

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

5 (425)

ҚЫРҚҮЙЕК – ҚАЗАН 2017 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2017 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 5 – 16

UDC 552.53:551.734.5(574.5)

E. M. Fazylov, D. E. Prikhodko, E. S. Mussina, K. T. Kubasheva

Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, LLC, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: fazylov_53@mail.ru

**FACIAL-PALEOGEOGRAPHIC CONDITIONS
OF ACCUMULATION OF THE LATE DEVONIAN SALIFEROUS
STRATA OF THE SYRDARYA SEDIMENTARY BASIN**

Abstract. At the end of the Devonian period (Famennian stage), a large carbonate platform began to form in the region, that developed until the beginning of the Pennsylvanian (Bashkirian stage). In the article all the standard facies zones characteristic of these structures are distinguished: the deep-water basin hollow, the slope of the carbonate platform, the edge of the platform, framed by a reef and/or organogenic structures, carbonate ramp, the inner platform zone (shelf lagoon, tidal zone, salt basin and continental carbonate formation zone in ancient karst zones). During the late Devonian period outside the platform and within the outer shelf in a deep-water basin isolated from the input of terrigenous material, it was formed a saliferous stratum opened by the well Arys No. 1-G at the depth of 1757 and 4004 m. In the lower part there are interlayers of terrigenous and carbonate rocks. According to seismic survey and GIS the salt base is presumably located at the depth of 4700-4800 m. Gravimetric anomaly Arys is a diapir dome with a height of at least 3 km. Geophysical studies have shown that the saliferous stratum has a wide development within the Aryskum and Bayyrkum troughs of the Syrdarya sedimentary basin. A wide range of presumably diapiric structures composed of salts has been discovered. For the Syrdarya sedimentary basin it is predicted the formation of structures of the 2nd type: buried diapirs with a depth of more than 3000 m of the batholite. On their steep slopes, multi-layered deposits of oil and gas can be formed with a steep, almost subvertical fit to the slope of the salt. Examples are the Kenkiyak and Kulsary deposits, where hydrocarbon deposits are found along steep slopes. Thus, these structures can be considered as promising for identifying oil and gas deposits.

Key words: Syrdarya SB, carboniferous, lithology, paleogeography, graben, salt, oil, gaz.

Syrdarya sedimentary basin is a transboundary basin located in the southern Kazakhstan and northern Uzbekistan. In the north-east, south and south-west it's surrounded by the mountain structures of the Greater Karatau ridge, Chatkal and Kurama ranges, Bukantau and Nuratau respectively. It's border with the East Aral sedimentary basin lays on the saddle of Akkyr and Kumkalinsk. The length of the Syrdarya basin is over 600 km, with a width of up to 350 km.

Its geological structure involves the rocks of Proterozoic, Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic eras, forming three structural levels: foundation, intermediate (quasielectronic) and slabby. Saliferous formation is related only to quasie-platform structural floor of the Upper Paleozoic age. According to geophysical data, partially confirmed results of deep drilling, its roof is immersed to a depth of 2500 m, while the sole is traced up to 6500 m, i.e., the capacity of this complex reaches 4,0 km

The most ancient formations, uncovered wells in this region are continental and marine red-colored terrigenous rocks of the middle and upper Devonian with a few layers of sulphate rocks. Up the slit they're overlapped by powerful carbonate-terrigenous stratum of Upper Famennian-Mississippi age. The slit is completed by the breakdown of fine-grained terrigenous stratum of Missisipi-Pennsylvania (including the Bashkirian stage). Younger Pennsylvanian (Moscow and other tiers) and Permian rocks are not available.

It should be noted that almost all formations involved in the slit structure of the Upper Paleozoic of the Syrdarya SB and having different genesis and lithological constituent, contain more than 1% of organic matter and bitumoids. On this basis this sedimentary basin can be attributed to the prospective

category. However, the results of the researches of borehole cores showed low values of volume and reservoir properties of formations. A lack of reliable regional tire fluidorum raised a lot of questions as well.

First of all, it was associated with a weak drilling assessment of the basin. Drilled in different years by parametric and deep wells, quite powerful clay, sulfate and salt strata, and carbonate and terrigenous rocks which are the best collectors were discovered. According to the outcome of geophysical survey, subsequently confirmed by drilling (ARIS No. 1-D) salt deposits can be regarded as the regional fluidorum which is capable of screening prospective oil and gas deposits.

Deposits of the Devonian and Carboniferous systems of the Syrdarya sedimentary basin correlate well with formations of this age in the region of the Greater Karatau mountains, where they're studied in-depth, both in terms of lithological composition and stratigraphy. The slits are fully described by a variety of fauna: corals, brachiopods, foraminifera, conodonts, crinoids, stromatoporoids, stacioni, sponges, algae, stromatolites, ortionately and cephalopods.

It was found that at the end of the Devonian period (Famennian stage) for the region of Karatau within the modern Karatau mountains, Ugam ridge, Shu-Sarysu, Eastern Aral and Syrdarya sedimentary basins it was started the forming of a large carbonate platform, which developed until the beginning of the Pennsylvanian age (Bashkirian stage). Model of this platform was developed in-depth on the materials of slit research of the Greater Karatau [1-5]. As a result of the studies it was proved that there are all the standard facies belts, typical of these structures: the deep basin trough, the slope of the carbonate platform, the edge of the platform framed by the reef and/or organogenic constructions, carbonate ramp, and inner platform area (shelf lagoon, tidal area halogen basin and zone of the continental ocean sourced carbonate production in ancient karst areas). Besides, slits of the Greater Karatau had been studied: intervals of sedimentation and hidden disagreements with the developed karst, and "surfaces of Molter", floods in carbonate and terrigenous-carbonate facies zones. [1-5]. Model of the carbonate platform of the Greater Karatau may be applied with the certain assumptions to neighboring regions, including Syrdarya sedimentary basin.

It has been established that, in the middle of the Famennian there was a transgression of the sea, which moved from the south-west to the northeast, i.e. from modern Uzbekistan towards Bolshoi Karatau. The rise of water continued almost to the end of the Famennian, when the regressive stage came and the shoreline shifted to the southwest. This phenomenon – the regression of the sea at the end of the Devonian is noted in many regions of the globe. In the top of the Famennian in the Bolshoi Karatau lies the horizon of karst breccias (Balaturlan pack), which is the marking border between the Devonian sediments and the lower tour. As a result of migration of the shoreline to the southeast, the present Shu-Sarysu sedimentary basin area was sharply shoaled, where a fairly large semi-isolated lagoon formed within which intensive accumulation of evaporate layers occurred.

The section from the Middle Visean to the lower Bashkir reaches of the carbonate platform of Greater Karatau is divided into three parts on the basis of belonging to different parts of this structure, and accordingly having a different genesis. Its structure includes deep-water carbonates of the Baktysay Formation, carbonates of the platform's margins and the shelf lagoon of the Maydantal Formation, separated by the Akuyk reef complex. Deep water turbidites are widespread over a vast territory and are associated with a major transgression of the sea to the Kazakhstan continent, which occurred from the southwest to the northeast, i.e. from the side of the modern Syrdarya sedimentary basin [1-5].

Within the limits of the last Serpukhovian-Bashkirian strata, the middle Syr Darya No. 2-P was penetrated in the interval 3070-3757 m (687 m open capacity) and represented by dark gray, almost black fine-grained and pelitomorphi climestones (mastouns) analogous to these differences in the rocks of the Baktysay Formation. In limestones, foraminifers are found among which predominate: *Archaeodiscus* cf. *Convecxus* Cr, et Leb., *A. Karresi* Brady, *Neoarchaeodiscus* incertuset Lebed., *N. paraovoides* (Brasch). The foraminiferal complex is identical to the Karatau complex (Serpukhovian stage) and, possibly, the lower part of the Zhertansay (bottom of the Bashkirian stage) of the Bolshoi Karatau Formation.

In his works, Davydov N.G., Paragulgov, Kh.Kh and others [7-10] have shown that the salt-bearing sequences are fairly widespread within the Syr Darya sedimentary basin, and primarily in the modern Arys and Baykum troughs, which in the Upper Paleozoic times were a single tectonic structure. According to seismic data, uplifts of isometric shape, having an amplitude of up to 800–1000 m, which are also characterized by minima of detailed gravity prospecting, are detected within their limits (Figure 1). The

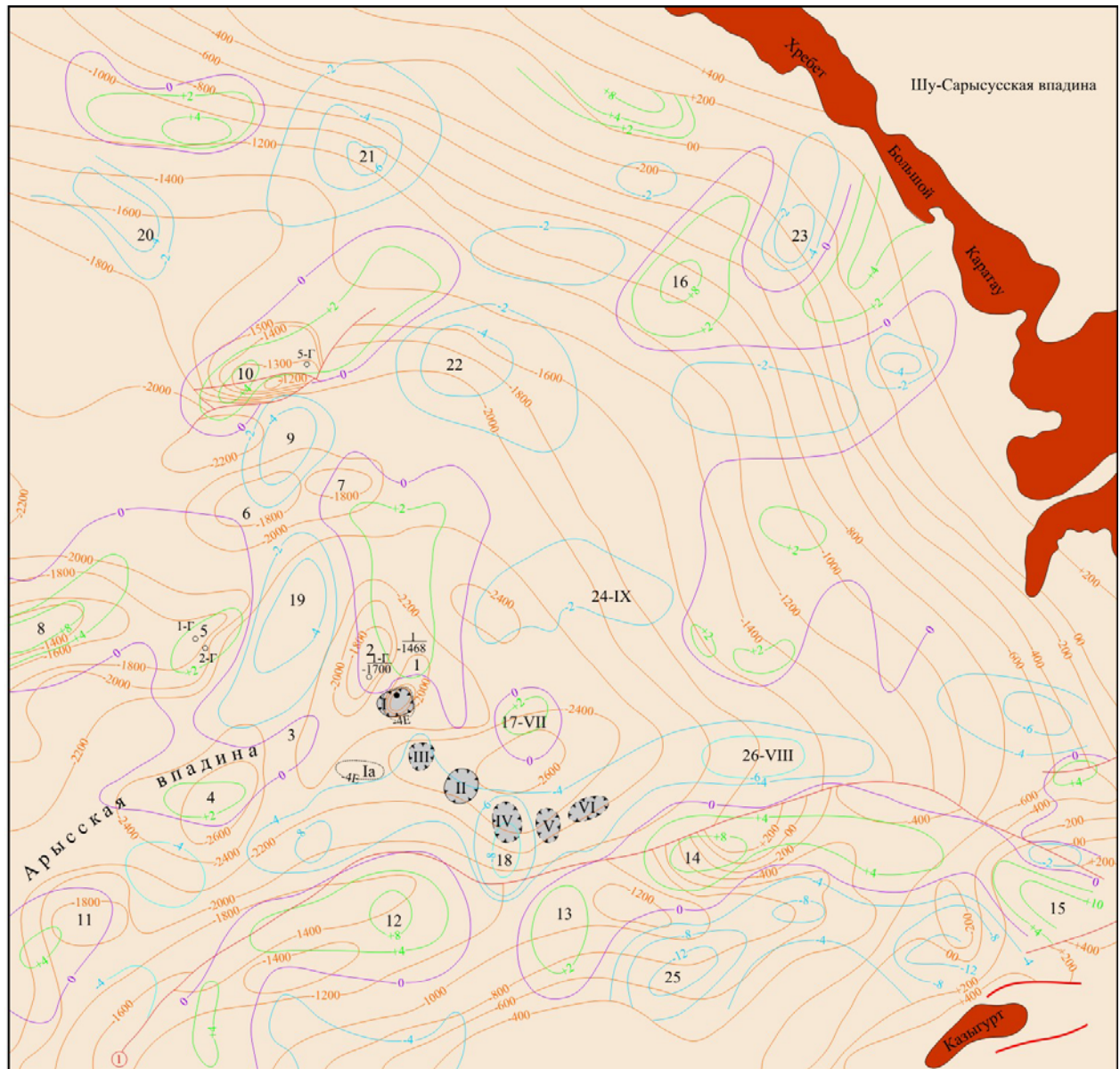


Figure 1 – Map of the location of the salt domes in the Arys-Bayyrkum trough [10]

1 - isohypses along the roof of Paleozoic deposits; 2 - tectonic disturbances; 3 - well No.1 Arys (in the numerator the number of the well, in the denominator - the mark of the depth of the Paleozoic roof, 4 - drilled deep wells: in the numerator - the number of the well, in the denominator - the mark of the depth of the Paleozoic occurrence, 5 - local anomalies of searching gravity gradiometry. Isolines of positive residual gravitational field in milligalls, 6 - the isolines of the negative residual gravitational field in milligalls, 7 - isolines of the zero residual gravitational field of gravity gradiometry of scale 1: 200 000, 8 - Local anomalous zones (salt domes) recommended for drilling by gravity gradiometry (Kaldybay II dome), 9 - local anomalous zones recommended for seismic survey of CDPM on search for salt domes, 10 - isolines of negative second derivatives of the gravitational field in etviesh (local graviminimums) in gravity gradiometry, (-3 km) - depth of the lower edge of salt in the epicenter of the anomaly according to gravity gradiometry interpretation on the sea level. 11 - outcrops of Paleozoic rocks to the surface.

The structures of the types of salt domes: I - Arys, Ia - South Arys, II - Kaldybay. Abnormal zones: III - North Kaldybay, IV - Neozhidannaya, V - Kabulsay, VI - Amanzhar, 26-VIII - Badam, 24-IX - Ermolovka-Tamerlanovka. Positive: 1 - Arys, 2 - Koskungur, 3 - Akdalin I, 4 - Akdalin II, 5 - Karakungur, 8 - Asarchiks, 10 - Bayyrkum, 11 - Zhanakuduk, 12 - Kempirsai, 13 - Ordabas, 14 - Lenger, Kyzylaryk, 17-VII - Kaldybai-2. Negative: 19 - Taskuduk, 25 - Akzhar, 15 - North-Kazygurt.

discrepancy between gravity and seismic models, as well as calm magnetic fields that exclude the influence of intrusive bodies of acidic composition, made it possible to assume that these structures are salt domes [7-10]. In the Arys trough, such several structures were mapped: Arys (Figures 2, 3), Kaldybay, North-Kaldybay, Neozhidannaya, Kabulsay, Amanzhar, Badam, Ermolivka-Tamerlanov and others (Figure 1). Some of them gravitate towards the Shulinsky fault, which is traced from the Chatkalo-Kuramin mountains towards the central part of the Syr Darya basin.

In the arch of the Arys structure to confirm the salt-dome nature of the local negative gravity anomalies in 1992–1994, Well Arys No. 1-G was drilled with a depth of 4004 m (Figure 4). During the drilling in the interval of 1698–1757m, the Upper Paleozoic limestones were discovered. Further, from the depth of 1757 m to the bottom (4004 m), the well crossed the salt-bearing thickness, from which it did not leave. The passed section, starting from a depth of 1757 m to 3099 m, turned out to be a folded pure salt (according to N. G. Davydov's interpretation) [8]. Even deeper, from a mark of 3099 m in a section, carbonate and terrigenous rocks with thickness from 5 to 70 m were encountered, which can be traced to the bottom of the well (4004 m). The salt base according to seismic and GIS data is presumably located at a depth of 4700–4800 m [7-10]. Below the development of carbonate-terrigenous rocks of the Upper Devonian and Lower Carboniferous is assumed. According to the definitions of M. M. Marfenkova (1994), on the microfauna of foraminifera from the limestones in the interval of 3098-3173 m, the age of the entire sequence and the salt itself in the interval of 1800-3200 m was dated by Serpukhovian-Bashkirian (C1s-C2b).

