2000) и расположен между Гёстлингом и Хочкаром в Нижней Австрии. С этого времени этот базис регулярно контролировался несколькими гравиметрами LCR. Он относится к типу вертикальных базисов.

Суммарная разность силы тяжести составляет ~200 мГал, и практически полностью перекрывает диапазон измерений LCR D. Базис состоит из 4-х пунктов, для проезда на автомобиле между смежными пунктами составляет менее 15 минут.

В 1988 и 1995 годах на пунктах базиса были выполнены измерения абсолютной силы тяжести с помощью гравиметра JLAG6. В 2014 году на пунктах Гестлинге и Хочкарес помощью абсолютного гравиметра FG5 были повторены абсолютные наблюдения (Ruess and Ullrich, 2015). Новые результаты показали небольшое изменение силы тяжести на верхнем пункте примерно на – 20 мкГал по сравнению с 1995 годом.

Калибровочный базис в Польше. В статье (Sas et al., 2009) описывается создание альпийского гравиметрического калибровочного базиса в польских Татрах, и методика выполнения статической калибровки гравиметра.

В качестве пунктов базиса по возможности выбирались места, в которых проводились маятниковые наблюдения много лет назад. Для одного из таких пунктов была выбрана обсерватория Института метеорологии и водного хозяйства, расположенная в Каспровы Верхе. Новый пункт в Закопане был расположен на Гидрометеорологической станции в ядерном убежище, оставшемся со времён холодной войны. Для

абсолютных пунктов базиса было создано по два дополнительных постаментов. На всех центрах также были выполнены определения вертикального градиента.

В Закопане такими постаментами стали некоторые пункты бывшего калибровочного базиса 1968 года. Они закреплены бетонными постаментами 75×75×100 см, также входящими в польскую национальную гравиметрическую сеть. На Каспровы Верх один из дополнительных центров расположен в зале Высотной метеорологической станции, а другой на лестничной площадке главного входа в обсерваторию. В базис также были включены промежуточные пункты в точках нижней, средней и верхней станциях канатной дороги. Время движения на первом участке базиса по канатной дороге составляет около 7 минут, второго – 8 минут.

Первые абсолютные наблюдения на пунктах Закопане и Каспровы Верх были выполнены гравиметром FG5–221 Финского геодезического института. Повторные определения проводились Институтом геодезии и картографии в Варшаве.

Гравиметрический базис в Хорватии. В статье (Repačić, Grgić and Bašić-Zagreb, 2013) описывается предложение по модернизации основного и вспомогательного калибровочных гравиметрических базисов Республики Хорватия, описаны процедуры калибровки и представлена математическая основа для вычислений, а также проанализирована точность калибровки. В работе дана оценка текущего состояния калибровочного базиса и сделано предложение на создание нового официального базиса, который будет горизонтальным и частично вертикальным, а также вспомогательным вертикальным.

Официальный калибровочный базис состоит из двух абсолютных и одного относительного пункта. Расчётный диапазон ускорения силы тяжести составляет 299 мГал (или альтернативно 275 мГал) при времени транспортировки по шоссе 3 часа. Вспомогательный базис состоит из двух абсолютных пунктов с диапазоном 172 мГал и временем переезда по окружной дороге 45 минут. Данная модернизация должна была обеспечить повышение точности калибровки относительных гравиметров.

Калибровочный базис Эстонии. Пер-

вый калибровочный базис в Эстонии (Oja, Turk and Jurgenson, 2014) был установлен недалеко от города Пярну в 1982 году. Для определения приращений силы тяжести использовалось несколько гравиметров ГАГ-2 производства СССР. В дальнейшем на базисе были опробованы ГАГ-2, LCR G, CG–5, ZLS Burris. На сегодняшний день основная базовая калибровочная линия состоит из тех абсолютных пунктов Хаанья–Тыравере–Тойла. Используемые для создания полигона приборы неоднократно проходили испытания на калибровочном базисе (Finnish Geodetic Institute, 2011) Масала-Вихти Финского геодезического института в 2002...2008 гг.

Гравиметрические базисы в России. *Московский гравиметрический базис* является локальной гравиметрической сетью, состоит из 6 пунктов и относится к горизонтальным базисам. Пункты базиса расположены в прилегающей к городу местности (Oshchepkov et al., 2016), наибольшее приращение силы тяжести составляет 52 мГал. На всех пунктах определены параметры вертикального градиента с аппроксимацией полиномом второй степени. На пунктах TsNIIGAiK и Zvenigorod выполнялись наблюдения с абсолютным гравиметром Финского геодезического института FG5-X221 во время российско-финских сравнений абсолютных гравиметров в 2013 году RACAG2013 (Mäkinen et al., 2016; Geophysical Center RAS, 2019). Измерения в локальной сети базиса уравниваются по методу наименьших квадратов.

Казанский гравиметрический базис состоит из 4-х пунктов, является горизонтальным базисом с максимальной разницей силы тяжести 93 мГал. Расстояние между начальным № 1 и конечным № 6 пунктами по дорогам составляет 108 км. Все пункты представляют собой железобетонные монолиты, установленные на глубину не менее 2-х метров. Верхняя часть каждого пункта имеет размеры в поперечном сечении не менее 1×1 м и оснащена металлической центральной маркой, и местами для установки четырех гравиметров CG–5. Места установки гравиметров представляют собой вклеенные эпоксидной смолой стальные стержни с пластиковыми втулками, которые предотвращают боковое смещение ножек гравиметра (ФГУП «ВНИИМ», 2016).

Иркутский гравиметрический базис состоит из 6-и гравиметрических пунктов. Он является горизонтальным базисом с диапазоном 93 мГал. Расстояние от пункта № 1 до пункта № 6 по дорогам составляет не менее 22 км. Каждый пункт базиса выполнен в виде железобетонного монолита, установленного на грунт на глубину не менее 2-х метров. Верхняя часть каждого пункта имеет размеры в поперечном сечении не менее 2×2 м, и оборудована установочными местами для двух гравиметров CG–5. Места установки – это стальные стержни, вклеенные эпоксидной смолой в монолит, с пластиковыми втулками, которые не допускают смещения ножек гравиметра. На каждом пункте базиса установлена информационная табличка (ФГУП «ВНИИМ», 2018).

Калибровочный базис Ирана. В 2004 году в Иране был создан новый национальный калибровочный базис, необходимый для определения калибровочных коэффициентов пружинных гравиметров, что позволило снизить стоимость калибровки при выполнении гравиметрических работ (Cheraghi et al., 2020).

Все пункты были построены на скальных породах, что обеспечило хорошую стабильность измерений при наблюдениях с абсолютными гравиметрами. Большинство из них были созданы в период с 2004 по 2005 годы. Места расположения пунктов выбирались под условием получения разности силы тяжести, перекрывающей диапазон её распределения в Иране. Максимальное приращение составило 1154 мГал. Для удобной транспортировки оборудования используется также канатная дорога от подножья до вершины.

Базис состоит из двух частей: одна находится в северной части Тегерана и соединяет Тегеран с вершиной г. Точал, а вторая — на северных склонах г. Альбурз, от Тегерана до Астары.

Первая часть базиса имеет разность высот между крайними её пунктами 2600 м и приращение силы тяжести 537 мГал. Вторая часть с перепадом высот 1150 м и приращением ~617 мГал. Диапазон широт между всеми пунктами базиса составляет порядка 2,5°.

В период с 2009 по 2018 года часть пунктов базиса были заменены по тем или иным причинам.

Пункты базиса измерялись с использо-

ванием двух абсолютных гравиметров FG5–206 и FG5–228. На базисе были откалиброваны шесть относительных гравиметров компании Scintrex Ltd. В 2017 и 2018 годах измерения на пунктах также проводились в сотрудничестве с французской командой из Страсбургского университета.

Калибровочный базис в Китае.

В Китае расположены шесть калибровочных базисов: в провинции Цзянси (LS), в Дациншане (DQS) в автономном районе Внутренняя Монголия, Хэншане (HS) в провинции Хунань, Нанькуньшане (NKS) в провинции Гуандун, Тяньжюшане (TZS) в провинции Аньхой и Лунцюаньши (LQY) в Сычуани и все они находятся на открытом воздухе (Wang et al., 2014a). Калибровочный базис в провинции Цзянси (LS) состоит из 24 участков вдоль северного горного шоссе. Этот базис выделяется значительной разностью силы тяжести 230 мГал и временем переезда между крайними пунктами, который составляет 30...40 мин. Наблюдения с абсолютным гравиметром A10–022 и определения вертикального градиента с использованием CG–5 Autograv на 7 пунктах базиса были проведены в 2011 году. Используемый A10 имел непосредственное сличение с FG5, который в свою очередь участвовал в ключевых сличениях абсолютных гравиметров ((Wang et al., 2014b).