It should be noted that the well Arys No. G-1 was passed without core sampling, with the exception of the intervals of 2100–2121, 2121–2131 and 3100–3110 m. In addition, from a depth of 3175 m, an incomplete GIS complex was made. In the interval of 3790–4004 m, the rock composition is not exactly defined, since the calculated parameters are close to both salt and anhydrite, and to carbonates. Therefore, today, there is no complete picture of the lithological composition of the saline sequence.

Based on the results of drilling, the diapiric nature of the gravimetric anomaly of the same name was confirmed. It was found that the upper part of the section of the Paleozoic sediment complex and the lower section of the Lower Cretaceous stratum were broken as a salt rod.

On the seismic profile (Figure 2) and the geological-geophysical section (Figure 3) it is clearly visible that the Arys Salt-Dome structure breaks the deposits of the bashkir-serpukhs to the full thickness, i.e. the



Figure 2 – Fragment of the seismic profile No. 9207170, intersecting the Arys dome structure (by N. G. Davydov)

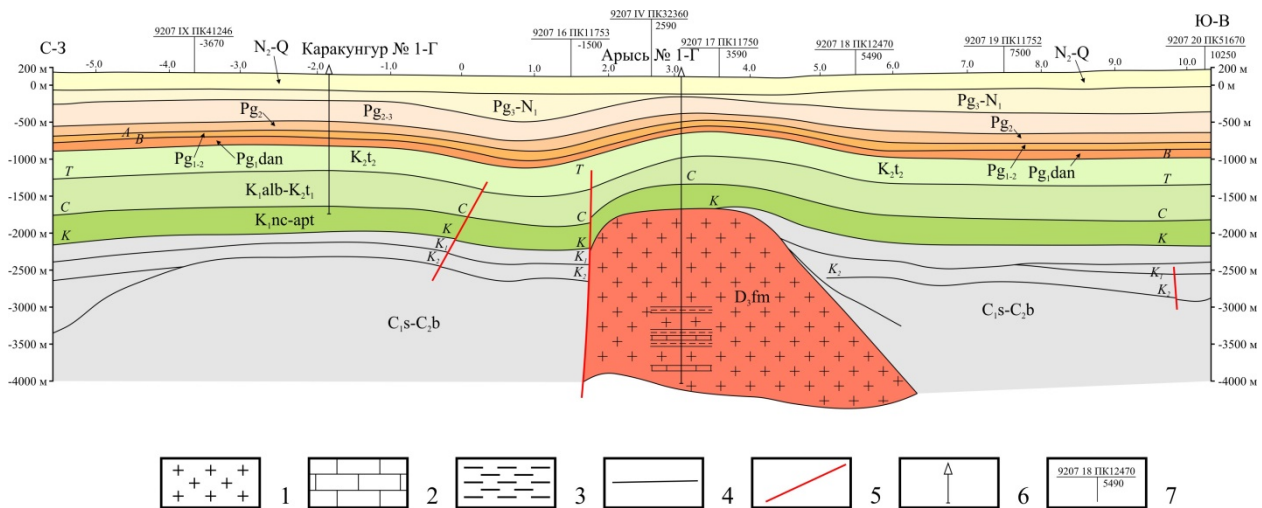


Figure 3 – Geological and geophysical section through the Arys salt dome.

Lithological types of rocks: 1 - salt (halite), 2 - limestones, 3 - clays and argillites. 4 - borders of stratigraphic subdivisions. 5 - tectonic disturbances. 6 - boreholes. 7- places of intersection of seismic profiles.

age of the salt is clearly older than the host rock. According to the geophysical data below the soles of the salt lie the carbonate-terrigenous rocks of the Upper Devonian and the Tournaisian and visean stages of the mississippi. Based on the analysis of the paleotectonic and paleogeographic environments of the formation of the stratigraphic strata of the upper paleozoic of the Syrdarya, Shu-Sarysu sedimentary basins and the Greater Karatau Mountains, it is possible to assume with reasonable certainty about the Upper Devonian (late Femenian) age of the salt-bearing stratum, discovered by the Arys No. 1-G well. In the adjoining areas, two levels of salt accumulation are established: Upper Devonian and Lower Permian, which is apparently acceptable for the Sirdarya sedimentary basin.

The theory of the mechanism of the formation of salt domes suggests that the movement of salt upwards does not occur evenly throughout the mass, but in several separate zones. This is evidenced by their internal structure consisting of individual spike-like zones. The whole structure moves upwards due to the fact that these zones do not rise simultaneously ("jerkily") relative to each other. With such a differentiated movement inside the salt dome, probably, zones of crushing and breaking disruptions are formed, which then again flow and deform. The surrounding dome sedimentary layers rise upwards and bend under the action of salt movement, and sometimes they can deform to such an extent that they become vertical or in some places they fall over. Deformations are developed only around the dome's top border, their scale and shape are determined by the size of the dome. Apparently, when the salt was moving upwards, crushing of carbonate and terrigenous rocks of serpukhov-bashkirian age, capture, flow and dragging them inside the evaporite layer occurred. The opening of such exotic blocks during the drilling of the well led to an incorrect age dating of the salt-bearing section.

Similar structures were found in the Bayyrkum trough: Bayyrkum, North Bayyrkum, South Baykurm and East Bayyrkum, which are located on its northern outskirts, in conjunction with the zone of articulation with the Arys trough (Figure 1). A small number of identified structures can be explained by the very weak geological and geophysical study of this deflection. The Baykurm group of structures, in its gravimetric characteristics, is close to the salt-dome structures of the Arys trough, but is likely to exceed them considerably in salt bodies. To assess the prospects of oil and gas potential of this group of structures, it is extremely important to establish the character of a wide-scale development of salt formations, which are ideal tires for hydrocarbon accumulations.

In these strata, both stratified and massive hydrocarbons, isolated by the salt thickness, and ring and semi-ring domes shielded with salt rods can be contained.

From the theory of sedimentogenesis it is known that the most powerful strata of pure halite are formed in deep-water conditions, where the waters are too deep and where light does not penetrate almost, which makes the accumulation of bottom carbonates impossible. Here, under certain conditions, there are

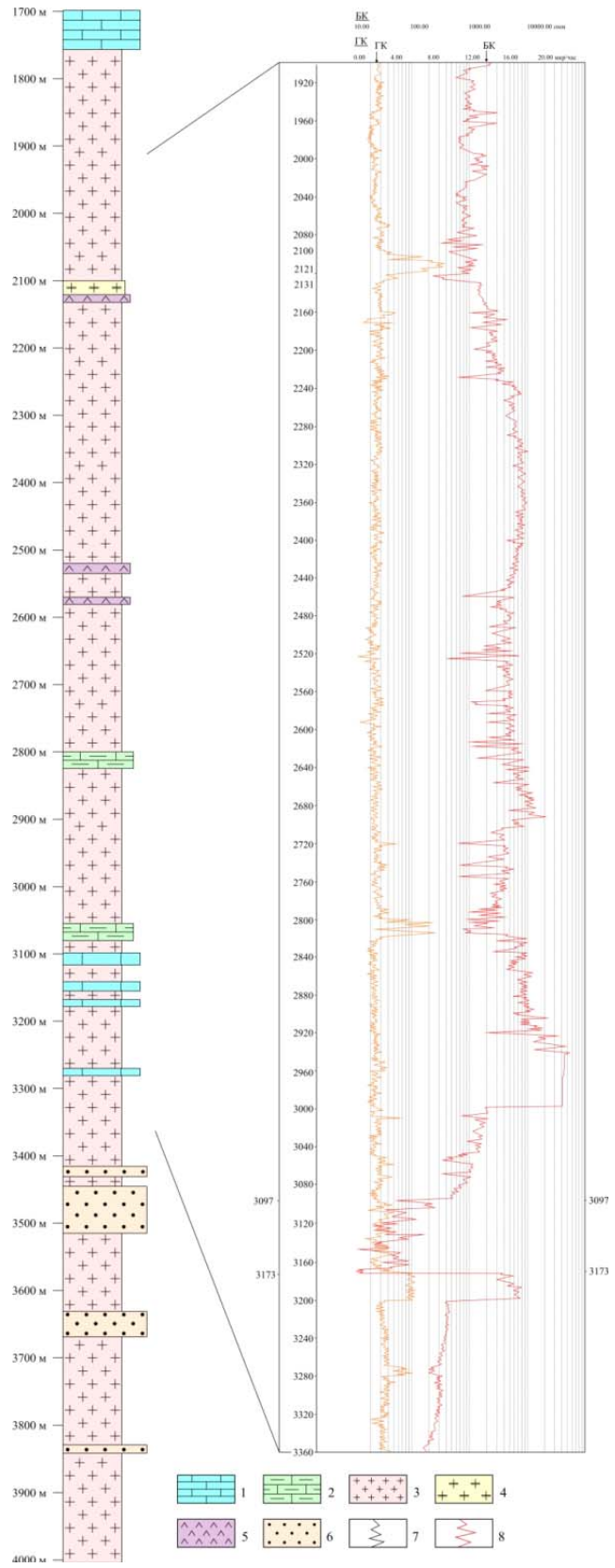


Figure 4 – Lithologic-stratigraphic column of the salt-bearing stratum, opened by the well Arys No. 1-G.

Lithological types of rocks: 1 - limestones, 2 - marls, 3 - salt (halite), 4 - gypsum, 5 - anhydrite, 6 - sandstones. Logging curves: 7 - gamma-ray logging, 8 - LL(Lateral logging).

euxin or stagnant conditions, as well as a sharp increase in salinity [11]. According to the standard facies identified by J. Wilson.

All the largest formations of evaporit of the world were formed in deep-water conditions in the central parts of basins on the borders of the cratons remote from coasts and from influence of shelf areas. On such sites the deficiency of sedimentary material is observed. Sedimentation happens in the euxinic conditions, it is lower than the levels of oxidation, carbonaceous compensation and below basis of action of waves. Water depth in such basins reaches tens and hundreds of meters and even the first kilometers. The benthonic waters which are flowing down from adjacent shelves can be oversaturated by salts and have larger density that complicates the free water exchange. In the conditions of a sharp lack of oxygen there are congestive conditions with the reduction environment here. The prevailing lithologic type precipitating is the halite forming potent layers at late stages of filling of the settling basin [11].

Big power and extent on lateral (to hundreds of kilometers) are characteristic of deep-water evaporit. This results from the fact that in big reservoirs considerable variations of composition of waters aren't observed as a result of short-term and minor changes due to inflow of waters or evaporation.

The formation of the evaporit minerals happens thankfully to the evaporation of the surface waters, and further minerals plunge and settle at the floor of the basin. In process of increase in salinity the mineralogical composition of salt also changes. It is as a result the section is formed, which consists of various lithologic differences of evaporits. (figure 5).

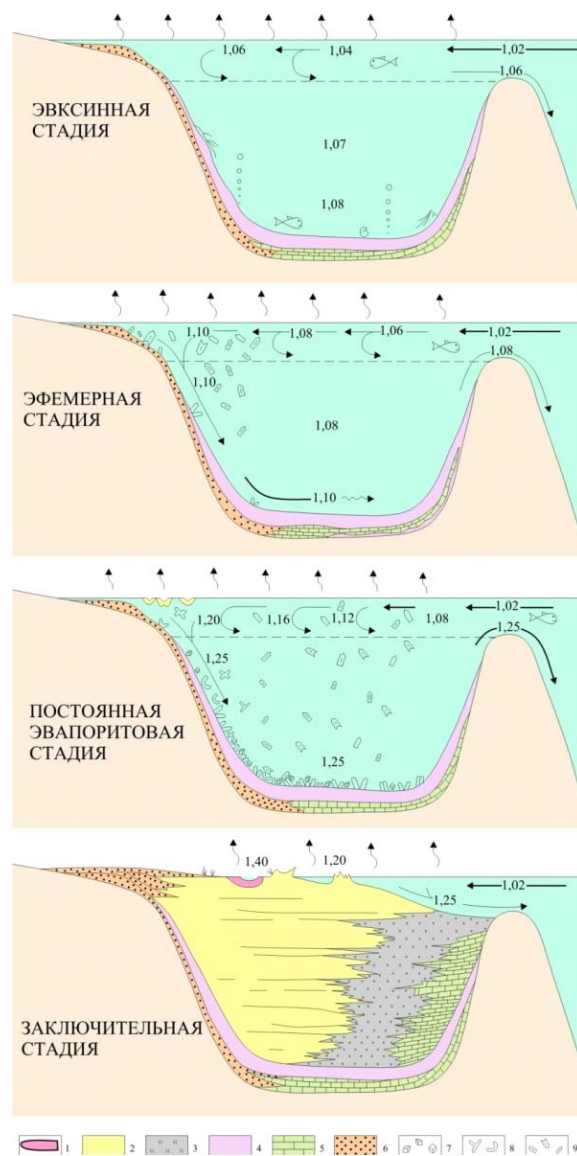


Figure 5 – Model of formation of deep-water evaporite deposits. Four stages of filling the basin are shown [12]

1) Euxine stage: evaporation exceeds atmospheric precipitation + precipitation; stagnation at a depth below the threshold; bottom waters are depleted in oxygen; benthos anaerobic; nekton is normally marine; sapropelfacies. Ephemeral stage: constant stagnation at the bottom; salts that precipitate in surface waters dissolve at depth; the fauna is rare or absent. Permanent evaporitic stage: evaporation exceeds atmospheric precipitation + precipitation; bottom brine is saturated with halite; halite and gypsum, formed in surface waters, are preserved at depth; bottom brine is replaced by salts. Final stage: evaporation exceeds atmospheric precipitation + precipitation; the pool is filled with salts; oxidizing conditions on the surface, salt ponds, eolian sediments and fading of salt crusts; potassium salts are forming. 1 - potassium salts; 2 - halite; 3 - gypsum, anhydrite; 4 - euxinic precipitation; 5 - dolomitized carbonates; 6 - sandstones; 7 - cubic halite; 8 - funnel-shaped halite; 9 - gypsum. The numbers in the figure indicate the density in g/cm^3 .

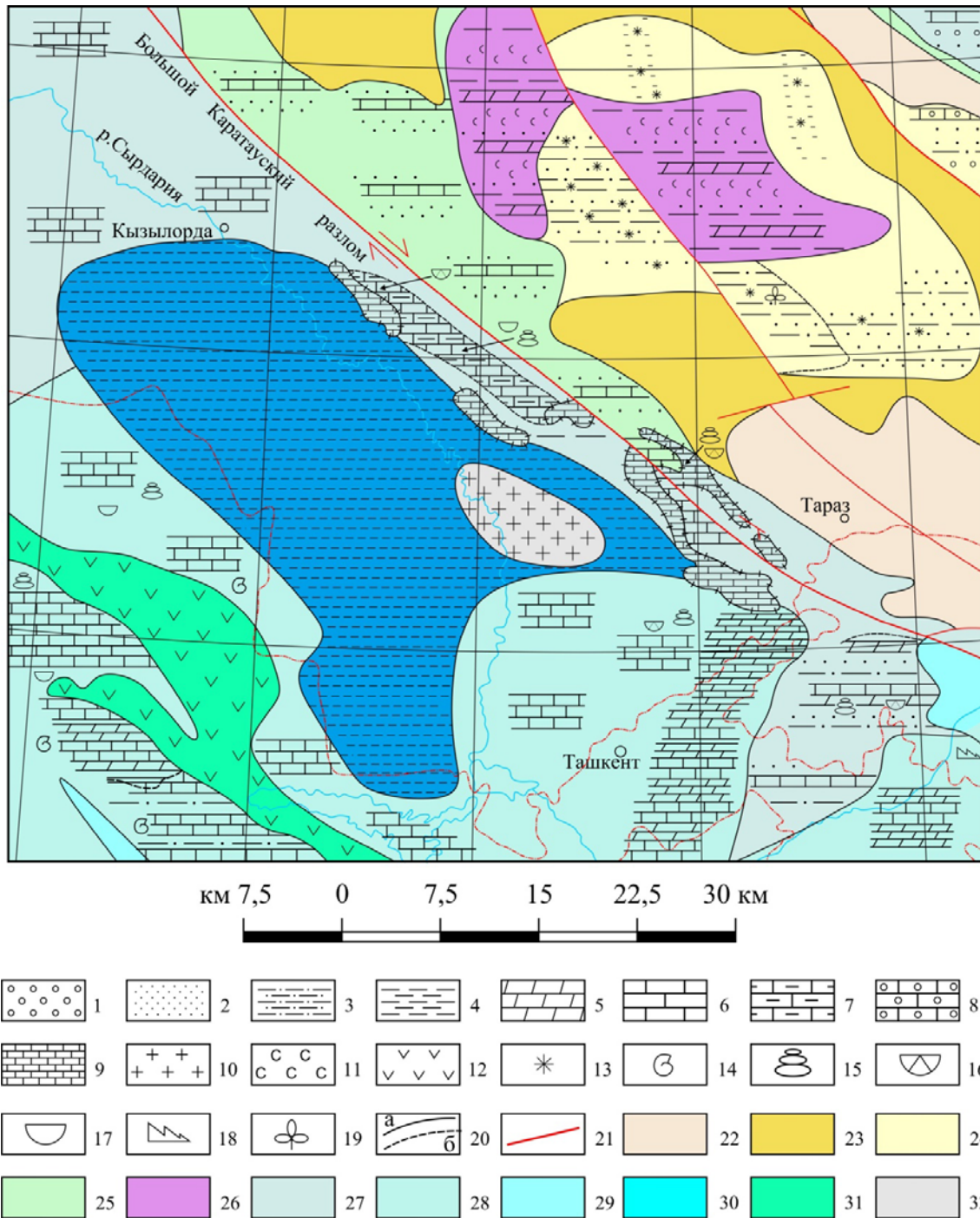


Figure 6 – Lithological-paleogeographic map of the Syrdarya sedimentary basin for the Visean-Serpukhovian time.

Lithological types of rocks: 1 - conglomerates, 2 - sedimentary breccias, 3 - sand and gravel deposits with pebbles, 4 - sand, sandstones, 5 - silts, siltstones, 6 - argillites, clays, 7 - phytolites (black siliceous rocks), 8 - jasper, siliceous rocks, 9 - dolomites, 10 - dolomitic limestones, 11 - limestones, 12 - coquinas, 13 - clay limestones, marls, 14 - oolitic limestones, 15 - brecciated limestones, 16 - carbonate constructions, 17 - gypsum, anhydrite, 18 - rock salts, 19 - lava and tuffs of calc-alkaline composition.

Organic residues: 20 - gastropods, 21 - bryozoans, 22 - conodonts, skolecodonts, 23 - foraminiferas, 24 - brachiopods, 25 - trilobites, 26 - hyolites, 27 - terrestrial flora (without specification). 28 - The main Karatau fault.

Geological boundaries: 29 - paleogeographic situation; 30 - facies complexes. 31 - underwater alluvial fans. Paleogeographic conditions: 32 - lowland lacustrine-alluvial plains, 33 - inland shelf with hindered water exchange (lagoons with increased salinity), 34 - inland shelf with free water exchange, 35 - barrier reef of edge of carbonate platform, 36 - slope of carbonate platform, 37 - shelf external, 38 - deep-water depressions of the outer shelf, 39 - deep-sea salt basin of the outer shelf, 40 - continental slope, foot, 41 - contrast relief of young island arcs.

The characteristic feature of deep-water evaporit is their thin lamination of millimetric or centimetric scale caused by alternation of a halite and anhydrite, or evaporit and carbonates.

We allocate four stages of adjournment of deep-water evaporit on the basis of model of the pool filled with a brine in which there is a continuous inflow of ocean water (figure 5) [12].

- Euxinic stage: evaporation exceeds the atmospheric precipitation + a deposition; stagnation at a depth below a threshold; benthonic waters are poor of oxygen; the benthos is anaerobic, neuston is normal, sea; sapropelic facies.

- Ephemeral stage: continuous stagnation at the bottom; the salts which are settled in the surface waters are dissolved at the depth; the fauna is rare or is absent.

- Constant evaporit stage: evaporation exceeds an atmospheric precipitation + a deposition; the ground brine is sated with a halite; the halite and plaster which are formed in the surface waters are kept at the depth; the ground brine is replaced with salts.

- Closing stage: evaporation exceeds an atmospheric precipitation + a deposition; the pool is filled with salts; on a surface oxidizing conditions, the hydrochloric ponds, aeolian settlements and vytsveta of the hydrochloric crusts, potassium salts are formed.

Summarizing the above it is possible to assume that in a late famen on the place of the modern Syrdrya settling basin the border sea with the developing large carbonaceous platform was situated. The climate was warm, tropical. On the average to the famena near the modern all Southern Kazakhstan there was a transgression of the sea [1-5]. On the region of the shelf the reef complex which is studied in cuts of Big Karatau in detail, presented by silt hills of waltzorr type, the base of which is put by thin crinoids, sponges, and to a minor extent branching pearlweed was created, and the free space between them is filled with a sea needle spathic calcite. There was an accumulation of turbidites and thin lamination madstones of the basal-zhanakurgan B-series of the late Devonian to the West and the southwest from outside the carbonaceous platform within the central part of the modern Syrdarya settling basin into the deep-water hollows of the border sea.

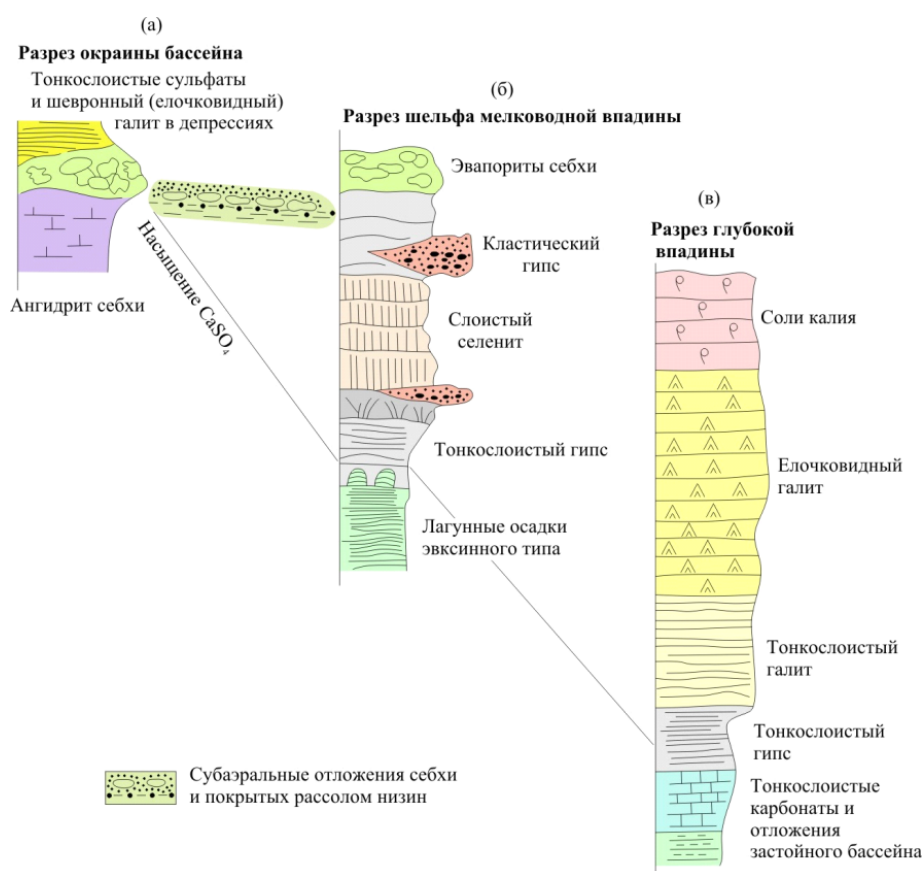


Figure 7 – Hypothetical sections (extra-scale) of evaporite complexes for various parts of evaporite basins [13]

From the West this hollow was limited by the Southern-Tien Shan volcanic arch. Therefore the pool of a sedimentation of the central part of the Syrdarya basin represented the reservoir which was settling down between the region of the carbonaceous platform and an island arch. In its middle deep decrease – the Aryss-Bayrkum deflection remote from sources of demolition of terrigenous material in which in late-famen time the conditions favorable for a salt deposition were formed. It was the classical halogenic basin which description of typical model is given above and illustrated in the figure 6. The standard section of saliferous thickness of the deep-water basin is given in the figure 7 in which its difference from cuts of a shelf zone and the borderof the basin is shown [14].

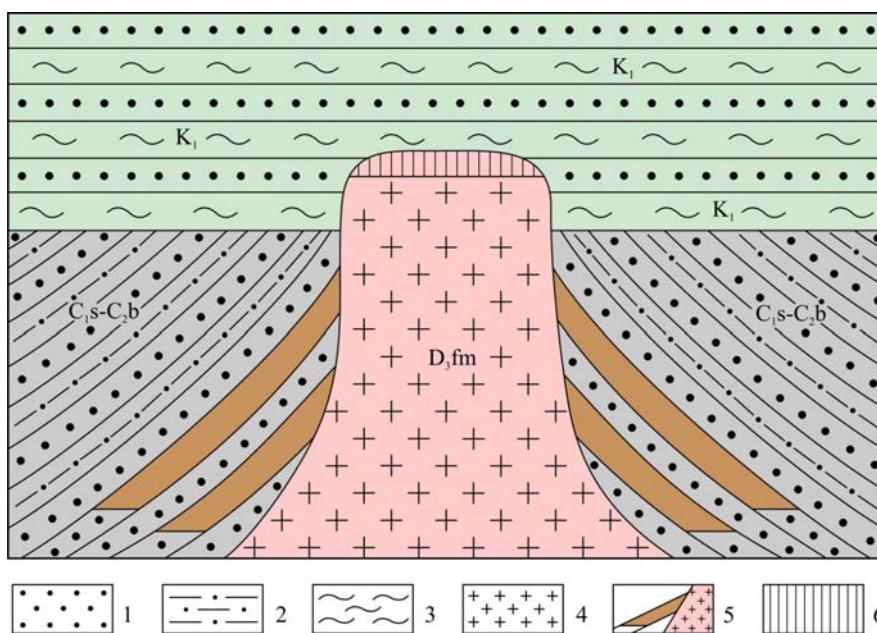


Figure 8 – Probable model for the location of the expected hydrocarbon deposits associated with the salt-dome structures of the Arys-Bayyrkum deflection.

Lithological types of rocks: 1 - sandstones and gravelites, 2 - siltstones, 3 - clays and argillites, 4 - salt (halite), 5 - the expected hydrocarbon deposits, 6 - caprock.

Upper Paleozoic thicknesses of the region were deformed as a result of manifestation the of the Late Hercynian tectonic processes which led to a contortion and an orogenesis. In the Jurassic time the fissile tectonic movements brought to the extruding of salts into overlying terrigenous deposits and to the formation of the hydrochloric domes. In literature there are five allocated genetic types of the hydrochloric domes [15]. For the Syrdarya settling basin the formation of these structures 2 types is predicted: batogalit type buried diapirs with depth more than 3000 m. On their steep slopes multisheeted deposits of naphtha and gas with steep almost subvertical adhering to a slope of salt (figure 8) are always formed. It is possible to give fields as examples Kenkiyak and Kulsara where along steep slopes 4-7 deposits of hydrocarbons are revealed [16]. Such structures well beat off at combination of detailed anomalies of a gravimetry with seismicity of MOGT 2D and 3D. For this purpose like the fissile or buried diapirs the gravimetric minimum represents a funnel of big amplitude.

Thus, these structures can be considered as perspective on identification of oil and gas fields.

REFERENCES

- [1] Zhemchuzhnikov V.G., Zhaimina V.Ya., Kuk G.E., Zempolich V.G., Lyapont F., Viaggi M., Lehman P.J., Giovanelli A., Bouman M.B., Kotova L.E., Buvtyshkin V.M., Golub L.Ya. Stratigraphy of the Upper Devonian-Carboniferous carbonate deposits of the northwestern part of Greater Karatau, Southern Kazakhstan. The state, prospects and tasks of Kazakhstan's stratigraphy: Material of the III International Stratigraphic Meeting. Almaty, 2002. P. 60-62.
- [2] Cook H.E., Zhemchuzhnikov V.G., Zempolich W.G., Zhaimina V.Ya., Buvtyshkin V.M., Kotova E.A., Golub L.Ya., Zorin A.E., Lehmann P.J., Alexeiev D.V., Giovanelli A., Viaggi M., Fretwell N., Lapointe Ph., Corboy J.J. Evolution of a Devonian and Carboniferous Carbonate Platform, Bolshoi Karatau, Southern Kazakhstan: Outcrop Analogs for Coeval Carbonate

Reservoirs in the North Caspian Basin // W. G. Zempolich and H. E. Cook (eds.), Carbonate Systems in the C.I.S.: Comparative Studies of Outcrop and Subsurface Oil and Gas Reservoirs: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication. 2002. N 74. P. 81-122.

[3] Zhemchuzhnikov V.G., Buvtyshkin V.M., Golub L.Ya., Zorin A.E. Paleogeographic reconstruction of sediments of the late Devonian and Early Carboniferous in the northwest of the Greater Karatau of Southern Kazakhstan // Geology, mineralogy and prospects of development of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan. Almaty, 2015. P. 98-106.

[4] Zhaimina V.Ya. Late Devonian-Carboniferous reef formation in Kazakhstan and oil and gas potential prospects // Earth sciences in Kazakhstan. International Geological Congress of MGK-35. Reports of Kazakhstan geologists. Almaty, 2016. P. 159-167.

[5] Fazylov E.M., Zhemchuzhnikov V.G. The Karatau late Paleozoic carbonate basin and the Jurassic terrigenous basin of Mangistau are naked analogs of the oil and gas condensate fields of Western Kazakhstan // Geological Science and Development of Kazakhstan's Mineral Resources under the Development Strategy 2050. Almaty, 2014. P. 159-163.