Результаты измерений с абсолютным гравиметром A10–022 условно можно разделить на две части. Первая часть относится к пунктам G3, G8, G11, G12, G17, G18 и G22 базиса LS. Стандартное отклонение для них составляет менее 4,0 мкГал, а разность между двумя независимыми наблюдениями находится в пределах 6 мкГал. Вторая часть измерений относится к другим пяти базисам в период с августа по ноябрь 2012 года. Эти данные характеризуются величиной стандартного отклонения менее 3 мкГал на основе измерений в течение 2 часов.

Стандартное отклонение, характеризующее разброс, вызвано главным образом микросейсмическим шумом земной поверхности, вызванным, например, транспортом или ветром. Наибольший разброс наблюдался на базисах HS и TZS. Для оценки сходимости измерения выполнялись в разные дни.

Результаты абсолютных измерений были редуцированы на высоту чувствительной

системы гравиметров CG-5 ~25 см. Средние отклонения A10-022 и CG-5 находятся в пределах 10 мкГал для каждого базиса.

Гравиметрические базисы Республики Казахстан. В Казахстане в период с 1976 по 1982 года было создано 5 гравиметрических базисов: Эмбенский, Усть-Каменогорский, Кустанайский, Карагандинский и Алма-Атинский (Азаркина, 1976). В дальнейшем в связи с сокращением объемов гравиметрических работ перестали действовать Кустанайский, Усть-Каменогорский и Карагандинский базисы.

Эмбинский гравиметрический базис был восстановлен и аттестован в 2017 году. Он состоит из 6 пунктов, максимальное приращение силы тяжести между крайними пунктами составляет 82,6 мГал.

Алма-Атинский гравиметрический базис продолжал свою деятельность с момента его первичного определения в 1979 году. Изначально эталонное приращений силы тяжести между пунктами было выполнено советскими гравиметрами ГАГ-2 со стандартным отклонением $\pm 0,01$ – $0,02$ мГал, высоты определены техническим нивелированием с погрешностью $\pm 0,1$ м, а плановое положение с погрешностью ± 5 м.

Начиная с 1979 года, повторные определение приращений силы тяжести между пунктами базиса проводились с периодичностью 3...5 лет. С появлением на территории Казахстана высокоточных гравиметров в 2001 году была проведена новая аттестация Алма-Атинского базиса, он получил название «Дмитриевка–Карьер» (Лапин и др., 2001). В этот же период был добавлен ещё один, 7-й пункт № 2А–Николаевка. Были выполнены измерения с гравиметрами CG-3, CG-3М, уточнены координаты с использованием ГНСС-систем Trimble GPS 4700 TS и электронного тахеометра Leica TCR 1105. Точность определения приращений силы тяжести между пунктами составила $\pm 0,001$ – $0,005$ мГал, высот $\pm 0,04$ м, координат $\pm 0,076$ м.

В результате последующей аттестации в 2007 году были уточнены значения приращений между пунктами со стандартным отклонением $\pm 0,002$ мГал. Базис снова был переименован и стал называться «Капчагай– Алматы». Последняя аттестация базиса была в 2015 году, после чего он стал называться «Жетыген». Гравиметрические наблюдения были выполнены гравиметрами CG-5, определения координат системами Trimble NetR9 и R7 GNSS. Точность определения приращений силы тяжести между пунктами составила $\pm 0,001$ – $0,002$ мГал, высот $\pm 0,008$ м, координат $\pm 0,005$ м (28), диапазон составляет 100,910 мГал. Расстояние от пункта № 1–Карьер до пункта № 6–Дмитриевка по дорогам составляет 31,1 км. Все пункты базиса представляют собой железобетонный монолит, заглубленный не менее чем на 2 метра. Верхняя часть пунктов имеет размер в поперечном сечении для пункта № 1, 1×1 м, для остальных 2×1 м. Рабочая поверхность пункта оборудована металлической центральной маркой и площадкой для одновременной установки шести гравиметров CG-5 или CG-6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки доступности существующих калибровочных систем в глобальном масштабе был создан комплексный макет расположения этих систем с использованием программного обеспечения QGIS. На рисунке 1 представлена обзорная схема расположения базисов на карте мира. Из данной схемы видно, что наибольшая плотность базисов находится в европейской части евразийского континента. Это связано с тем, что в данном регионе активно ведутся гравиметрические исследования с использованием относительных гравиметров на протяжении многих десятков лет. Но при этом, следует учитывать тот факт, что информации о калибровочных гравиметрических базисах некоторых стран нет в открытом доступе глобальной сети.

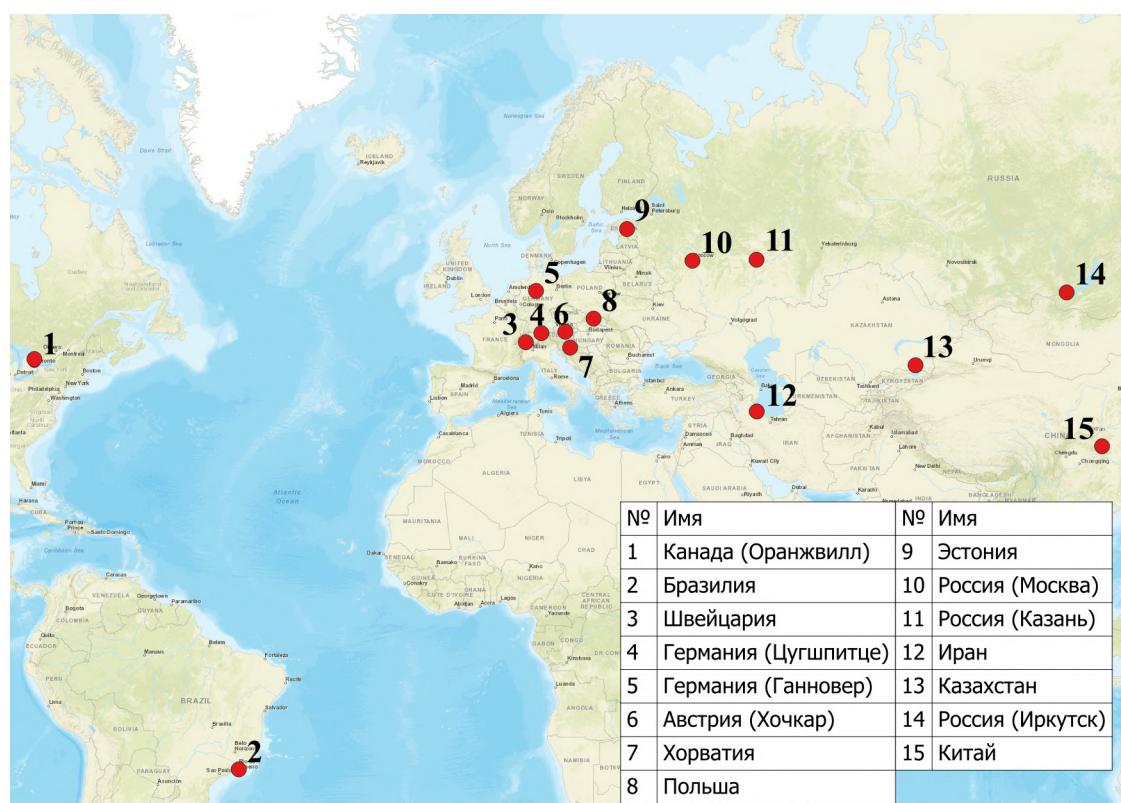


Рис 1. Расположение гравиметрических калибровочных систем на карте мира

По данным рассмотренных публикаций была составлена сводная таблица с основными характеристиками калибровочных гравиметрических систем (таблица 1). Такими характеристиками являются разности ускорения

силы тяжести между пунктами базиса, количество пунктов, расстояния между ними, а также условия и время переездов между пунктами, наличие вертикального градиента на пунктах и др.

Таблица 1

Значения ускорения силы тяжести (g) на пунктах калибровочных базисов, описанных ранее. В таблице g – ускорение силы тяжести, W_{hh} – вертикальный градиент ускорения силы тяжести, Δg – приращение силы тяжести, u_g, u_w – неопределенности ускорения силы тяжести и вертикального градиента, соответственно

Калибровочный базис в горах Гарц				
Название	g (JILA-3), мкГал	g (A10-033), мкГал	W_{hh} , мкГал/м	-
Бад Харибург 481	981165285,7	981165287,5	295,1	-
Торфхаус 563	981080047,2	981080042,5	314,4	-
Кригсгрэбер	981072105,1	981072107,0	317,8	-
Цугшпитце				
Название	Высота, м	$g_h=0.26$, мкГал	W_{hh} , мкГал/м	-
ЦУГ100	2941	980062587	465,3	-
ЦУГ200	2660	980155017	350,5	-
ВАНК100	1738	950373710	387,7	-
ВАНК200	735	980584700	284,7	-
Калибровочный базис в Швейцарских Альпах				
Название	$g \pm u_g$, мкГал	$\Sigma \Delta g$, мГал	$W_{hh} \pm u_w$, мкГал/м	Высота, м
Интерлакен		0	-	570
Гринделвалд	980378973 $\pm$ 2,0	127	144,8	1010

Алпиглен	980283399±2,1	223	292,4	1616
Клайне	980204533±2,5	301	285,9	2063
Шайдегг				
Айгерглер	980143110±2,4	363	309,1	2320
Айгерванд	979994169±2,5	512	362,3	2865
Юнгфрауёх	979900299±2,5	606	397,2	3456
Калибровочный базис Хочкар в Австрии				
Название	g , мГал	Δg , мГал	W_{hh} , мГал/м	Высота, м
Гостлинг	980683147	198356	282	529,9
Непомук				
Гостлинг чурч	980681919	197128	250	-
Лассинг Маут	980641995	157204	258	684,8
Аиблбоден	980556267	71476	333	1115,9
Хочкар ЮФА	980484791	0	356	1489,8
Калибровочный базис в горах Татра на территории Польши				
Название	$g \pm u_g$, мГал	$\Sigma \Delta g$, мГал	$W_{hh} \pm u_w$, мГал/м	-
Закопане А-ЗАКО	980778770±3	0	249,0±1,1	-
Закопане ЗАКО-Екс1	980782587±3	-	296,0±3,2	-
Закопане ЗАКО-Екс2	980748065±7	-	267,1±4,7	-
Кузнице Б1	-	36772,1	258,2±5,0	-
Мысленицке Турне Б2	-	-	424,6±3,5	-
Мысленицке Турне Б2А	-	107304,8	360,6±2,3	-
Каспровы В. Б3	-	241449,8	439,0±3,1	-
Каспровы В. Б3А	-	-	428,8±1,5	-
Каспровы В. А-КАСП	980530342±3	-	478,8±3,7	-
Каспровы В. Екс1	980530166±7	248604,6	479,2±7,0	-
Каспровы В. Екс2	980530231±9	-	494,4±1,6	-
Гравиметрический базис Республики Хорватия				
Название	g , мГал	$\Sigma \Delta g$, мГал	Высота, м	
Основной базис - Вариант 1				
Цаковэц	980706,3		165	-
Босильево	980586,9	119,4	201	-
Госпиц-ДХМЗ	980407,0	179,9	560	-
В итоге	299,3			-
Основной базис - Вариант 2				
Забок	980682,5	-	160	-
Босильево	980586,9	95,6	201	-
Госпиц-ДХМЗ	980407,0	179,9	560	-
В итоге	275,5	-	-	-
Вспомогательный базис				
Забок	980682,5	-	160	-

Зг-Пунтиярка	980510,4	172,0	988	-
Московский гравиметрический базис				
Наименования пунктов	g_1 , мкГал	g_2 , мкГал	g_3 , мкГал	-
ЦНИГАИК	...70829,0	...70829,0	...70826,7	-
Звенигород	...25055,6	...25054,1	...25053,8	-
Красная Пресня	...44334,8	...44333,9	...44332,7	-
Ледово	...51220,7	...51220,1	...51218,4	-
Троице-Сельцо	...70226,7	...70226,7	...70224,2	-
Менделеево	...77106,4	...77106,5	...77103,5	-
Казанский калибровочный базис				
Номер пункта	Наименование пункта	$\Sigma \Delta g$, мкГал	-	-
1	Обсерватория имени Энгельгардт КФУ	0	-	-
4	Макулово	17529	-	-
5	Майдан	60323	-	-
6	Буинск	93201	-	-
Иркутский калибровочный базис				
Номер	Наименование пункта	$\Sigma \Delta g$, мкГал	-	-
1	№1	0	-	-
2	№2	23468	-	-
3	№3	36737	-	-
4	№4	45425	-	-
5	№5	80637	-	-
6	№6	93379	-	-
Гравиметрически1 калибровочны1 базис в Китае				
Название	$g_h=25$ см $\pm u_g$, мкГал	W_{hh} , мкГал/см	-	-
ЛС-Г3	978749557,0 $\pm$ 2,3	2,725	-	-
ЛС-Г8	978698848,2 $\pm$ 3,2	3,937	-	-
ЛС-Г11	978668712,9 $\pm$ 1,6	2,652	-	-
ЛС-Г12	978658598,0 $\pm$ 2,1	3,626	-	-
ЛС-Г17	978608557,9 $\pm$ 3,6	3,691	-	-
ЛС-Г18	978597420,4 $\pm$ 2,0	4,307	-	-
ЛС-Г22	978555102,7 $\pm$ 2,4	2,607	-	-
ДҚС-Г1	979375342,0 $\pm$ 2,8	2,765	-	-
ДҚС-Г2	979358463,4 $\pm$ 3,6	2,949	-	-
ДҚС-Г3	979307725,0 $\pm$ 1,1	3,393	-	-
ДҚС-Г4	979253973,3 $\pm$ 1,1	3,364	-	-
ХС-Г1	978537963,3 $\pm$ 3,9	2,888	-	-
ХС-Г2	978472074,6 $\pm$ 6,2	2,495	-	-
ХС-Г3	978418618,0 $\pm$ 3,5	2,661	-	-
НКС-Г1	978307408,1 $\pm$ 2,2	2,961	-	-
НКС-Г2	978244945,3 $\pm$ 1,5	3,325	-	-
НКС-Г3	978167147,0 $\pm$ 2,1	2,572	-	-
ТЗС-Г1	978836747,9 $\pm$ 2,9	3,021	-	-
ТЗС-Г2	978768553,1 $\pm$ 6,5	2,714	-	-
ТЗС-Г3	978699551,7 $\pm$ 2,2	2,327	-	-
ЛҚЫ-Г1	978521407,6 $\pm$ 1,7	4,181	-	-
ЛҚЫ-Г2	978543949,5 $\pm$ 2,8	3,833	-	-

ЛҚЫ-Г3	978590694,8±2,3	3,561	-	-
ЛҚЫ-Г4	978634021,9±1,3	2,579	-	-
Алматинский гравиметрический полигон				
Наименование приращений	Номер пункта	Δg , мГал	$\Sigma \Delta g$, мГал	u_g , мГал
2-1	1	+18,098	0	±0,001
2-2а	2	-11,902	-18,098	±0,001
2а-3	2а	-11,742	-30,000	±0,001
3-4	3	-20,986	-41,742	±0,001
4-5	4	-18,124	-62,728	±0,001
5-6	5	-20,059	-80,852	±0,001
	6		-100,911	Диапазон полигона

Из таблицы видно, что самые удачные базисы соответствуют диапазону силы тяжести не менее 300 мГал, при этом на всех пунктах базиса выполнены абсолютные определения ускорения силы тяжести с наивысшей точностью, со средней квадратической ошибкой, не превышающей нескольких мГал. Помимо абсолютных измерений на таких базисах выполнены определения параметров вертикального градиента ускорения силы тяжести.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты гравиметрических наблюдений могут применяться для оценки экологической ситуации, включая, выявление зон деформаций земной поверхности, определение процессов подземной фильтрации, оценки состояния хвостохранилищ и участков добычи полезных ископаемых.

Высокие требования к точности определения абсолютных и относительных значений ускорения силы тяжести подчеркивают важность гравиметрических калибровочных базисов в метрологическом обеспечении гравиметров. Особенно это касается относительных гравиметров, используемых в широком спектре геофизических исследований, от геодинамики до поиска полезных ископаемых.

При разработке вертикальных базисов особое внимание уделяется выбору района с учетом географических и инфраструктурных факторов. Опыт различных стран показывает, что необходимо соблюдать определенные требования к калибровочным базисам, включая минимальное количество пунктов, достаточное приращение ускорения силы тяжести, доступность пунктов, надежность эталонных значений и

учет вертикальных градиентов ускорения силы тяжести.