[6] Davydov N.G. New information on the salt tectonics of the Aryskskaya Depression by geophysical data // Oil and gas geology and geophysics. 1966. N 3M. P. 27-28.

[7] Paragulgov Kh.H., Davydov N.G., Paragulgov T.X. Saliferous formation of the upper reaches of the Lower Carboniferous of Southern Kazakhstan and prospects of its oil and gas potential // Geology and Minerageny of Kazakhstan (the report and the thesis of the Kazakhstan geologists). Almaty: Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, 2000.

[8] Davydov N.G., Paragulgov H.X. Arys salt-dome zone of the Syrdarya basin and prospects of its oil and gas potential // Reports of MN-AN RK. 1996. N 6. P. 44-54.

[9] Paragulgov Kh.Kh., Davydov N.G., Paragulgov T.X. Geological modeling of the Bayyrkum group of structures and prospects of its oil and gas content // Oil and gas. 2001. N 1. P. 20-32.

[10] Wilson J.L. Carbonate facies in geological history. M.: Nedra, 1980. 463 p.

[11] Shreyber B.Sh., Tucker M.Ye., Till R. Coast of arid zones and evaporites // Conditions of sedimentation and facies. Vol. I. M.: Mir, 1990. P. 232-279.

[12] Atlas of lithologic-paleogeographic, structural, palinspastic maps and geocological maps of Central Eurasia. Almaty, 2002. 38 sheets.

[13] Leader M.R. Sedimentology. M.: Mir, 1986. 439 p.

[14] Mailibayev M.M. Prospects of oil and gas content of salt domes // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Geology, Minerageny and Prospects for the Development of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan" dedicated to the 75th anniversary of the Institute of Geological Sciences. K. I. Satpayev. Almaty, 2015. P. 454-460.

[15] Handbook of Mineral Resources of Kazakhstan. Deposits of oil and gas. Almaty, 1998. 322 p.

Е. М. Фазылов, Д. Е. Приходько, Э. С. Мусина, К. Т. Кубашева

ЖШС “Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты”, Алматы, Қазақстан

СЫРДӘРИЯ ШӨГІНДІ АЛАБЫНЫҢ КЕШ ДЕВОННЫҢ ТҰЗАЙДАҒЫШ ҚАБАТТАРЫНЫҢ ФАЦИАЛ-ПАЛЕОГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЖИНАЛУ ЖАҒДАЙЛАРЫ

Аннотация. Аймақта Пенсильванияның (башкир қабаты) басына шейін жетілдірілген ірі карбонатты платформа девон дәуірінің (фамен қабаты) соңында қалыптаса бастады. Бұл жерде осы құрылымға тән барлық стандартты фациалық белдеулер бөлінеді: тереңсулы алапты ойыс, карбонаттық платформаның баурайы, риф және/немесе органогендік құрылыстармен жиектелген платформа шеті, карбонатты рампа, платформаның ішкі аймағы (қайраң лагуна, көтерілу аймағы, тұзтудыру бассейні және көне карст аймақтарындағы континенттік карбонат қалыптасу аймағы). Кеш девон кезінде платформадан тыс, сыртқы жер бедері шегінде теригендік материалды ендіруден окшауланған тереңсулы ойыста, 1757–4004 метр аралығында Арыс № 1-Г ұңғымамен ашылған тұзайдағыш қабаттың қалыптасуы болған. Төменгі жағында теригендік және карбонаттық жыныстарының қабатшалары кездеседі. Тұз етегі сейсмикалық барлау және ҰГЗ деректері бойынша болжамды 4700–4800 м тереңдігінде орналасады. Арыс гравиметриялық аномалиясы биіктігі 3 км кем емес диапирлік күмбезді білдіреді. Геофизикалық зерттеулер тұзайдағыш қабат Сырдәрия шөгінді алабының Арысқұм және Байыркұм майысулардың бойында зор дамуда екенін көрсетті. Тұздармен жиылған, болжамды диапирлік құрылымдардың бүтін қатары табылды. Сырдәрия шөгінді алабы үшін 2-ші типті құрылымдардың қалыптасуы болжамдалады: батогалит типті тереңдігі 3000 м-ден астам көмілген диапирлер. Бұлардың тік біткелерінде тұздың баурайына субвертикалды жанасуына жуық көпқабатты мұнай мен газдың кендері қалыптасуы мүмкін. Тік баурайларының бойында көмірсутек кендері табылған сияқты, Кеңқияқ пен Құлсары кен орындары үлгі болып табылады. Осылайша, берілген құрылымдар мұнай мен газ кендерін табуға келешегі зор ретінде қарастырылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Сырдәрия ША, карбон, литология, палеогеография, грабен, тұз, мұнай, газ.

Е. М. Фазылов, Д. Е. Приходько, Э. С. Мусина, К. Т. Кубашева

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

**ФАЦИАЛЬНО-ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ СОЛЕНОСНЫХ ТОЛЩ
ПОЗДНЕГО ДЕВОНА СЫРДАРИЙНСКОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА**

Аннотация. В конце девонского периода (фаменский ярус) в регионе начала формироваться крупная карбонатная платформа, которая развивалась вплоть до начала пенсильвания (башкирский ярус). Здесь выделяются все стандартные фациальные пояса, характерные для данных структур: глубоководная бассейновая впадина, склон карбонатной платформы, обрамленная рифом и/или органогенными постройками окраина платформы, карбонатная рампа, внутренняя зона платформы (шельфовая лагуна, приливная зона, солеродный бассейн и зона континентального карбонатообразования в древних карстовых зонах). За пределами платформы, в пределах внешнего шельфа в глубоководной впадине, изолированной от привноса терригенного материала, в позднефаменское время происходило формирование соленосной толщи, которая была вскрыта скважиной Арыс № 1-Г на глубине от 1757 до 4004 м. В нижней части встречаются прослойки терригенных и карбонатных пород. Подошва соли по данным сейсморазведки и ГИС предположительно располагается на глубине 4700–4800 м. Гравиметрическая аномалия Арыс представляет собой диапировый купол высотой не менее 3 км. Геофизические исследования показали, что соленосная толща имеет широкое развитие в пределах Арыскупумского и Байыркумского прогибов Сырдарийнского осадочного бассейна. Выявлен целый ряд предположительно диапировых структур, сложенных солями. Для Сырдарийнского осадочного бассейна прогнозируется формирование структур 2 типа: погребенные диапиры с глубиной более 3000 м типа батогалит. На их крутых склонах могут формироваться многопластовые залежи нефти и газа с крутым почти субвертикальным прилеганием к склону соли. Примерами являются месторождения Кенкияк и Кулсары, где вдоль крутых склонов выявлены залежи углеводородов. Таким образом, данные структуры могут рассматриваться как перспективные на выявление залежей нефти и газа.

Ключевые слова: Сырдарийнский ОБ, карбон, литология, палеогеография, грабен, соль, нефть, газ.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 17 – 19

UDC 549; 549.2/8; 549:548

T. A. Shabanova, B. A. Glagolev, A. V. Fatcheva

«K. I. Satpaev Institute of geological sciences», Almaty, Kazakstan.

E-mail: Vaglag@mail.ru

**GRAPHITE
FROM GRAPHANE/GRAPHENE LAYERS**

Abstract. The work was carried out on the example of carbon particles of the Kazakhstan manifestations. By electron transmission microscopy (TEM) it is shown, that carbon particles are capable to split. In work there is shown one of the ways of graphite formation. The probable circuit of formation of area of stratification is given. Graphite packing can arise from local "graphite" orderliness graphane/graphene carbon layers. Zones of "graphite" orderliness are formed locally. This is confirmed by the shown morphological and diffraction pictures (by TEM method). Thus, one more phase of orderliness of the carbonaceous substance forming a structural number has appeared.

Key words: carbonaceous particles, stratification, local packing.

Introduction. In nanotechnologies the methods for achieving a certain dispersion size are divided into two: "from top to bottom" and "from bottom to top" [1]. In geology, during the extraction of minerals, a method of dispergation - "from top to bottom" - was adopted. A large ettle is crushed into a certain "small" size. In the analytical work of natural substances a "top-down" method is also adopted - dissection to the desired component. In the processes of synthesis and in the ground mass of theoretical research "from the bottom up" processes are often used. The properties of atoms, molecules, substance constructed from fixed condition of the molecules, a mixture of substances are investigated [2]. At the nano-micro level these approaches come close, but each direction comes to this level with its own knowledge. For chemical synthesis processes materials of natural origin are "new". In spite of the fact that all precursors have been previously taken from natural sources, they are purified from impurity substance. For example, carbon rocks. Determination of the substance by color is not always appropriate. It is known that carbon compounds do not always have black color. There are "white" compounds, for example, carbines. In the course of work on finding sources of nanocarbon in nature, it was found that so far many researchers in the field of chemical and geological sciences are still confused because of the misuse of carbon-graphite concepts.

We adhere to the classical definition that the structure of an ideal graphite is in a certain way connected in three-dimensional space of the carbon planes. Or graphite is a substance composed of crystalline packages consisting of 2–3 carbon layers parallel to each other. Not all carbonaceous matter can form a graphite structural order.

Result and discussion. The probability is high that individual layers of graphites are represented by graphene or graphane. (These formations are visible at considerable magnifications - probe microscopy and are calculated on mathematical schemes.) It is commonly known that, graphenes [3] are planar structures - slightly curved (wavy) sheets consisting of hexagonally packed carbon atoms. Graphene sheets [4] the tension of which is removed by hydrogen atoms are called graphan.

It is obvious that for incomplete [5] (insular) filling of graphane/graphene planes by hydrogen bonds, a local (nano-sized) occurrence of "graphite" orderliness is possible (Figure 2). And since the reflexes from the graphite packing are more intense (for electron diffraction in the TEM), then the manifestation of the "graphite" structure in the general non-graphite substance is expectable.

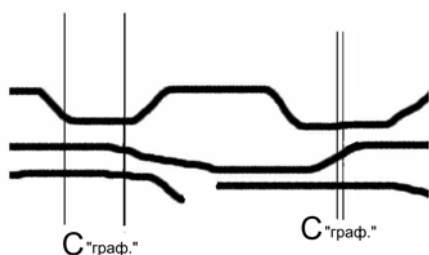


Figure 1 –
The schematic image:
the "graphite" structure
of a layer arising locally
(between two straight lines)

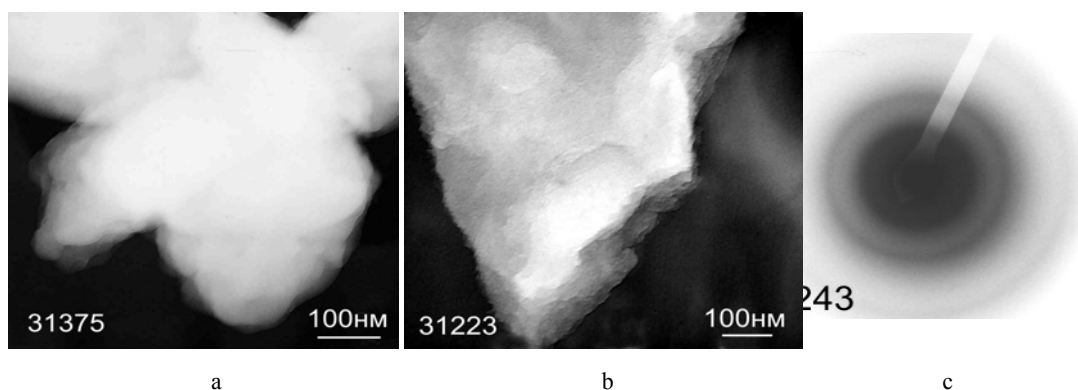


Figure 2 – TEM-photos, a, b – the negative image (light – a dense site)

The order of formation of the layers obviously looks as follows. Morphologically, a carbonaceous particle with rounded forms consists, as it were, of different clouds (Figure 2a). In this figure, clouds are located in three, in some places four layers. Or, in Figure 2b, a particle in the form of a fragment. The emergence of a dozen flakes can be seen from one edge - when appropriate conditions of future layers come. On the other side, the fragment looks "woolly" because of the apparent overlap of scales on each other. For TEM, spatial resolution is problematic.

In the general case, when electrons are diffracted on a carbon material, standard blurred three rings are formed (Figure 2c). The diffusion and "gravity" of the peak depends on the packing of carbon and on the degree of formation of individual layers of different carbon compounds.

The morphological photograph of the transmission electron microscope (TEM) shows that, probably, the presence of an impurity forms a more dense formation (Figure 3a, dense - light, negative image). In x-ray phase analysis, the same sample does not detect graphite ordering. This is possible when the carbonaceous matter is represented by nanosized particles or their percentage of "graphites" is lower than the sensitivity of the method. For microdiffraction from this particle in transmission electron microscopy (Figure 3b) local amplification and decrease of blurring reflexes (some texturing) are observed. In Figure 3b, (in its upper part) probably as noted above, the beginning of the formation of the "graphite" layer in the predominant carbonaceous matter having two-three-dimensional ordering is depicted [6].

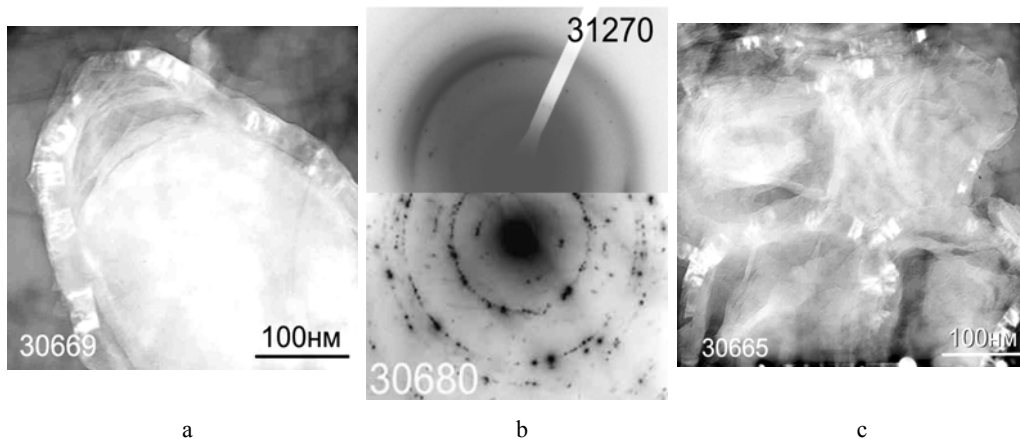


Figure 3 – TEM-photos

During increase in the concentration of local "graphite" areas (Figure 3c), a graphite-like structure appears (Figure 3b, lower part).

The existence of local regions in the carbon corresponding to "graphites" can serve as an explanation for the blurring of reflections and the deviation of the graphite parameters from the classical value. In practice, in manifestations and deposits, more often there is no graphite in the classical sense, but graphite with broken structure - with slightly different or not manifested by X-ray (XFA) and electron-microscopic (TEM) parameters.

This same circumstance (the formation of local "graphite" areas) explains the existence of a combination in graphane/graphenic layers.