В Республике Казахстан необходимость создания новых калибровочных систем, соответствующих современным требованиям, особенно остро стоит в районах активной хозяйственной деятельности, включая горные районы, такие, как окрестности Алматы. Предварительный анализ показывает возможность создания в этом районе базиса с широким диапазоном приращения силы тяжести и удобным доступом.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Мы выражаем искреннюю благодарность всем, кто способствовал реализации данного исследования. Особую признательность хотим выразить научному коллективу проекта «Разработка модели геоида Республики Казахстан, как основа единой государственной системы координат и высот» - представителям КазНУ им. К.И. Сатпаева, ТОО «Институт ионосферы» и ТОО «GEOID» за неоценимый вклад на всех этапах работы над статьей.

Особо хотим отметить роль Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в лице его сотрудников и членов Национального научного совета, которые поддержали финансирование данного исследования в рамках программно-целевого финансирования (ПЦФ ИРН №BR21882366).

Мы также благодарны всем неназванным рецензентам за их конструктивные комментарии и предложения, которые помогли значительно улучшить качество данной публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов Д.М. Современные микроамплитудные тектонические движения, дистанционные методы их изучения и значение для нефтегазовой геологии // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – №4. – С. 6-11.
2. Варганиян Г.С. Система геодинамического мониторинга крупных ареалов для обеспечения безопасности геолого-разведочных и эксплуатационных работ на нефть и газ / Г. С. Варганиян // Геофизические процессы и биосфера. – 2010. – Т. 9, № 2. – С. 5-22.
3. Appriou, D., Bonneville, A., Zhou, Q. & Gasperikova, E. (2020) Time-lapse gravity monitoring of CO₂ migration based on numerical modeling of a faulted storage complex. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 95, 102956.
4. Darwish, S. M., Saibi, H., Gabr, A. & Mohamed, M. M. (2021) Microgravity monitoring of groundwater dynamics in a shallow aquifer in Al-Ain (Abu Dhabi Emirate, United Arab Emirates): an opportunity for understanding aquifer hydrodynamics in arid regions. *Environ Earth Sci* 80, 559.
5. Bychkov, S., Dolgal, A., & Simanov, A. (2021). Interpretation of Gravity Monitoring Data on Geotechnical Impact on the Geological Environment. *Pure and Applied Geophysics*, 178(1). <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02640-8>.
6. Greco, F. & Currenti, Gilda & D'Agostino, G. & Negro, C. & Di Stefano, Andrea & Germak, Alessandro. (2013). Six Years of Repeated Absolute Gravity Measurements at Etna Volcano (Italy).
7. Mulugeta, B. D., Fujimitsu, Y., Nishijima, J., & Saibi, H. (2021). Interpretation of gravity data to delineate the subsurface structures and reservoir geometry of the Aluto–Langano geothermal field, Ethiopia. *Geothermics*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102093>.
8. Urs, M., Philippe, R., Alessandro, G., & Herbert, W. (2014). CCM-IAG Strategy for Metrology in Absolute Gravimetry: Role of CCM and IAG CCM-IAG Strategy for Metrology in Absolute Gravimetry: Role of CCM and IAG. Pálunkáš. http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=7&id_t=553.
9. MDDIAI. (2023). On approval of the instruction for creation and updating of the National Spatial Data Infrastructure.
10. Wziontek, H., Bonvalot, S., Falk, R., Gabalda, G., Mäkinen, J., Pálunkáš, V., Rülke, A., & Vitushkin, L. (2021). Status of the International Gravity Reference System and Frame. *Journal of Geodesy*, 95(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01438-9>.
11. Торге, Вольфганг. Гравиметрия = Gravimetry: Gravimetry / Вольфганг Торге; Пер. с англ. Г. А. Шанурова под ред. А. П. Юзefовича. - Москва: Мир, 1999. - 428 с.: ил.; 24 см.; ISBN 5-03-002809-9
12. Scintrex Limited. (2012). CG-5 Operating Manual. CG-5 Scintrex Autograv System (8th ed.).
13. Sousa, M. A. De, & Santos, A. A. Dos. (2010). Absolute Gravimetry on the Agulhas Negras Calibration Line. *Revista Brasileira de Geofísica*, 28(2), 165–174.
14. Finnish Geodetic Institute. (2011). Geodetic Operations in Finland 2008 – 2011.
15. Timmen, L., Schilling, M., Reinhard, F., Lothhammer, A., Gabriel, G., & Vogel, D. (2018). Relative Gravimeter Calibration System for High Accurate Applications. *Proceedings of the European Geosciences Union General Assembly*.
16. Flury, J., Peters, Th., Schmeer, M., Timmen, L., & Falk, R. (2007). Precision Gravimetry in the New Zugspitze Gravity Meter Calibration System.
17. Marti, U., Baumann, H., Buärki, B., & Gerlach, C. (2015). A First Traceable Gravimetric Calibration Line in the Swiss Alps. In S. Jin & R. Barzaghi (Eds.), *IGFS 2014* (Vol. 144, pp. 17–25). Springer International Publishing.
18. Werhahn, O., Olson, D. A., Kuanbayev, C., & Henson, A. (2023). The CIPM MRA—success and performance. In *Metrologia* (Vol. 60, Issue 4). <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ace191>
19. Ruess, D., & Meurers, B. (2000). Gravity Measurements at the Hochkar Calibration Line (HCL).
20. Ruess, D., & Ullrich, C. (2015). Renewal of the Austrian Gravimeter Calibration Line HCL. *VGI - Österreichische Zeitschrift Für Vermessung Und Geoinformation*, 103, 182.
21. Sas, A., Sas-Uhrynowski, A., Cisak, M., & Siporski, L. (2009). Vertical Gravimetric Calibration Baseline in the Tatra Mountains of Poland. *Geoinformation Issues*, 1(1), 19–32.
22. Repanić, M., Grgić, I., & Bašić-Zagreb, T. (2013). Prijedlog gravimetrijske kalibracijske baze Republike Hrvatske. *Geodetski List*, 67(2).
23. Oja, T., Turk, K., & Jurgenson, H. (2014). Evaluating the Calibration of Scintrex CG-5 Spring Gravimeters.
24. Oshchepkov, I. A., Sermyagin, R. A., Spesivtsev, A. A., Yushkin, V. D., Pozdnyakov, A. V., Kovrov, A. A., & Yuzefovich, P. A. (2016). Gravity Measurements in the Moscow Gravity Network.
25. Geophysical Center RAS. (2019). National Report for the IAG of the IUGG 2015–2018 (Issue GRPS-4-2016BS040).
26. ФГУП 'ВНИИМ' ГРСИ РФ №65252-16: «Полигон Казанский гравиметрический». Отчет. Санкт-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2016. 5с.
27. ФГУП 'ВНИИМ' ГРСИ РФ №73480-18: «Полигон Иркутский гравиметрический». Отчет. Санкт-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2018. 5с.
28. Cheraghi, H., Hinderer, J., Saadat, S. A., Bernard, J.-D., Djamour, Y., Tavakoli, F., Arabi, S., & Azizian Kohan, N. (2020). Stability of the Calibration of Scintrex Relative Gravimeters as Inferred from 12 Years of Measurements on a Large Amplitude Calibration Line in Iran. *Pure and Applied Geophysics*, 177(2), 991–1004.
29. Wang, L.S. et al. (2014a) 'The Use of the A10-022 Absolute Gravimeter to Construct the Relative Gravimeter Calibration Baselines in China', *Metrologia*, 51(3), pp. 203–211.
30. Wang, L.S. et al. (2014b) 'The use of the A10-022 absolute gravimeter to construct the relative gravimeter calibration baselines in China', *Metrologia*, 51(3), p. 203.
31. Азаркина, Е. А. «Отчет о создании эталонных гравиметрических полигонов на территории Казахской ССР в 1976 году». Отчет. Министерство геологии СССР. НПО Союзгеофизика. Специальная региональная геофизическая экспедиция. Министерсто геологии Казахской ССР. Южно-Казахстанское территориальное геологическое управление. Казахстанская аэрогеолого-геофизическая экспедиция, 1977.
32. Лапин А.В., Гугнин А.Е., Бекешев А.А. и др. «Отчет по метрологии государственного гравиметрического полигона Капчагай – Алматы». Отчет. Алматы: Товарищество с ограниченной ответственностью «Научно- производственный центр Геокен», 2001. 48с.

REFERENCES

1. Trofimov, D. M. (2016). Sovremennye mikroamplitudnye tektonicheskie dvizhenskie, distantsionnye metody ih izucheniya i znachenie dlya neftegazovoi geologii [Modern microamplitude tectonic movements, remote methods of their study, and significance for oil and gas geology]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiykh i gazovykh mestorozhdenii*, no 4, pp. 6–11 [in Russian].
2. Vartanyan, G. S. (2010). Sistema geodinamicheskogo monitoringa krupnykh arealov dlya obespecheniya bezopasnosti geologorazvedochnykh i ekspluatatsionnykh rabot na neft i gaz [System of geodynamic monitoring of large areas for ensuring the safety of geological exploration and operational work in oil and gas]. *Geofizicheskie protsessy i biosfera*, vol. 9, no 2, pp. 5–22 [in Russian].
3. Appriou, D., Bonneville, A., Zhou, Q., & Gasperikova, E. (2020). Time-lapse gravity monitoring of CO₂ migration based on numerical modeling of a faulted storage complex. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 95, 102956.
4. Darwish, S. M., Saibi, H., Gabr, A., & Mohamed, M. M. (2021). Microgravity monitoring of groundwater dynamics in a shallow aquifer in Al-Ain (Abu Dhabi Emirate, United Arab Emirates): An opportunity for understanding aquifer hydrodynamics in arid regions. *Environmental Earth Sciences*, 80, 559.
5. Bychkov, S., Dolgal, A., & Simanov, A. (2021). Interpretation of gravity monitoring data on geotechnical impact on the geological environment. *Pure and Applied Geophysics*, 178(1). <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02640-8>.
6. Greco, F., Currenti, G., D'Agostino, G., Negro, C., Di Stefano, A., & Germak, A. (2013). Six years of repeated absolute gravity measurements at Etna Volcano (Italy). *Journal of Geodesy*, 95(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01438-9>.
7. Mulugeta, B. D., Fujimitsu, Y., Nishijima, J., & Saibi, H. (2021). Interpretation of gravity data to delineate the subsurface structures and reservoir geometry of the Aluto–Langano geothermal field, Ethiopia. *Geothermics*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102093>.
8. Urs, M., Philippe, R., Alessandro, G., & Herbert, W. (2014). CCM-IAG strategy for metrology in absolute gravimetry: Role of CCM and IAG. Palinkas. Retrieved from http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=7&id_t=553.
9. MDDIAI. (2023). On approval of the instruction for creation and updating of the National Spatial Data Infrastructure.
10. Wziontek, H., Bonvalot, S., Falk, R., Gabalda, G., Mäkinen, J., Pálkás, V., Rülke, A., & Vítushkin, L. (2021). Status of the International Gravity Reference System and Frame. *Journal of Geodesy*, 95(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01438-9>.
11. Torge, V. (1999). *Gravimetria* / V. Torge; Per. s angl. G. A. Shanurova [Gravimetry / V. Torge; Translated by G. A. Shanurova]. Moscow: Mir [in Russian].
12. Scintrex Limited. (2012). CG-5 Operating Manual. CG-5 Scintrex Autograv System (8th ed.).
13. Sousa, M. A. De, & Santos, A. A. Dos. (2010). Absolute gravimetry on the Agulhas Negras calibration line. *Revista Brasileira de Geofísica*, 28(2), 165–174 [in Portuguese].
14. Finnish Geodetic Institute. (2011). Geodetic operations in Finland 2008–2011.
15. Timmen, L., Schilling, M., Reinhard, F., Lothhammer, A., Gabriel, G., & Vogel, D. (2018). Relative gravimeter calibration system for high accurate applications. *Proceedings of the European Geosciences Union General Assembly*.
16. Flury, J., Peters, Th., Schmeer, M., Timmen, L., & Falk, R. (2007). Precision gravimetry in the new Zugspitze gravity meter calibration system.
17. Marti, U., Baumann, H., Bürki, B., & Gerlach, C. (2015). A first traceable gravimetric calibration line in the Swiss Alps. In S. Jin & R. Barzaghi (Eds.), *IGFS 2014* (Vol. 144, pp. 17–25). Springer International Publishing.
18. Werhahn, O., Olson, D. A., Kuanbayev, C., & Henson, A. (2023). The CIPM MRA—success and performance. *Metrologia*, 60(4). <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ace191>.
19. Ruess, D., & Meurers, B. (2000). Gravity measurements at the Hochkar calibration line (HCL).
20. Ruess, D., & Ullrich, C. (2015). Renewal of the Austrian gravimeter calibration line HCL. *VGI - Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation*, 103, 182 [in German].
21. Sas, A., Sas-Uhrynowski, A., Cisek, M., & Siporski, L. (2009). Vertical gravimetric calibration baseline in the Tatra Mountains of Poland. *Geoinformation Issues*, 1(1), 19–32.
22. Repanić, M., Grgić, I., & Bašić-Zagreb, T. (2013). Prijedlog gravimetrijske kalibracijske baze Republike Hrvatske. *Geodetski List*, 67(2) [in Croatian].
23. Oja, T., Turk, K., & Jurgenson, H. (2014). Evaluating the calibration of Scintrex CG-5 spring gravimeters.
24. Oshchepkov, I. A., Sermyagin, R. A., Spesivtsev, A. A., Yushkin, V. D., Pozdnyakov, A. V., Kovrov, A. A., & Yuzefovich, P. A. (2016). Gravity measurements in the Moscow gravity network [in Russian].
25. Geophysical Center RAS. (2019). National Report for the IAG of the IUGG 2015–2018 (Issue GRPS-4-2016BS040).
26. FGUP «VNIIM» (2016). GRSI RF №65252-16: Poligon Kazanskii gravimetricheskii [GRSI RF No. 65252-16: Kazan Gravimetric Calibration Line]. Sankt-Peterburg: VNIIM im. D.I. Mendeleeva [in Russian].
27. FGUP «VNIIM» (2018). GRSI RF №73480-18: Poligon Irkutskii gravimetricheskii [GRSI RF No. 73480-18: Irkutsk Gravimetric Calibration Line]. Sankt-Peterburg: VNIIM im. D.I. Mendeleeva [in Russian].
28. Cheraghi, H., Hinderer, J., Saadat, S. A., Bernard, J.-D., Djamour, Y., Tavakoli, F., Arabi, S., & Azizian Kohan, N. (2020). Stability of the calibration of Scintrex relative gravimeters as inferred from 12 years of measurements on a large amplitude calibration line in Iran. *Pure and Applied Geophysics*, 177(2), 991–1004.
29. Wang, L. S., et al. (2014). The use of the A10-022 absolute gravimeter to construct the relative gravimeter calibration baselines in China. *Metrologia*, 51(3), 203–211.
30. Wang, L. S., et al. (2014). The use of the A10-022 absolute gravimeter to construct the relative gravimeter calibration baselines in China. *Metrologia*, 51(3), 203.
31. Azarkina, E. A. (1977). Otchet o sozdani etalonnykh gravimetricheskikh poligonov na territorii Kazakhstanskoi SSR v 1976 godu. Otchet. Ministerstvo geologii SSSR. NPO Soyuzgeofizika. Yuzhno-Kazakhstanskoe territorial'noe geologicheskoe upravlenie. Kazakhstanskaia aerogeologo-geofizicheskaya ekspeditsiya [Report on the creation of reference gravimetric polygons in the territory of the Kazakh SSR in 1976. Report. Ministry of Geology of the USSR. NPO Soyuzgeofizika. South Kazakhstan Territorial Geological Administration. Kazakhstan Aerogeological-Geophysical Expedition]. [in Russian].
32. Lapin, A. V., Gugin, A. E., Bekeshev, A. A., et al. (2001). Otchet po metrologii gosudarstvennogo gravimetricheskogo poligona Kapchagai – Almaty. Almaty: Tovarishchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Nauchno-proizvodstvennyi tsentr Geoken» [Report on the metrology of the state gravimetric polygon Kapchagai – Almaty]. Almaty: Limited Liability Company «Scientific and Production Center Geoken» [in Russian].