Probably, the formation of graphites occurs as follows. At first, the layers come closer/move away. The distance between atoms of one layer and atoms of another layer changes. Locally there is a connection between atoms (in the dimensions of the nano-region). "Graphite" order appears. In the case that the "graphite" ordering then passes to the entire foil, a graphite structural order is formed.

Therefore, it is also possible to talk about graphane/graphene layers in graphite of natural manifestations. And the fact that it is possible to single out one layer from a graphite package is shown in the works of Novoselov-Geim.

Conclusion. The local "graphite" structure can be connected with the segregation of carbonaceous formations and formed by graphane/graphenic layers.

REFERENCES

- [1] Gusev A.I. Nanomaterialy, nanostrukturyte, nanotehnologii. M.: Fizmat, 2005. 416 p.
- [2] Suzdalev I.P., Burawcev E.W., Macsimov V.K., Imschennik C.V., Novistihin C.V., Matveev V.V., Plastinda A.S. Haracteristici necotoryh nanomaterialov // Ros. him. sturnal. 2001. Vol. 45. P. 66-73.
- [3] Elias D.C., Nair R.R. et al. Control of Graphene's Properties by Reversible Hydrogenation: Evidence for Graphane // Science. 2009. Vol. 323. P. 610-613.
- [4] Sofo J., Chaudhari A., Barber G. Graphane: a two-dimensional hydrocarbon // Physical Review B. 2007. Vol. 75. P. 153401.
- [5] Ilin A.M., Nemcaeva R.R. Komputernoe modelirovanie i issledovanie gidrogenesirovannogo grafena i rodctenylh ctruktur // Trudy 8 mestgunar. konf. «Perspektivnye tehnologii, oborydovanie i analiticheskie sistemi dlya materialovedeniya i nanomaterialov». 9–10 maya 2011. P. 215-219.
- [6] Kyrmaeva F.A., Shabanova T.A. Elektronno-mikroskopicheskoe izychnenie rasseyanogo yglерodistogo veshstva mestonahozhdenii Kazagstana // Izvestiya AN KazSSR. Ser. geologicheskaya. 1988. N 2. P. 81-86.

Т. А. Шабанова, В. А. Глаголев, А. В. Фатчева

Геологиялық ғылымдар институты "ЖШС-ның атындағы К. И. Сатпаева", Алматы, Қазақстан

ГРАФИТ ГРАФАН/ГРАФЕН ТОПТАРЫН БІРІ

Аннотация. Көміртегі бөлшектердің (ТЕМ) электрондық микроскопиямен трансмиссиялық көріністерін, қазақстандық мысалында бұл қабілетті көміртегі көрсетілуге бөлшектің жаңқалану. Жергілікті мінсіз аймақтары "графит" құрылады. Ықтималдық облыстың қабыршақтануды жұмысында Білім беру схемасы келтірілген. Графит пайда болуы мүмкін жергілікті графан/графен бірі "графит" буып-түю мінсіз көміртегі топтары. Морфологиялық әдіспен растау суреттермен берілген және дифракция (ПЭМ). Осылайша пайда болды, мінсіз жасаушысыға углеродистого заттар тағы бір фаза құрылымдық қатары.

Түйін сөздер: көміртегі тектес бөлшектер, жіктелу, жергілікті қаптау.

Т. А. Шабанова, В. А. Глаголев, А. В. Фатчева

ТОО «Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева», Алматы, Қазақстан

ГРАФИТ ИЗ ГРАФАН/ГРАФЕНОВЫХ СЛОЁВ

Аннотация. Работа проводилась на примере углеродных частиц Казахстанских проявлений. Просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ) показано, что углеродные частицы способны расщепляться. В работе показан один из путей формирования графита. Приведена вероятная схема образования области расслоения. Графитовая упаковка может возникать из локальной «графитовой» упорядоченности графан/графеновых углеродных слоёв. Зоны «графитовой» упорядоченности образуются локально. Это подтверждается показанными морфологическими и дифракционными картинами (методом ПЭМ). Таким образом, появилась еще одна фаза упорядоченности углеродистого вещества, образующего структурный ряд.

Ключевые слова: углеродистые частицы, расслоение, локальная упаковка.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 20 – 29

UDC 550.343.6

N. V. Silacheva, U. K. Kulbaeva, N. A. Kravchenko

LLC "Institute of Seismology", Almaty, Kazakhstan.

E-mail: silacheva_nat@mail.ru

**PROBABILISTIC GENERAL SEISMIC ZONING
OF THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN
IN PEAK GROUND ACCELERATIONS**

Abstract. In Kazakhstan seismic hazard assessment is realized on a new methodical basis, combining domestic developments and advantages of the Western approach fixed in the Eurocode 8. The General Seismic Zoning Maps of the territory of the whole country are created. Seismic hazard was analyzed from a probabilistic point of view, and the results are presented not only in macroseismic intensities but also in quantitative parameters – peak ground accelerations. In the article we consider the main differences and advantages of the new probabilistic approach for the case of acceleration estimates, performed by the authors. The General Seismic Zoning Maps in terms of PGA are prepared for inclusion in normative documents for further use in socio-economic land-use planning and earthquake engineering.

Keywords: probabilistic seismic hazard assessment, peak ground acceleration, return periods of 475 and 2475 years.

Introduction. The general seismic zoning (GSZ) of the territory of the Republic of Kazakhstan was implemented for the first time on a new methodological basis, corresponding to the provisions of the European standards Eurocode 8 (EN 1998-1: 2004) "Design of structures for earthquake resistance" [1]. A set of probabilistic GSZ was prepared and developed in order to be included in regulatory documents. They show seismic hazard, both in macroseismic indices, and in quantitative parameters of ground shocks and peak accelerations. The work was carried out by the Institute of Seismology of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan with the participation of Kazakh Scientific and research institute of building and architecture and KDNTS IGI in 2013-2016 within the framework of the Scientific Research Program of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan "Develop a map of general seismic zoning of the territory of the Republic of Kazakhstan" (heads of research T. Abakanov and A. N. Lee).

The main feature of the new methodology is probabilistic analysis of seismic hazard and its mapping in engineering parameters. In addition to the modern approach, an updated database was used, which included all the information currently available - updated seismic catalogs, maps of zones of possible seismic focus, models of attenuation of ground vibrations. The modern software, which allows to take into account more accurately different information about seismicity, was used while executing the calculation part.

The developed set of GSZ maps includes 5 maps at a scale of 1: 2500000: a map of seismic-generating zones on the territory of Kazakhstan (seismotectonic model); two maps characterizing the seismic hazard of the territory in the average numbers of average geometric peak accelerations (in g fractions) of the rock and rock-like soils at two levels of probability of occurrence and possible exceeding of the seismic effect of 10% and 2% during 50-year time intervals respectively 475 and 2475); and two maps characterizing the seismic hazard of the territory with MSK-64 (K) scores of macroseismic intensity, also at two probability levels. The analysis of seismic hazard in accelerations and scores is carried out

independently. The maps are made for socio-economic planning of land use and earthquake-proof construction.

The created maps are the result of the work of several scientific teams and various aspects of their development will be reflected in the reports and publications. In this article, the authors stressed on the results of probabilistic analysis and seismic hazard mapping in peak ground acceleration (PGA).

Seismic intensity of the territory of Kazakhstan. Kazakhstan belongs to states where a significant part of the territory is seismically dangerous. 8-9-point zones are located in the south, southeast and east of the country. On the last normative map of the General seismic zoning of the Republic of Kazakhstan in 2003 [2] the areas with a seismic intensity of more than 5 points MSK-64 (K), where anti-seismic measures are mandatory, cover more than 30% of the territory. These are the most industrialized regions, with more than 400 residential areas, including the largest industrial and cultural center of the country - the city of Almaty with a population of more than 1.7 million people. At the end of the XIX - the beginning of the XX centuries the city was already exposed to the strongest North Tien Shan earthquakes (Verniyin 1887 with magnitude 7.2, Chilik in 1889 with magnitude 8.3, Keminskin 1911 with magnitude 8.2 (according to modern estimates 7.8 [3]), also repeatedly suffered from less strong earthquakes. The repetition of the strongest earthquakes near Almaty can lead to catastrophic destruction and large human casualties, which are caused not only by the strength of a possible earthquake, but also by the underestimation of the seismic hazard, selection of sites for construction and other factors.

On large areas lying within the platform areas (Kazakh shield, Turan plate, the Caspian basin, South Ural) 6-magnitude earthquakes are known, and in the Mangyshlak-Usturt region upheaval of 7 points can take place. Less strong earthquakes in the oil-producing western regions are associated with tectonic activation. The development of networks of seismological observations on most parts of the country led to a more reasonable approach to assessing the hazard in the previously considered aseismic regions of Kazakhstan.

The practice of seismic hazard assessment in Kazakhstan. The assessment of the level of seismic hazard in Kazakhstan was given, at first, by regulatory maps of general seismic zoning of the former Soviet Union (1937, 1957, 1968, and 1978) and then, by the map of the general seismic zoning of the Republic of Kazakhstan, developed in 2003 and included in the Building codes and regulations of the Republic of Kazakhstan in 2006 [2]. While drawing up the maps of 2003 extensive materials on the seismically active regions of Kazakhstan and adjacent territories were compiled, in some areas a significant reevaluation of seismic intensity was carried out, geological and geophysical and tectonic criteria for seismic hazards were developed and applied [4]. Macroseismic indicators of earthquake consequences - points on a scale of seismic intensity - were parameters on the maps. The map was calculated as deterministic, but was conditionally assigned to a period of recurrence of 1000 years.

The approach to hazard assessment and development of seismic zoning maps in different countries is not universal. The historically established practice is of great importance. In the USSR, seismic zoning, including hazard assessment, was originally developed by geologists, later by seismologists and geophysicists [5]. As a result, the main output parameter describing seismic impacts in many post-Soviet countries is macroseismic intensity. It cannot be directly used to calculate the behavior of buildings and structures during earthquakes. The conversion of scores into the quantitative parameters of ground shocks (acceleration and spectral curves) is made in building codes and regulations [2].

The USA and other Western countries, where seismic zoning was carried out from the very beginning under the aegis of construction engineers, are based on a more "engineering" approach, close to the needs of earthquake-proof construction and addressing the problems of reducing seismic risk. For many years, hazard mapping has been carried out there in the parameters of ground motions - mainly PGA and spectral acceleration. Other countries have their own peculiarities in methodology, charted parameters and the form of presentation of final results.

In the building codes of Kazakhstan, the intensity of seismic impacts in points until recently is the final parameter of the general, detailed and micro-zoning. At the same time, Kazakhstan seismologists already use ([6-8] and others) the procedure of probabilistic estimation of seismic hazard (RESH), which meets the modern requirements and scientific and methodological foundations of the European construction standard Eurocode 8. The developed methodology includes both domestic developments in the allocation and parametrization zones of possible centers of earthquakes, and the advantages of the Western engineering approach.

On the basis of this methodology, a probabilistic seismic hazard analysis for the entire territory of Kazakhstan in PGA has been performed and maps of the General Seismic Zoning of Kazakhstan (GSZ), in peak accelerations for return periods of 475 and 2475 years, have been compiled.

Probabilistic analysis of seismic hazard in peak ground accelerations. Seismic danger is the threat of occurrence of seismic impacts on the territory under consideration, i.e. the potential danger of earthquake-related phenomena - earthquakes, soil dilution, rupture on the surface. It depends on many parameters and requires research in the field of seismic zoning, which "is based on a detailed and comprehensive study of the deep structure of the earth's crust and lithosphere, modern geodynamics, regional seismic intensity, seismotectonics and engineering seismology. They include the identification of seismic active structures, the determination of the parameters of their seismic regime and the damping of the seismic effect generated by them with distance, and as a result - probabilistic calculation and mapping of seismic hazard "[9].

Hazard maps show the distribution of ground shock levels with a given probability of their occurrence (excess) in the territory under consideration. Maps created for the entire country are needed to create and update building regulatory documents that are used by national and local authorities to establish the building requirements necessary to preserve public safety in future earthquakes.

Approaches to the assessment of seismic hazard are divided into two groups: deterministic and probabilistic. In the deterministic analysis, the worst possible case is calculated. A maximum seismic effect is simulated at a point under a scenario controlling earthquake, which is specified by a specific size (magnitude) and the distance from the point. Simply, the following tasks are solved step by step: the closest and dangerous active fault is revealed; its seismic potential is determined (the strongest possible earthquake on it); the epicenter of this earthquake is set at the shortest distance from the fault to the point; the value of the extreme possible shock in the point is calculated. In the case of strategic facilities, this approach gives direct estimates of earthquakes in the worst-case scenario. However, it remains unclear what is the probability of exceeding the estimates received, or what is the probability of implementing such a scenario for any specific period of time (for example, during the operation of the facility). These questions can be solved within the framework of probabilistic analysis of seismic hazard (PASH) [10].

In probabilistic approach, seismic hazard is calculated from all earthquakes of all possible magnitudes at all significant distances from the site under consideration, taking into account their frequency of occurrence. The analysis can combine alternative models of earthquake centers, periods of earthquake recurrence, the dependence of the damping of the seismic effect on the distance, as well as a number of uncertainties due to both unclear knowledge of various parameters and the random nature of occurrence of the seismic events themselves [9]. With the Probabilistic evaluation, the calculation of ground shocks at a point (or grid of such points) for a given finite period of time (for example, during the operation of the facility) is performed. The output of the PASH is a danger curve showing the probability of exceeding a given level of ground shocks in a point for a specified period of time. In the case of a grid of points, we obtain an area distribution of ground shocks, that is, a map.

The results of PASH are best suited for the design of buildings and structures for performance characteristics, since they give the probability of exceeding different levels of the ground motion parameter for a given period of time. They are needed for civil engineers who are designing construction sites in seismically hazardous areas, performing their modernization or seismic reinforcement. Hazard mapping also helps solve economic and social problems to prevent or reduce damage to an acceptable level.

The procedure for the implementation of the PASH includes 4 main stages [11]:

1) The areas of possible earthquakes centers near the site are identified and characterized, which can be specified as areas with an equal probability of occurrence of earthquakes at any point inside them, and also in the form of linear centers with an equal probability of events along the line. The set of marked zones is called a model of seismic sources.

2) With the help of the earthquake catalog it is possible to calculate the number of earthquakes per year in each potential seismic focus (zone) within the boundaries of the model of earthquake centers. The distribution of the number of earthquakes by magnitude is characterized.

3) Ground shakes caused by earthquakes from earthquake centers of all possible magnitudes are calculated.

4) The probabilities that the given ground shaking levels will be exceeded for a specific period of time are estimated.

The procedure for performing PASH in peak accelerations, which we used, is presented in the block diagram (Figure 1).