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ КАЛИБРЛЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ШОЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕГІ РӨЛІ

Н.Т. Кемербаев¹ т.ғ.к., Г.А. Мусина^{1*}, М.Х. Шкиева¹, К.Б. Самарханов^{1,2} г.ғ.к., Ә.Т. Баталова¹,
А.Н. Рахимжанов¹

¹«GEOID» ЖШС, Астана, Қазақстан

²«Астана» халықаралық ғылыми кешені, Астана, Қазақстан

E-mail: snezhinka200184@gmail.com

Мақалада пайдалы қазбалар кен орындарының экологиялық жағдайын бақылау үшін гравиметриялық бақылауларды қолдану мысалдары келтірілген. Мұндай өлшеулерді әдетте аспаптар тобы жасайды. Дәлдіктің жоғары деңгейі калибрлеу арқылы қол жеткізілетін барлық қолданылатын құрылғылардың дәйектілігін талап етеді. Жер бетіндегі ауырлық күшінің үдеуін дәл және сенімді өлшеуде шешуші рөл атқаратын гравиметриялық калибрлеу жүйелеріне шолу жасалады. Калибрлеу негіздері метрологиялық бақылауды қамтамасыз ету және геодезия, геофизика, геология және басқа да байланысты пәндер сияқты жер туралы ғылым салаларында өлшеу дәлдігін арттыру үшін қажет. Мақалада Ресей, Польша, Хорватия, Швейцария, Канада, Австрия, Германия, Қытай, Эстония, Финляндия, Иран, Бразилия, сондай-ақ Қазақстан Республикасында қолданылатын әртүрлі калибрлеу жүйелері егжей-тегжейлі қарастырылған.

Түйін сөздер: гравиметрия, калибрлеу негізі, scintrex гравиметрі, қоршаған орта.

AN OVERVIEW OF INTERNATIONAL CALIBRATION SYSTEMS AND THEIR ROLE IN ENVIRONMENTAL RESEARCH

N. T. Kemberbayev¹ Candidate of Technical Sciences, G.A. Mussina^{1*}, M.K. Shkiyeva¹, K.B. Samarkhanov^{1,2}
Candidate of Geographical Sciences, A.T. Batalova¹, A.N. Rakhimzhanov¹

¹LLP «GEOID», Astana, Kazakhstan

²Astana International Scientific Complex, Astana, Kazakhstan

E-mail: snezhinka200184@gmail.com

The article provides examples of the use of gravimetric observations to monitor the environmental situation of mineral deposits. Such measurements are usually made by a group of devices. A high level of accuracy requires the consistency of all instruments used, which is achieved by calibration. An overview of gravimetric calibration systems, which play a key role in accurate and reliable measurement of gravity acceleration on the Earth's surface, is given. Calibration bases are necessary to ensure metrological control and improve measurement accuracy in such fields of Earth sciences as geodesy, geophysics, geology and other related disciplines. This article discusses different gauge systems used in different countries, including Russia, Poland, Croatia, Switzerland, Canada, Austria, Germany, China, Estonia, Finland, Iran, Brazil, and also in the Republic of Kazakhstan.

Keywords: gravimetry, calibration basis, Scintrex gravimeter, environment.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Кемербаев Нурган Токанович – кандидат технических наук, генеральный директор, ТОО «GeoID», ул. Тауельсиздик, 3, Астана, Казахстан, n.kemberbaev@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0002-9868-8087>

Мусина Гузалия Альтавовна – начальник отдела камеральной обработки, ТОО «GeoID», ул. Тауельсиздик, 3, Астана, Казахстан, g.mussina@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0000-6897-3237>

Шкиева Марал Халилolloвна – заместитель руководителя отдела обработки пространственных данных и ДЗЗ, ТОО «GeoID», ул. Тауельсиздик, 3, Астана, Казахстан, maral.shkiyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-0696-3469>

Самарханов Канат Бауыржанович – кандидат географических наук, заместитель директора по R&D, ТОО «GeoID», ул. Тауельсиздик, 3, Астана, Казахстан. Главный научный сотрудник, Международный научный комплекс «Астана», проспект Кабанбай батыр, 8, Астана, Казахстан, kanat.baurzhanuly@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9799-8695>

Баталова Асель Тулегеновна - менеджер проекта, ТОО «GeoID», ул.Тауельсиздик, 3, Астана, Казахстан, assel.theta@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-2123-2029>

Рахимжанов Азамат Нуражанович – инженер-геодезист, ТОО «GeoID», ул. Тауельсиздик, 3, Астана, Казахстан, a.rakhimzhanov@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0007-6899-2754>

Кемербаев Нурган Токанович – техника ғылымдарының кандидаты, бас директор, «GEOID» ЖШС, Тәуелсіздік көшесі, 3, Астана, Қазақстан, n.kemberbaev@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0002-9868-8087>.

Мусина Гузалия Альтавовна – камералдық өңдеу бөлімінің бастығы, «GEOID» ЖШС, Тәуелсіздік көшесі, 3, Астана, Қазақстан, snezhinka200184@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-6897-3237>

Шкиева Марал Халилolloқызы – кеңістіктік деректерді өңдеу және ЖҚЗ бөлімі басшысының орынбасары, «GEOID» ЖШС, Тәуелсіздік көшесі, 3, Астана, Қазақстан, maral.shkiyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-0696-3469>.

Самарханов Канат Бауыржанович – география ғылымдарының кандидаты, директордың R & D жөніндегі орынбасары, «GEOID» ЖШС, Тәуелсіздік көшесі, 3, Астана, Қазақстан. Бас ғылыми қызметкер, «Астана» халықаралық ғылыми кешені, Қабанбай батыр даңғылы, 8, Астана, Қазақстан, kanat.baurzhanuly@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9799-8695>

Баталова Әсел Төлегенқызы - жоба менеджері, «GEOID» ЖШС, Тәуелсіздік көшесі, 3, Астана, Қазақстан, assel.theta@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-2123-2029>

Рахимжанов Азамат Нуражанович – инженер-геодезист, «GEOID» ЖШС, Тәуелсіздік көшесі, 3, Астана, Қазақстан, a.rakhimzhanov@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0007-6899-2754>

Kemberbayev Nurgan Tokanovich– Candidate of Technical Sciences, General Director, LLP «GEOID», Tauelsizdik str., 3, Astana, Kazakhstan, n.kemberbaev@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0002-9868-8087>

Mussina Guzyaliya Al'tavovna– Head of the Desk Processing Department, LLP «GEOID», Tauelsizdik str., 3, Astana, Kazakhstan, g.mussina@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0000-6897-3237>

Maral Khalilollovna Shkiyeva– Sensing Deputy Head of the Department of Spatial Data Processing and Remote, LLP «GeoID», LLP «GEOID», Tauelsizdik str. 3, Astana, Kazakhstan, maral.shkiyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-0696-3469>

Kanat Baurzhanovitch Samarkhanov– Candidate of Geographical Sciences, Deputy Director of R&D, LLP «GEOID», Tauelsizdik str. 3, Astana, Kazakhstan. Chief Researcher, Astana International Scientific Complex, Kabanbai Batyr ave., 8, Astana, Kazakhstan, kanat.baurzhanuly@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9799-8695>

Assel Tulegenovna Batalova - Project Manager, LLP «GEOID», Tauelsizdik str., 3, Astana, Kazakhstan, assel.theta@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-2123-2029>

Azamat Nurazhanovich Rakhimzhanov– engineer-surveyor, LLP «GEOID», Tauelsizdik str., 3, Astana, Kazakhstan, a.rakhimzhanov@geo-id.kz, <https://orcid.org/0009-0007-6899-2754>

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/ Authors contribution:

Кемербаев Н.Т. – определение методики, подготовка и редактирование текста

Мусина Г.А. – определение методики, подготовка и редактирование текста, обработка данных и визуализация

Шкиева М.Х.– определение методики, подготовка и редактирование текста

Самарханов К.Б. – определение методики, подготовка и редактирование текста, разработка концепции

Баталова А.Т. – подготовка и редактирование текста

Рахимжанов А.Н. – подготовка и редактирование текста

Кемербаев Н.Т. – әдістемесін анықтау, мәтінді дайындау және өңдеу

Мусина Г.А. – әдістемені анықтау, мәтінді дайындау және өңдеу, деректерді өңдеу және визуализация

Шкиева М.Х. – әдістемесін анықтау, мәтінді дайындау және редакциялау

Самарханов К.Б. – әдістемесін анықтау, мәтінді дайындау және редакциялау, тұжырымдама жасау

Баталова Ә.Т. – мәтінді жазу мен өзгерту

Рахимжанов А.Н. – мәтінді жазу мен өзгерту

Kemberbayev N.– definition of methodology, preparation and editing of text

Mussina G.– definition of methodology, preparation and editing of text, data processing and visualization

Shkiyeva M. – definition of methodology, preparation and editing of text

Samarkhanov K. – definition of methodology, preparation and editing of text, concept development

Batalova A.– preparation and editing of text

Rakhimzhanov A. – preparation and editing of text

МОЛДАХМЕТОВ МАРАТ МОЛДАБЕКОВИЧ

(к 60-летию со дня рождения)



Молдахметов Марат Молдабекович – кандидат географических наук, доцент, директор Агробиологического научно-исследовательского центра Международного Таразского инновационного института имени Ш. Муртазы. Его трудовая деятельность стала неотъемлемой частью развития гидрологической науки, управления и оценки водных ресурсов в условиях меняющегося климата и подготовки высококвалифицированных научных кадров в Казахстане.

Свою профессиональную деятельность Марат Молдабекович начал после окончания Казахского Государственного университета имени аль-Фараби, где в 1992 году получил диплом инженера-гидролога. Расширяя свой горизонт знаний, он поступил в аспирантуру этого же ВУЗа, где успешно защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

В 2000 году под его руководством было открыто казахское отделение специальности «Гидрология» в Казахском Национальном университете имени аль-Фараби. Этот шаг стал значимым событием для развития гидрологической науки и подготовки национальных кадров.

Свою педагогическую деятельность

Марат Молдабекович начал в качестве преподавателя кафедры гидрологии суши, а затем прошел путь до должности и.о. профессора кафедры метеорологии и гидрологии. В 2016 году он был удостоен звания «Лучший преподаватель вуза», что подтверждает его вклад в образовательную деятельность. За годы работы он воспитал множество специалистов, многие из которых защитили кандидатские и докторские диссертации, продолжая научное дело своего наставника.

Научные заслуги Марата Молдабековича включают участие в разработке ряда крупных научных проектов, посвященных исследованию водных ресурсов и обеспечению водной безопасности Казахстана. Под его авторством опубликовано более 80 научных трудов, включая статьи в международных журналах, монографии и 8 учебных пособий. Он принимал участие в международных конференциях, семинарах, симпозиумах, представляя казахстанскую гидрологическую науку на высоком уровне.

Его научные исследования в области гидрологии и водных ресурсов внесли значительный вклад в изучение и решение вопросов изменения речного стока, управления водными системами и их адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

Марат Молдабекович – не только признанный ученый, но и вдохновляющий наставник. Его профессионализм, доброжелательность и стремление к совершенству служат примером для коллег и студентов.

Уважаемый Марат Молдабекович!

От всей души поздравляем Вас с знаменательной датой – 60-летием! Этот юбилей – не просто цифра, а важный этап, в котором отражены годы Вашей плодотворной работы, преданности делу и безмерного вклада в развитие гидрологической науки, вузовского образования и в жизнь каждого студента, кто имел возможность побыть им.

Ваш путь – это пример высокой преданности своему делу, неиссякаемой энергии и глубокого профессионализма.

Ваши достижения – это результат целеустремленности, упорства и истинного профессионализма. Ваша энергия и

способность находить решения самых сложных задач служат примером для многих. За годы трудовой деятельности Вы успели зарекомендовать себя как выдающийся ученый и вдохновляющий наставник, который всегда поддерживает своих студентов, коллег и делится опытом с молодыми специалистами.

Ваша жизнь – это живое воплощение принципов ответственности, справедливости и высокого уровня компетенции, которым все мы гордимся и которым восхищаемся. Поздравляем Вас с этим важным рубежом! Пусть впереди будет ещё много новых достижений и ярких побед. Здоровья, счастья, новых вершин и неугасаемой энергии для новых свершений!

*С уважением и благодарностью,
коллектив кафедры метеорологии и
гидрологии КазНУ им. аль-Фараби*

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,

опубликованных в журнале "Гидрометеорология и экология" в 2024 г.

ГИДРОЛОГИЯ

Р.Г. Абдрахимов, А.Ф. Абилов, С.Б. Саиров. ГОДОВОЙ СТОК РЕК БАССЕЙНА ОБЫ И СЕВЕРНОГО СКЛОНА ХРЕБТА КАЛБА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ. №1, с. 7-15.

А.В. Бабкин, В.И. Бабкин, А.С. Мадиебеков, А. Мусакулкызы, А.В. Чередниченко. ПРОГНОЗЫ ГОДОВОГО СТОКА Р. ЖАЙЫК (УРАЛ) С УЧЕТОМ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЕГО МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ЗА ОТДЕЛЬНЫЕ МЕСЯЦЫ. №1, с. 16-25.

С.К. Алимкулов, Л.К. Махмудова, А.А. Турсунова, Э.К. Талипова, Л.М. Биримбаева. КӨПЖЫЛДЫҚ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕРІ НЕГІЗІНДЕ ЖАЙЫҚ-КАСПИЙ СУШАРУАШЫЛЫҚ АЛАБЫНДАҒЫ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚТЫ БАҒАЛАУ. №1, б. 26-38.

S. Sairov, D. Alimbayeva, N. Serikbay, A. Yeltay, T. Tillakarim. CALCULATION OF THE MINIMUM NUMBER OF HYDROLOGICAL OBSERVATION STATIONS OF THE HYDROMETEOROLOGICAL SERVICE NETWORK IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. №1, p. 39-46.

А.Р. Загидуллина, К.М. Кулебаев. ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕКИ СЫРДАРΙΑ (В ПРЕДЕЛАХ КАЗАХСТАНА). №2, с. 7-15.

Н.Н. Медеу, А.Ф. Елтай. ИССЛЕДОВАНИЕ НАВОДНЕНИЙ И ЗАТОПЛЕНИЙ НА РЕКЕ ЕСИЛЬ У ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСК. №2, с. 16-24.

С.Б. Саиров, Т.А. Тілләкәрім, Н.Т. Серікбай. НЕКОТОРЫЕ МОМЕНТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМА ПОЛОВОДЬЯ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ. №3, с. 7-19.

К.Т. Нарбаева, Д.М. Бурлибаева, Р.Е. Ахметова, Г.К. Исмаилова, Н.Е. Женисова. ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА РЕКИ ИЛЕ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ. №3, с. 20-30.

A. Yeltay, G. Shishkina, N. Zhagparova, L. Bazarbay. IMPACT OF THE ZHAIYK RIVER ON CASPIAN SEA LEVEL. №4, p. 7-14.

Ж.Г. Берденов, Н.Б. Зинабдин, А.Е. Егинбаева, Г.Е. Мендыбаева, С.Р. Садваксова, Е.Х. Какимжанов. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА РЕКИ ЕЛЕК В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА. №4, с. 15-27.

Н.Ж. Турсын, Д.Д. Арыстамбекова. ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНДЕГІ МҮЗ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ МЕН МЕТЕОЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ӨЗГЕРІСІН БАҒАЛАУ. №4, б. 28-38.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

В.Е. Гагарин, А.В. Кошурников, Д.М. Фролов, Г.А. Ржаницын. РАЗРАБОТКА ТЕРМОМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ НА ПЛОЩАДКЕ БЕЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОКРОВА МЕТЕООБСЕРВАТОРИИ МГУ. №1, с. 47-53.

А.В. Чередниченко, В.С. Чередниченко, І. Б. Әшім. ДИНАМИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА. №1, с. 54-64.

Н.С. Абдолла, А.С. Нысанбаева, А.К. Әбдіразақ. ҚЫЗЫЛОРДА ОБЛЫСЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ 1961...2020 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДА ӨЗГЕРУІ. №1, б. 65-78.

N.Sh. Huseynov, J.S. Huseynov, A.Kh. Hajiyev. EVALUATION OF THE TIME-SPACE DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE KUR-ARAS PLAIN IN THE AZERBAIJAN REPUBLIC. №1, p. 79-88.

В.В. Жданов, Н.У. Кузагельдина, А.Н. Камалбекова, Ұ.Р. Алдаберген. ТИПИЗАЦИЯ ЗИМ В ИЛЕ АЛАТАУ ПО СНЕЖНОСТИ И ЛАВИННОЙ АКТИВНОСТИ. №1, с. 89-99.

Ж.С. Мустафев. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ПОЧВЕННОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ. №2, с. 25-33.

H.V. Mammadova. THE ROLE OF AIR TEMPERATURE AND DEW POINT DURING FOG RECURRENCES ON THE ABSHERON PENINSULA (AZERBAIJAN) THE ROLE OF AIR TEMPERATURE AND DEW POINT DURING FOG RECURRENCES ON THE ABSHERON PENINSULA (AZERBAIJAN). №2, p. 34-41.