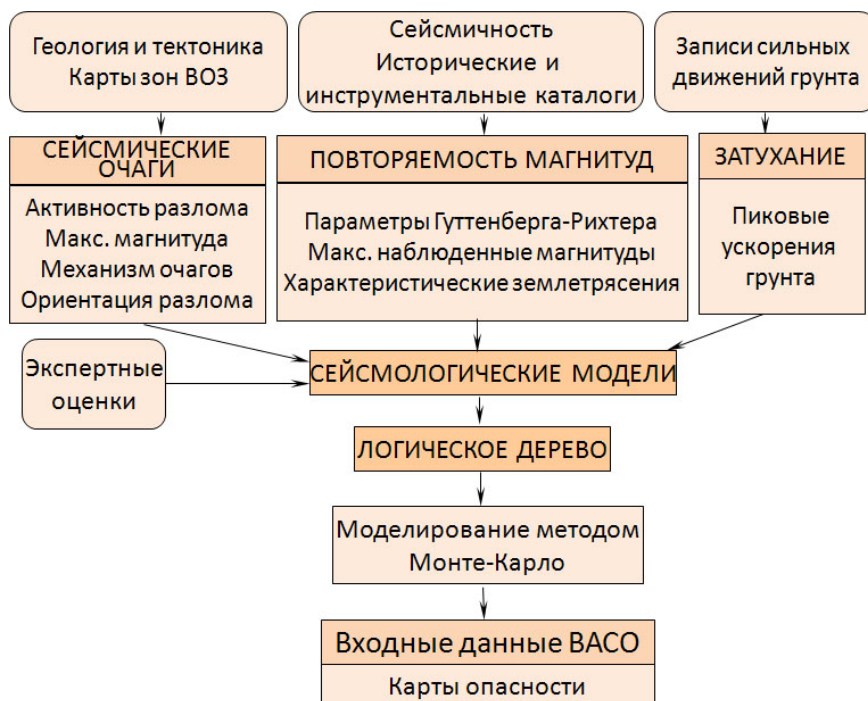


Figure 1 – Block diagram of probabilistic analysis of the seismic hazard of the territory of Kazakhstan in PGA

The model of seismogenerating zones of the territory of Kazakhstan was developed and modified with each new seismic zoning. It underwent a significant change in the direction of increasing seismic hazard when creating the 2003 OSR map of the Republic of Kazakhstan [2, 4], when large-scale studies on the generalization of materials in seismically active regions of Kazakhstan, seismogenerating structures were carried out on a complex of geophysical, geological and tectonic and seismological data and the establishment of their possible seismic potential. The development of networks with digital registration has given new data both in seismically active regions of Kazakhstan, and in those considered aseismic or weakly seismic. Seismic monitoring and methodological developments of the following years were reflected in the Map of Seismogenerating Zones of Kazakhstan and Adjacent Territories in 2012 [12].

In the course of the present seismic zoning, contours of the boundaries of the seismogenerating zones were also refined based on seismic monitoring data and interpretation of remote sensing data. Separate seismogenerating zones have been identified in some previously considered aseismic regions of Kazakhstan [13]. The detailed geometry of the zones reflects the geological features and the distribution pattern of the earthquake foci. The map of the seismogenerating zones of Kazakhstan used in the analysis is shown in the figure 2.

At PASH territory of Kazakhstan the model of seismic sources included 94 generalized seismic zones, completely or partially covered by a 250 km boundary around Kazakhstan. Each zone was specified by parameters such as: geometry, magnitude-frequency characteristics of seismicity, maximum magnitude, probable depth and expected orientation of the fracture. Since general seismic zoning was performed for a very large area, simplifications were made in the design of the model, in particular for each zone one maximum magnitude and one most probable depth were taken, and not their distribution. In cases of uncertain determination of the seismic potential, the zone was characterized by two magnitudes with their own weight coefficients. The spatial extent of the rupture for each earthquake within the seismic generation zone is estimated from the Wells and Coppersmith study [14].

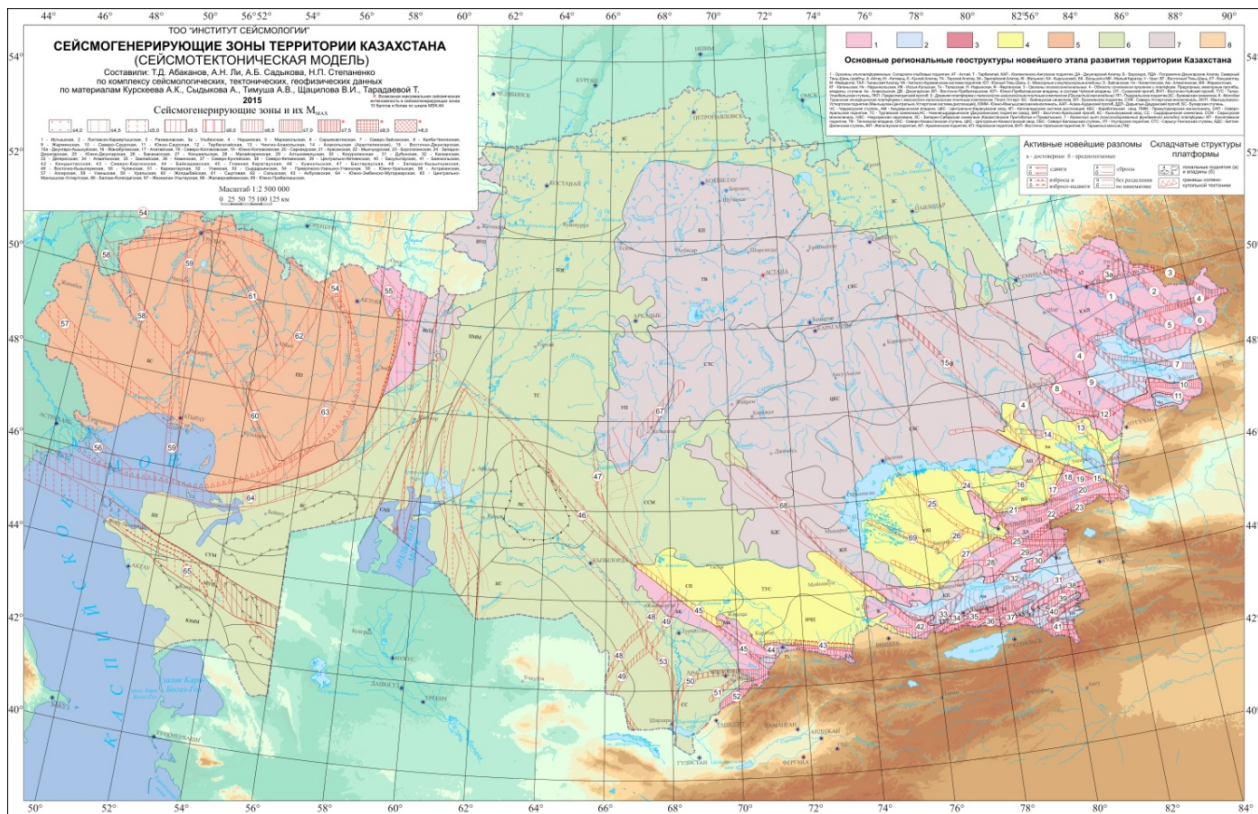


Figure 2 – Map of seismogenerating zones of the earth's crust of Kazakhstan [12]

To characterize the distribution of the number of earthquakes by magnitude, the parameters a and b were determined in the Gutenberg-Richter equation. The catalog of earthquakes for the territory encompassing the selected seismogenerating zones has been substantially supplemented and revised; First, it is reduced to the magnitude of the surface waves M_s , and then to the moment magnitude M_w ; Declassification of the catalog was carried out. The recalculation of M_s in M_w was performed according to the Scordilis (2006) [15]. As the minimum magnitude, $M_w 4.0$ is adopted, since smaller magnitudes do not represent an engineering interest and are beyond the scope of the recalculation dependence. For clarification, Gardner-Knopov's method [16], widely used in international practice, was chosen, for which the result of analysis of the Kazakhstan catalog declared by different methods was the best.

In determining the periods of representative catalog registration, the ZMAP software complex was used [17]. Estimates of the parameters a and b for the bands were performed using the maximum likelihood method (maximum curvature procedure). In addition, the program for calculating the parameters a and b used by the British Geological Survey was used, which is also based on the maximum likelihood method using the procedure proposed in [18]. The method allows to take into account the catalog of historical earthquakes as much as possible, believing that the data in different magnetic ranges will have different periods of representative registration.

In some zones, large earthquakes occur more often than would have been the case for logline extrapolation of the repetition schedules of weak and moderate earthquakes toward large magnitudes. Ulomov [19] explains the nature of this phenomenon by the processes of fault formation in a medium that increases its density, strength and dynamic characteristics with depth. Thus, the centers of large earthquakes (sometimes called characteristic ones), extending to great depths, give rise to other conditions, in comparison with smaller foci that occur closer to the earth's surface. For zones with characteristic earthquakes, parameters a and b were also calculated in a narrow band of magnitudes corresponding to these earthquakes. At the same time, the increase in the predicted seismic effect significantly increases for periods not less than the periods of recurrence of characteristic events. Examples of the obtained repeatability curves for zones with a normal seismic character and cases of characteristic magnitudes are shown in Figure 3.

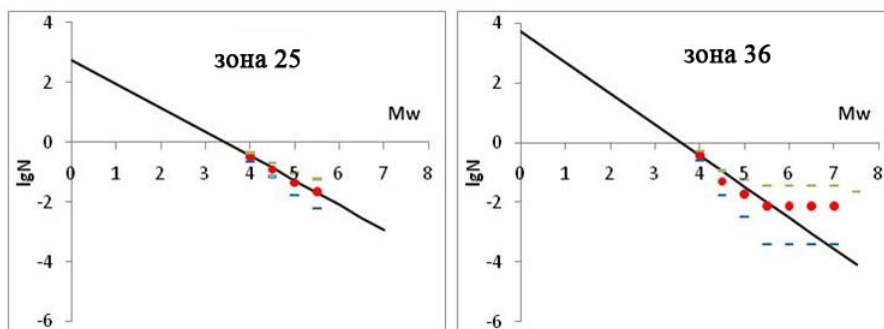


Figure 3 – Examples of repeatability graphs with good correspondence between the earthquake frequency of the approximating straight line (on the left) and the presence of characteristic earthquakes (right). Along the axis of abscissas values of magnitudes are plotted, along the ordinate axis – the decimal logarithms of the average annual number of the corresponding earthquakes

In the calculation of earthquakes, we used sets of attenuation models generated by us for the territories of Kazakhstan with different seismotectonic regimes on the basis of the criteria adopted in modern world practice. For independent modeling of soil motions in the whole range of magnitudes and distances of available regional data is not enough (even in high-seismic regions of Kazakhstan) due to the relatively short life of digital seismic networks and a small frequency of strong events [20].

As noted above, most of the earthquakes in Kazakhstan occur in zones with active bark (AR) in the seismic regions of the south, southeast and east of the republic. The central, northern and northwestern regions are characterized by a rather low level of natural crustal seismicity and can be attributed to a zone with a stable continental regime (SR). The events in the zone of the subduction boundary between the South Caspian microplate and the Eurasian plate - geographically in the transition zone from the South Caspian to the Middle Caspian and Ciscaucasia - can be attributed to earthquakes in subduction zones (NW) [21].

The main criteria for pre-selection are the reliability of the model, the ability to predict the entire range of magnitudes-distances-periods of interest, the use of parameters used in modern international practice. Further, in case of using world dependencies, models obtained from international, rather than from local data sets, are preferable. The functional form must have the desired characteristics, including saturation with magnitude, the distance dependence on magnitude and terms simulating the effects of inelastic damping. To adequately represent epistemic uncertainty, it is recommended to use models that show different trends if they are well supported by data. For different seismotectonic regimes, in turn, additional criteria are used to select the predictive models associated with the methods and characteristics of their production.

Selected forecast models for areas with shallow active bark were tested on the basis of the parameters of ground motions, namely regional data for peak accelerations and ground speed. The study made it possible to form a minimal set of models for use in assessing the seismic hazard of high seismic regions of Kazakhstan in peak soil accelerations. These are the models Akkar and Bommer (2010), Chiou and Youngs (2008), Boore and Atkinson (2008) / Atkinson and Boore (2011) and Campbell and Bozorgnia (2008). For stable continental areas, the selected models were tested on limited observational data. The set for use in the PASH includes models Pezeshket et al. (2011), Atkinson (2006) / Atkinson & Boore (2011), Silva et al. (2002) and Toro et al. (1997) / Toro (2002). Selected models for the prediction of earthquakes in the subduction zone earthquakes - Atkinson and Borre (2003) and Zhao et al. (2006) - were used without testing on regional data due to the absence of Kazakhstan seismic stations there.

The analysis was carried out for two levels of probability of occurrence and possible excess of seismic effect of 10% and 2% during 50-year time intervals, which corresponds to the periods of recurrence of 475 and 2475 years. The 50-year intervals correspond to the project lifetime of the objects of normal responsibility. Repeatability periods are adopted according to the recommendations of the ASCE7 Seismic Design Standard [22], as appropriate to the projected earthquake and the maximum estimated earthquake. These values are also associated with the limiting states in the seismic design, fixed in Eurocode 8 [1]: for objects of normal responsibility, the recurrence period of 475 years corresponds to the limiting state of the significant damage, and the period of 2475 years to the limiting state near destruction.

Thus, when assessing the seismic hazard in the peak acceleration of the soil, the following logical tree was adopted:

- 1) 1 seismotectonic model, including 94 seismic zones (focus)
- 2) 3 seismotectonic modes: AP, SR, NW
- 3) attenuation models:
 - 4 for AP - AkBo10, ChYo08, BoAt08', CaBo08
 - 4 for CP - PeEA2011, AtBo2006', SiEA02, ToEA97'
 - 2 for NW - AtBo03, ZhEA06.
- 4) two periods of recurrence of 475 and 2500 years

To carry out the calculation part, the M3C software [23] was used, which fully meets the modern requirements for performing the assessment in engineering parameters. The program allows you to calculate the probabilistic seismic hazard based on the Monte Carlo stochastic simulation method. The model of focal zones, fully describing the characteristics of seismicity in the territory under consideration, is used to generate artificial catalogs by the Monte Carlo method. Each such catalog gives an option of seismicity in the next 50 years, which is consistent with its character in the past. On the basis of a large number of simulations, the probabilities are calculated [23]. The advantage of the method is the possibility of introducing uncertainties into the input parameters as distribution functions with the observed average value and standard deviations, or a logical tree can be used. For each simulation, different values can be obtained from the distribution. The process of simulation of artificial catalogs can be controlled and used to verify the realism of the model. Disadvantage - the accuracy of estimates depends on the number of simulations, which significantly affects the calculation time. A great advantage of the program itself is the ability to take into account a number of additional parameters, including different types of distances and magnitudes, the extent and orientation of earthquake foci (rather than point ones) that were not envisaged by earlier software complexes.

Maps of general seismic zoning of the territory of Kazakhstan in peak soil acceleration. The developed NEO maps in mean values of root-mean-square peak ground accelerations correspond to the scientific and methodological foundations of Eurocode 8 and are harmonized with modern maps of the general seismic zoning of the countries belonging to the EurAsEC and the Customs Union. Maps in accelerations in the scale of 1: 2,500,000 are included in the main package of maps prepared for introduction to regulatory documents, and are accompanied by a list of settlements of the Republic of Kazakhstan located in seismic regions, indicating for them the predicted PGA values.

The hazard calculations are performed for the territory within 40-56° N lat. and 46-88° E. On the grid with an interval of 0.25° in both directions, which determines the spatial resolution of the cards. For each calculation point, the effect of seismic sources (zones) located within a radius of 250 km was taken into account, taking into account their seismotectonic regime. The isolines on the maps are drawn with an uneven step, chosen for the convenience of use by the builders, and correspond to the average calculated values of the rms peak accelerations in fractions, g: 0.02, 0.05, 0.075, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 and 0.9. These values are indicated on the isolines themselves, as well as in the legend, as the boundaries of the PGA intervals. Within the interval, the calculated values of the accelerations increase unevenly from the isoline with a lower value to an isoline with a larger one. Maps for the periods of recurrence of 475 years and 2475 years are presented in Figures 4 and 5 respectively.

The NEZ map of Kazakhstan in peak ground accelerations with a hazard level of 10% for 50 years (the period of recurrence of seismic shocks 475 years) predicts weak seismic impacts (PGA more than 0.02g) in almost half of the country. In the southern, southeastern and eastern regions, the values already range from 0.05 to 0.15g and higher. The maximum values of 0.5-0.6g here are expected to be obtained for the areas located to the southeast of Almaty, which corresponds to the location of the most seismically dangerous Kemin and North Kungei seismic generating zones. For Almaty, this period of recurrence is projected to average 0.4g (from 0.29g at the northern border to 0.48g on the southern border), in Taraz - 0.18g, Taldykorgan - 0.21g, Shymkent - 0.12g, Ust-Kamenogorsk - 0.11g. Areas of elevated values exceeding 0.05g appear in the eastern part of the Kazakh shield, due to the newly allocated Zhezkazgan-Ulytau seismic-generating zone with seismic potential 6.0, as well as in the Mangyshlak-Ustyurt elevation from the Central Mangyshlak-Ustyurt zone with M_{max} 5.4-5.8.

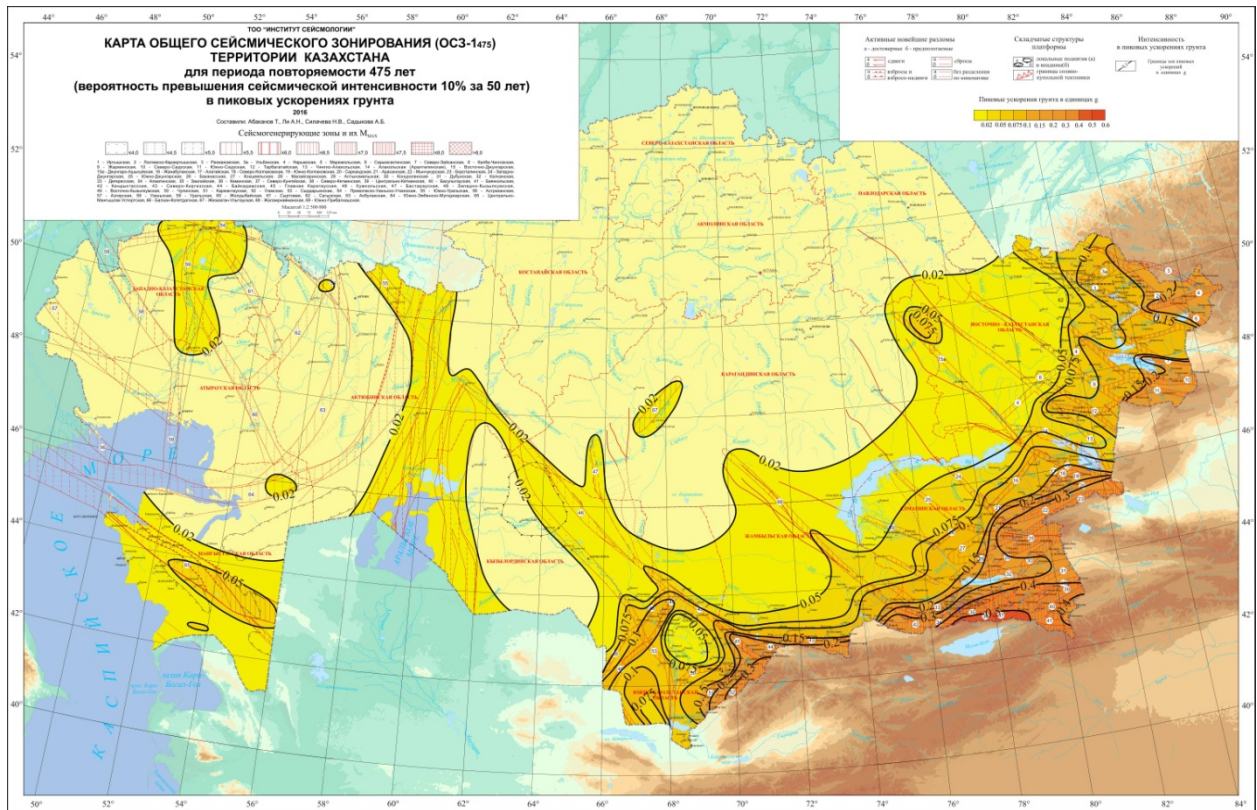


Figure 4 – Map of the general seismic zoning (NEO) of the territory of Kazakhstan for a period of recurrence of 475 years (probability of exceeding the seismic intensity of 10% for 50 years) in peak ground acceleration

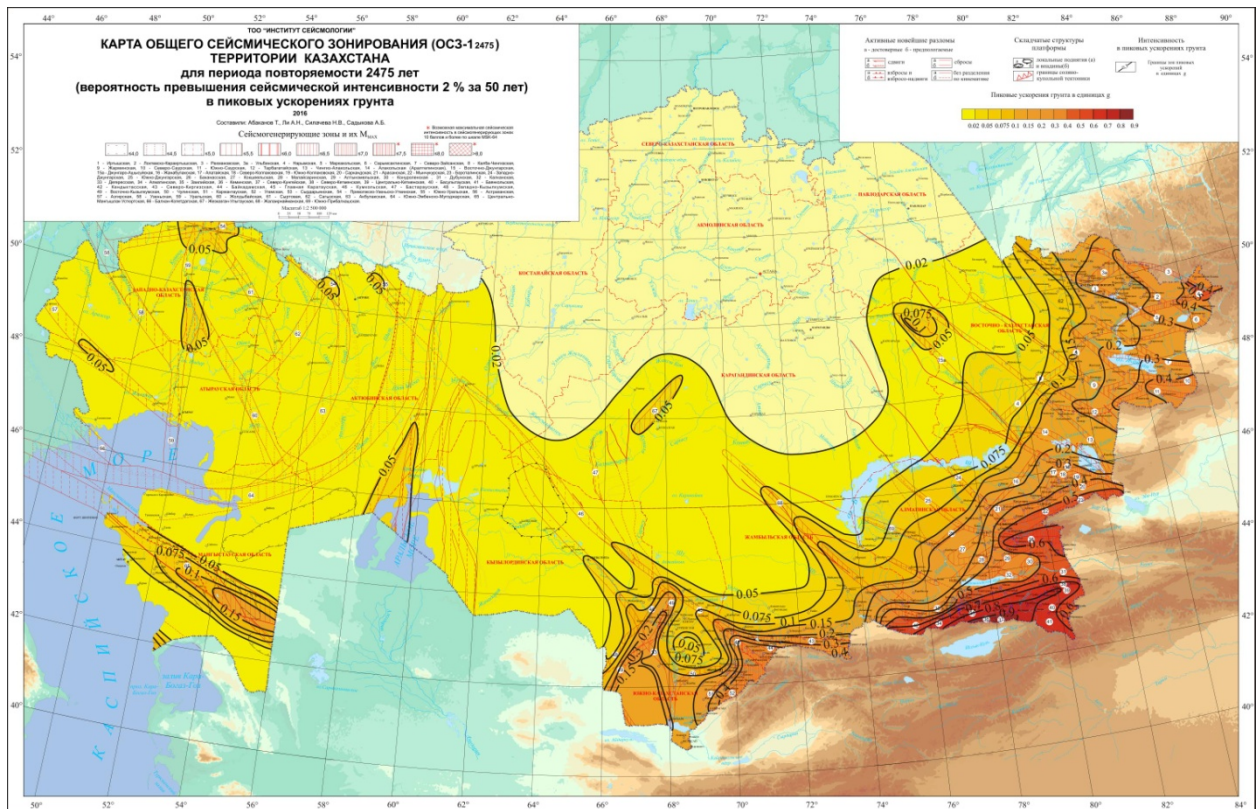


Figure 5 – Map of the general seismic zoning (NEO) of the territory of Kazakhstan for a period of recurrence of 2,475 years (probability of exceeding the seismic intensity of 2% over 50 years) in peak soil accelerations

On a map with a hazard level of 2% (a period of recurrence of 2475 years), the spatial distribution of the hazard becomes more pronounced. More than two-thirds of the territory lies within the 0.02g contour, the maximum magnitudes also correspond to the zones to the south of Almaty. Areas of elevated values exceeding 0.05g are additionally manifested in the Central Kazakhstan region due to the newly allocated Zhezkazgan-Ulytau seismic generating zones with $M_{max} = 6.0$, in the area of the North Aral uplift in the zone with $M_{max} = 5.5$ and in the Central Caspian basin, in the region zones with $M_{max} = 5.0$.

In general, the predictions are consistent with earlier deterministic estimates, with some increase in the level of predicted seismicity in areas where the volume of data on seismicity has increased significantly due to the emergence of new seismic stations and the allocation of new seismogenerating zones in the last decade.

Conclusion. In Kazakhstan, the seismic hazard assessment has been implemented and will be fixed in a fundamentally new methodology based on the provisions of Eurocode 8. Seismic danger of the whole country is analyzed from a probabilistic point of view, and the results are presented not only in the macroseismic indicators traditional in the post-Soviet space, but also in quantitative parameters of earthquakes - peak accelerations. In addition to the new approach, the database, which includes seismic catalogs, maps of zones of possible earthquake foci, models of damping of ground vibrations, was updated on the basis of modern methods, equipment and requirements for parameter representation. Catalogs and maps of seismogenerating zones include earthquakes from previously considered aseismic regions. For the first time, a multifaceted work was carried out to analyze, select according to international criteria and test predictive earth shake models for different seismotectonic conditions in Kazakhstan. When executing the calculation part, software that is recognized in international practice and that meets modern performance of the assessment in engineering parameters is used.

A set of maps of probabilistic seismic zoning of the territory of the Republic of Kazakhstan, including maps in soil accelerations for two levels of probability of 10% and 2% of their excess for 50 years was created. Maps will form the basis for an adequate assessment of seismic hazard and risk, rational land use, earthquake-proof construction and long-term socio-economic planning.

REFERENCES

- [1] BS EN 1998-1: 2004 Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2004.
- [2] SNiP RK 2.03-30-2006. Stroitelstvo v seismicheskikh rayonakh. Almaty, Kazakhstan, 2006. (in Russian)
- [3] Bindi, D., Parolai, S., Gómez-Capera, A., Locati, M., Kalmetyeva, Z., Mikhailova, N. (2014) Locations and magnitudes of earthquakes in Central Asia from seismic intensity data. *Journal of Seismology*, 18 (1):1-21. DOI: 10.1007/s10950-013-9392-1
- [4] Seismicheskoye rayonirovaniye Respubliki Kazakhstan / A.K. Kurskeyev. A.V. Timush. V.I.Shatsilov, A. Sadykov et al. Almaty. 2000. 220 p. (in Russian)
- [5] Metodika i printsipy provedeniya detalnogo seismicheskogo rayonirovaniya (dsr). 2012. URL: <http://do.znate.ru/docs/index-20562.html> (in Russian)
- [6] Abakanov T., Li A.N., Sadykova A.B., Stepanenko N.A., Silacheva N.V., Sadyrov R.K. (2013) Metodologiya razrabotki kart seismicheskogo rayonirovaniya seysmopasnykh territoriy Kazakhstana (na primere Vostochno-Kazakhstanskoy oblasti). Almaty. 128 p. (in Russian)
- [7] Silacheva N.V. (2010) Ob otsenke seismicheskoy opasnosti Almaty i Almatinskoy oblasti v pikovykh parametrah kolebaniy grunta // Proceedings of the 7th Kazakhstan-China International Almaty. 440-443. (in Russian)
- [8] Abakanov T., Li A.N., Timush A.V., Sydykov A., Nurmagambetov A., Sydykova A.B., Silacheva N.V., Stepanenko N.P., Taradayeva T.V., Poleshko N.N., Zhunusova A.Zh. (2011) Seismicheskoye rayonirovaniye Zhambylskoy oblasti / Proceedings of the 5th International Symposium, Bishkek. 1: 4-9. (in Russian)
- [9] Ulomov V.I., Shumilina L.S. (1999) Problemy seismicheskogo rayonirovaniya territorii Rossii. M. VNIINTPI Gosstroy Rossii. 56 p. (in Russian)
- [10] Silacheva, N., Mosca, I. (2015). Earthquake hazard assessment in Kazakhstan / Presentations of the International Conference on Earthquake Science and Hazard in Central Asia, Almaty, Kazakhstan. URL: <http://yessenovfoundation.org/science/research/>
- [11] Kramer, S. (1996) Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall, Washington. 653 p.
- [12] Timush A.V., Taradayeva T.V., Stepanenko N.A., Sadykova A.B., Sydykov A. (2012) Seismogeneriruyushchiye zony Kazakhstana. Almaty. 82 p. (in Russian)
- [13] Mukambayev A.S., Mikhaylova N.N. (2015) Seismicheskaya opasnost glavnogo Chingizskogo razloma dlya territorii semipalatinskogo ispytatelnogo poligona // NNC RK Bulletin. Almaty. P. 82-84.
- [14] Wells, D. L., Coppersmith, K. J. (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84: 974-1002.
- [15] Scordilis, E. M. (2006) Empirical global relations converting MS and mb to moment magnitude, *J. of Seism. P.* 225-236.
- [16] Gardner, J. K., Knopoff, L. (1974) Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian?, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 64(5): 1363-1367.

- [17] Wyss, M., Wiemer, S., Zuniga, R. (2001) ZMAP - a Tool for Analyses of Seismicity Patterns.
[18] Veneziano, D., Van Dycke, J. (1985) Seismic parameter estimation methods. EPRI/SOG.
[19] Ulomov V.I. (1974) Dinamika zemnoy kory Sredney Azii i prognoz zemletryaseniy. Tashkent: FAN. 218 p.
[20] Silacheva N. V. (2014) Katalogi parametrov kolebaniy grunta dlya seysmopasnykh rayonov Kazakhstana, News NAS RK. Алматы. 1: 60-69.
[21] Geodinamika i seysmichnost litosfery kaspyskogo regiona. Edited by B. C. Uzhkenov. Almaty, 2008. 350 p.
[22] Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ASCE/SEI 7-05 (2006), URL: <http://bookre.org/reader?file=609417>.
[23] Musson, R. (2009) PSHA using Monte Carlo simulation: M3C v3 User guide. Internal report IR/09/058, British Geological Survey. 31 p.