А.Н. Мунайтпасова, А.К. Жексенбаева, Г.О. Оракова, Г.Т. Мусралинова, Ә. Нышанбай. ҚАЗАҚСТАННЫҢ ШЫҒЫСЫНДАҒЫ КЛИМАТТЫҢ ЗАМАНАУИ ӨЗГЕРУЛЕРІ. №3, б. 31-39.

M. Zhunisova, S. Baisholanov. ASSESSMENT OF THE HEAT SUPPLY OF THE GROWING SEASON IN THE ALMATY REGION. №3, p. 40-50.

И.И. Жумагулов, Ж.Ж. Сатбалдиева. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В 2023 ГОДУ НА ПРИМЕРЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ТАЙЫНША СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ. №3, с. 51-59.

Х.В. Мамедова. ПОВТОРЯЕМОСТЬ АДВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННЫХ ТУМАНОВ НАД АПШЕРОНСКИМ ПОЛУОСТРОВОМ (АЗЕРБАЙДЖАН). №3, с. 60-70.

М. Makhambetova, O. Satir, A. Nyssanbaeva. PRESENT TRENDS IN AIR TEMPERATURE IN THE EAST OF KAZAKHSTAN. №4, p. 39-49

СЕЛЕВЕДЕНИЕ

Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова. АНТРОПОГЕННЫЙ СЕЛЬ, НАБЛЮДАВШИЙСЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ШЫМБУЛАК 30 ИЮНЯ 2024 ГОДА. №4, с. 50-61.

ЭКОЛОГИЯ

Г.Н. Сагатдинова, Д.Б. Нурсеитов. ОБРАБОТКА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ СПУТНИКА SENTINEL-1 ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ В АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В СРЕДЕ GEE. №1, с. 100-109.

Ж.Т. Мукаев, Ж.О. Озгелдинова, М.М. Улыкпанова, А.А. Жангужина. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА АЛАКОЛЬ. №1, с. 110-120.

С.М. Романова, Е.Г. Крупа, А.С. Серикова, С.Н. Алексеев. СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА Р. ЕРТИС. №1, с. 121-132.

С.М. Романова, Е.Г. Крупа, А.С. Серикова. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕМНИЯ, ЖЕЛЕЗА И ОКИСЛЯЕМОСТИ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ПАВЛОДАРСКОГО ПРИЕРТИСЬЯ. №2, с. 42-56.

Н.А. Амиргалиев, А. Мұсақұлқызы, А. С. Мадиебеков, Л. Т. Исмуханова, Б. М. Султанбекова. МНОГО-ЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ТРАНСГРАНИЧНОГО ПРИТОКА БИОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО РЕКЕ ИЛЕ И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ ПО ТЕЧЕНИЮ РЕКИ. №2, с. 57-66.

К. Абрамов, Н. Р. Юничева, Я. И. Кучин, Е. Мухамедиева. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКИСЛЕНИЯ НА УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КАЗАХСТАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ. №2, с. 67-80.

Н.А. Амиргалиев, А.С. Мадиебеков, Л.Т. Исмуханова, А.Ө. Жәди, Б.М. Султанбекова. ПОЛИХЛОРИРОВАННЫЕ БИФЕНИЛЫ В ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ЗАПОВЕДНОГО ОЗЕРА МАРКАКОЛЬ И ВПАДАЮЩИХ В НЕГО РЕК. №2, с. 81-94.

С.М. Романова, Е.Г. Крупа, А.С. Серикова. СОСТОЯНИЕ КАРБОНАТНО-КАЛЬЦИЕВОГО РАВНОВЕСИЯ КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ЕРТИС. №3, с. 71-86.

Р.И. Мухамедиев, А.Г. Терехов, А.А. Оксененко, А.С. Еримбетова, Я.И. Кучин, А. Сымагулов, Д.Р. Құсайын, П. Рыстыгулов. ЭМУЛЯЦИЯ ПОКАЗАНИЙ ДАТЧИКОВ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ УМНОГО ГОРОДА. №3, с. 87-99.

Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Б.Е. Тастемирова, Л.М. Рыскулбекова. ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОСБОР БАССЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ ОТ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ С МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД. №3, с. 100-113.

Г.С. Актаева. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА К ЗАГРЯЗНЕНИЮ УГЛЕВОДОРОДАМИ НА ТЕРРИТОРИИ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАШАГАН. №4, с. 111-122.

С.О. Кожажулов, В.Г. Сальников, Г.К. Байдаулетова. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ. №4, с. 123-137.

Т.Б. Байназарова, Г.Б. Тойчибекова, Ұ.А. Серік, К.Т. Абдраимова, Г.С. Шалабаева. ҚОРШАҒАН ОРТА САПАСЫН ЖАҚСARTУДА ЖҮЛУ ЭЛЕКТР ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ ЖОЛДАРЫ. №4, б. 138-151.

ГЕОГРАФИЯ

Zh. Ozgeldinova, A. Zhanguzhina, Zh. Mukayev, M. Ulykpanova, Zh. Berdenov. DETERMINING THE SPECIES COMPOSITION OF FOREST VEGETATION IN THE KOSTANAY REGION USING REMOTE SENSING DATA. № 1, p. 133-143.

М.Т. Кусаинова, Ж.З. Толеубекова, А.А. Ахмадия, А.З. Капасова. ПРИМЕНЕНИЕ РАДАРНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА ПОСТРАДАВШИХ ДОМОВ, ПЛОЩАДИ И ГРАНИЦ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ. №1, с. 144-160.

А.Е. Егинбаева, К.Т. Сапаров, А.М. Сергеева, А.Г. Абдуллина, Н.Ж. Женсаикбаева, Е.К. Кейкин. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ТОПОСИСТЕМЫ САРЫАРКИ. №2, с. 95-112.

Ж.С. Мустафаев, И.Б. Скоринцева, А.Н. Омаров, А.Б. Тулетаев. ОЦЕНКА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЛАНДШАФТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА. №2, с.113-127.

Ж.О. Озгелдинова, Ж.Т. Мукаев, К.М. Турлыбеков, А.А. Жангужина, М.А. Алагуджаева, М.М. Улыкпанова. ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ОРМАН ТҮРЛЕРІНІҢ ӨРТКЕ ТӨЗІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ. №4, б. 62-74.

S. Toxanbayeva, N. Ramazanova, M. Musabayeva. LANDSCAPE FACTORS FORMING THE STEPPE ZONE OF THE ZHAYIK RIVER BASIN OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION. №4, p. 75-90.

В.П. Капица, Н.Е. Касаткин, И.В. Северский, З.С. Усманова, А.Б. Егоров. БАЛАНС И КИНЕМАТИКА МАССЫ ЛЕДНИКА ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТУЙЫКСУ, СЕВЕРНЫЙ СКЛОН ИЛЕ АЛАТАУ. №4, с. 91-110.

ОБЗОР

С.К. Алимкулов, А.Б. Мырзахметов. ПАСПОРТ РЕК КАЗАХСТАНА. №1, с. 161-168.

В. Г. Сальников, С. Е. Полякова, А. А. Ульман, А.М. Кауазов, М. О. Турсумбаева, Д. К. Кисебаев, Д. И. Миськив, Е.Е. Белдеубаев, Г.Т. Мусралинова, С. О. Кожажулов. МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА: ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ, ПОДХОДЫ. №2, с. 128-149.

Р.К. Яфязова, Б.С. Степанов, С.А. Буралхiev. ОБЗОР СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ ДОЖДЕВОГО ГЕНЕЗИСА ПО ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ЗА 2023 ГОД. №2, с. 150-168.

С.Қ. Әлімқұлов, Л.К. Махмудова. СУ ҚАУІПСІЗДІГІ: ФОРСАЙТ-ЗЕРТТЕУЛЕР ПРИЗМАСЫ АРҚЫЛЫ НЕГІЗГІ АСПЕКТІЛЕР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР. №3, б. 114-128.

Н.Т. Кемербаев, Г.А. Мусина, М.Х. Шкиева, К.Б. Самарханов, А.Т. Баталова, А.Н. Рахимжанов. ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ СИСТЕМ И ИХ РОЛЬ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. №4, с. 152-166.

ХРОНИКА

МОЛДАХМЕТОВ МАРАТ МОЛДАБЕКОВИЧ (к 60-летию со дня рождения). №4, с.167-168.