Н. В. Силачева, У. К. Кулбаева, Н. А. Кравченко

ЖШС “Сейсмология институты”, Алматы, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫН ТОПЫРАҚ ҮДЕУІНІҢ ЕҢ ЖОҒАРҒЫ ДЕНГЕЙІНДЕ ЫҚТИМАЛДЫҚПЕН ЖАЛПЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ АЙМАҚТАУ

Аннотация. Қазақстанда отандық атқарылған жұмыстармен бірге және Еурокод 8 арқылы бекітілген батыс тәсілдерінің артықшылықтарын үйлестіре отырып, сейсмикалық қауіпті жаңа әдістемелік негізде бағалау жүзеге асырылды. Еліміздің барлық аумағын Жалпы сейсмикалық аймақтау картасы жасалды. Сейсмикалық қауіп ықтималдық негізде талданды, және нәтижелері макросейсмикалық көрсеткіштерімен бірге, және топырақ тербелісі – үдеудің ең жоғарғы деңгейінде сандық параметрлермен көрсетілді. Мақалада орындаған авторлармен үдеудің ең жоғарғы деңгейін бағалаудағы жаңа ықтималдық әдістеменің негізгі ерекшеліктері және артықшылықтары қарастырылды. Жерді пайдаланудың әлеуметтік-экономикалық жоспарына және құрылыстың сейсмикалық беріктілігіне арналған Нормативті құжаттарға қосу үшін Қазақстан аумағын үдеумен Жалпы сейсмикалық аймақтау картасы дайындалып және жетілдіріліп ұсынылды.

Түйін сөздер: сейсмикалық қауіпті ықтималдықпен бағалау, топырақ үдеуінің ең жоғарғы деңгейі, қайталану кезеңдері 475 және 2475 жылдар.

Н. В. Силачева, У. К. Кулбаева, Н. А. Кравченко

ТОО “Институт сейсмологии”, Алматы, Казахстан

ВЕРОЯТНОСТНОЕ ОБЩЕЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА В ПИКОВЫХ УСКОРЕНИЯХ ГРУНТА

Аннотация. В Казахстане осуществлен переход к оценке сейсмической опасности на новой методической основе, сочетающий отечественные разработки и преимущества западного подхода, закрепленного в Еурокоде 8. Созданы карты Общего сейсмического зонирования территории всей страны. Сейсмическая опасность проанализирована с вероятностной точки зрения, и результаты представлены как в макросейсмических показателях, так и в количественных параметрах колебаний грунта – пиковых ускорениях. Рассмотрены основные отличия и преимущества нового вероятностного подхода для случая оценок в пиковых ускорениях, выполнявшихся авторами. Представлены разработанные и подготовленные для внесения в нормативные документы карты Общего сейсмического зонирования территории Казахстана в ускорениях, предназначенные для социально-экономического планирования землепользования и сейсмостойкого строительства.

Ключевые слова: вероятностная оценка сейсмической опасности, пиковые ускорения грунта, периоды повторения-мосты 475 и 2475 лет.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 30 – 35

UDC 007.3

F. V. Shestakov

LLC "OBIS", Almaty, Kazakhstan.

E-mail: feoshestacov@yandex.kz

CONDENSATION MINE WATERS

Abstract. Executed review of information on condensation mine waters over the past 65 years. It was noted that the creation of a new concept for the formation of condensate mines is a major scientific contribution to the theory of condensation of atmospheric moisture in mines and mines, analyzed research methods and techniques condensation of atmospheric moisture to the hygroscopic properties mine of rocks, it was noted that implementation in practice of the equipment and machinery created on the basis of a new concept, made it possible to significantly improve microclimate of mines and mines, where they approved, it is rational to use inexhaustible reserves of cold accumulated in the rocks and heat of condensation.

Keywords: a new concept formation of condensation mine waters, condensation of atmospheric humidity in mine air, heat power mass exchange, hygroscopicity and hygroscopic point, physical phenomena, determining the interaction of coexisting phases in the condensation of moisture and the opening of the frequency of the condensation process, Microclimate of mines and prospects of its management.

Introduction. Another type of condensation formations of nature are mine waters, which appear as a result of condensation in the mine air.

What do we understand by the term "condensation mine waters"?

Literally - this waters appearing in mines at the presence conditions promoting condensation of atmospheric moisture. It is known that when mining minerals miners often have to deal with various forms of water flows. This includes: ground and artesian waters, infiltration waters and etc. At the same time in mines and mines a special place, occupy condensation mine waters, brought to life by the direct intervention human in natural processes.

According to the definition, condensation mine waters - waters, periodically arising in mountain salt mine workings and karst caves from drops ("drops"), wet and moist spots and streams on the walls of the mines and the cameras. Such periodic mine water miners known as "ventilation brines."

Topicality raised problem is undeniable.

It is well known that further development of natural resources, fuel and energy will continue to be carried out by increasing the extraction of minerals.

Currently active develop extraction of non-metallic raw materials by underground method. Design and construction of new mines Upper Kama deposit of potassium ores, Satimol mine fields in Kazakhstan, Dekhanabad potash fertilizer plant in Uzbekistan. Mastering Gremyachin deposit - it the first in recent years implemented project development of a new potash mine in the CIS and Europe.

High rates of development of extraction of non-metallic raw materials by underground method make special demands to ensure efficient and safe mining production, most important condition for the realization of which are consideration of condensation processes, gas factors and climatic parameters of mine air.

In the conditions of transition to the market economy and especially in the context of real market relations, veracity forecast safety of mining works on gas and condensation factor acquires a specific economic meaning.

Neglect safety of mining operations on these indicators lead to major accidents, which cause damage owners of pit and mines. On the other hand, a systematic approach to this problem can reduce the like-

likelihood of accidents, but reliable forecast development of condensation processes and gas evolution can significantly reduce the estimated amount of air for ventilation of treatment and preparatory sites, that reduces the operating costs of the mine ventilation while maintaining a high level of safety of mining operations.

If among soil scientists and hydrogeologists still continue the endless debates and discussions about the importance of atmospheric moisture condensing in the various natural processes, in mines and mining mine waters for a long time causing significant damage, often accompanied by the death of people.

The appearance of mine (mine) waters is explained by the condensation of water vapor in places of intensive revenue ventilation air: in salt mines due hygroscopicity of salt and difference temperature of moisture ventilation air it goes into solution and forms brines. Condensation brines usually formed in the summer, when the moisture-laden warm air enters the colder underground workings.

Water created not only a problem in work, but also a real threat to life for miners, that even in the past centuries have moved inventors to create systems for pumping out and eliminating water danger.

At the same time the best scientific forces Russian Academy of Sciences were involved in combating this scourge. Passage chemisorption and condensation processes in caves and mines, embedded in increased hygroscopicity rocks (rock salt, potassium salt, soda, etc.), noted in the middle of the last century E.A. Maksimovich, E.V. Korotkevich, Yu. P. Eremenko, E.V. Beltukov and several other researchers [1-4].

The high rate of development potash industry in the second half of the 20th century, began to make special demands for the provision efficient and safe mining, the most important factor is the climatic parameters of mine air. Solubility of potassium salts and associated risk of penetration water and brines in underground workings require a thorough justification of the thermal and humidity regime of mine workings. In the warm season in the mining networks of potash mines water vapor condenses on the walls of the rock mass. Moisture, falling out in large quantities, forms an aggressive environment, which deteriorates working conditions, adversely affects the mining equipment, trucks, road surface, condensation mine waters cause flooding of excavations. Intensive corrosion and destruction of metal structures, slipping and ignition of raw conveyor belts on drive drums create a dangerous situation in the production.

In the 70s of the last century plight of the microclimate of mines the young scientist Boris Kazakov became interested for a long time and seriously then, later became lead researcher of the Perm National Research Polytechnic Institute.

Starting in 1971 with the study of the interaction of mine potassium salt and moisture, he thoroughly understood in a very complex mechanism interphase transformations atmospheric moisture of air into whole underground lakes of mine brines. Starting with a small, he developed a theory of microclimate formation of mines. After thirty years of searching, jewelry experiments, laboratory research brilliantly defended his doctoral thesis, he established a scientific school and with an aid of his disciples and associates, implemented his own designs at a number of mines [5].

What is the novelty of his theory? Having analyzed an extensive initial scientific and production information B.P. Kazakov established that amount of moisture, falling out of the ventilation air when moving it along the workings, traversed in rocks with hygroscopic properties is determined not by the distribution of the moisture conductivity potential in the massif, as described under mass transfer for evaporation from the walls of excavations in coal mines and low value of the partial pressures water vapors at the surface excavation, which is caused by high hygroscopicity and water solubility sawmills potash mines.

This discovery was the starting point in the study of the possibility of controlling condensation processes and microclimates of mines with a huge economic effect. B. P. Kazakov was based on the fact that the current enterprises have powerful thermal engineering systems for heating of atmospheric air, construction which constitute a significant cash costs and energy costs for heating and moving - up to 10–20 MW per year, which is almost 30% of the total costs of the mineral extraction [5-10].

In the warm period of the year, change in the microclimate results to significant increase in costs the maintenance of transport developments in operation and maintenance conditions of safe operation transport and equipment. The solution of these problems is possible with a wide use of practically inexhaustible natural reserves of cold atmosphere, energy of rocks and creation of economical, reliable and

highly effective resource-saving technologies for preparation of atmospheric and processing mine air for complex spatial ventilation networks.

Today, all these issues are scientifically developed not deep enough, far removed from use in practice, and therefore their decision acquires a special urgency and has great theoretical, economic and social significance.

Based on these fundamental provisions, B. P. Kazakov and his associates have developed means of normalization and climate control in the workings of potash mines with a decrease in energy costs for ventilation of mines, material and labor resources in the operation of workings and equipment mines based on development theory of heat and mass transfer and creation of resource-saving technologies for the preparation atmospheric and processing of mine air in the nodes of spatial ventilation networks [5-10].

And also realized an idea about complex use of traditional and non-traditional sources energy to create energy-saving step control systems and climate control mines taking into account the peculiarities of the interaction processes ventilation flows during their movement along mountain mine with an energetically active medium of hygroscopic rocks.

On the basis of the above created a mathematical model of the original conjugated heat exchange between the flow of mine air and mountain massif for non-stationary cylindrical tasks, allowing to exclude when calculating the microclimate parameters of unsteady heat transfer coefficients, And use only the fundamental coefficients (thermal conductivity, thermal diffusivity, heat capacity).

Mathematical model proves the necessity of applying the new concept a step distribution of air treatment systems, with a spatial arrangement of heat and mass exchange modules in the nodes ventilation system taking into account characteristics of heat and mass transfer and migration of condensation on production of mines.

Also B. P. Kazakov had developed a unified mathematical model of the processes motion and mixing jets with different thermodynamic parameters and arbitrary arrangement their on relation transporting flow on the basis of turbulent heat and mass transfer taking into account their dynamic expansion and mutual influence during the motion combined flow in the air supplying trunks.

Details discussed processes moistening surfaces by condensation of moisture migration by output of mines with hygroscopic surfaces, taking into account daily and seasonal variations the partial pressure of water vapor in a binary mixture and the variable sorption activity of the surrounding rocks and principles of creating conditions for the accumulation of energy in stratified salt solutions and methods of artificial "pumping" of cold with allowance for turbulent convection based on the solution system of equations for a single-component fluid for weak convection in the framework of a second-order model [5-10].

Since the beginning active study of the causes formation condensation mines passed a little more than 65 years.

A large number of scientists and production workers (Isachenko V.N., Terekhov V.V., Sharov K.A.) paid great attention to directly study the mechanism of transformation of atmospheric moisture in mine condensation water, connecting in a single process heat and condensation [11, 12].

In the future, russian scientists (Kazakov B.P., Medvedev I.I., Shcherban, Dudar E.S., Vlasov D.V., Levin L.Yu. and many others) were developed scientific foundations of filtration diffusion methods for the prediction of gas evolution and condensation gas situations in mine workings, based on use fundamental laws of thermodynamics and physical chemistry, which significantly increased reliability forecast of occurring phenomena.

Now, when developing deposits of non-metallic minerals (especially potash and salt) an important place is given to studies of the interaction atmospheric moisture from injected air and mine rocks.

A detailed study influence the hygroscopicity rocks on the process of condensation moisture in mine ventilation system was made an assistant professor of Perm State University Elena Dudar [13-17].

Submitted to it by the results of numerical experiments and field observations allow fairly accurately assess the influence of the hygroscopicity rocks on activity of condensation processes, estimate the amount precipitating in the mine moisture and size of the condensation zone and also to find out some regularities of its formation.

Field observations at specific sites confirmed that during the warm season occurs cooling of outside air, entering in the ventilation network mine. In this case, water vapor contained in the air condenses, falling out in the form of moisture on the walls of the rock massif.

According to the survey noted that for small values of hygroscopic point falls a greater amount of moisture, up to 12000 tons, with a constant condensation zone size equal to 5 km [17].

Condensation can take place in any ventilated underground structures, wells, voids, but to the greatest extent it is characteristic of shallow potash mines, in which the process is intensified due to the high hygroscopicity of the rocks. Moisture and salt form an aggressive environment that adversely affects mine equipment, it reduces the load-bearing capacity of pillars, leading to flooding of mine workings. In conditions of increased hygroscopicity of rocks, air treatment is necessary, to reduce or completely eliminate the loss of moisture from the air [14-16].

It was found that on this problem in related sciences have certain developments [18, 19]. The point of view of these scientists is based on the fact that physico-chemical properties of thin liquid layers are substantially different from its properties in the bulk phase.

It is believed that in the case of the system "solid - water" impact surface phase section on the structure of a liquid can be transferred from layer to layer by a certain chain mechanism so that forms a continuous series of transition states from the crystal lattice to the saturated solution [19].

Thus, on hygroscopic surface will form a saturated solution salts with variable concentration. And if the law of Raul partial vapor pressure above the solution always less than over the pure solvent, over the adsorbed layer, it will be even less, which leads to the intensification of the process of moisture absorption from the air [18].

The model of "adsorbed layer" is more complicated, since in it, along with dilution saturated solution (condensation) takes into account simultaneously occurring dissolution of the solid phase. In this case, sorbed water is considered as a saturated salt solution with a constant at this temperature water vapor pressure above it.

Thus, humidification salts occurs when partial pressure water vapor in the surrounding atmosphere more vapor pressure over a saturated solution same salt at the same temperature [18].

Taking into account quantitatively hygroscopicity through the critical relative humidity (hygroscopic point), that is the humidity at which moisture begins to fall out from the air.

To assess this effect hygroscopicity rocks on the process of condensation, a model problem was considered in which mine network was modeled by system of parallel excavations.

The observed phenomenon of multiple condensation of atmospheric moisture when the corresponding conditions arise universal nature.

Studies E. Dudar showed that hygroscopicity of the rocks has a significant effect on the process of condensation.

In his studies in the Red Cave near Simferopol, V.N. Dublyanskii repeatedly observed inside daily recurrence of condensation an average of 15 times per day and N.F. Lukin discovered this phenomenon when studying condensation in soil, where this process was repeated more than twenty times a day.

In the seven-year experiment hydrogeologists of the Yalta expedition with scrap material of 22 cubic meters they received 12 liters per day of condensate water, and the process was resumed only on the third day. Studies of this process were, unfortunately, interrupted in connection with the restructuring of the termination of funding.

For consideration problems of mine waters are of great interest for implementation in practice of the field development plan for scientific research and recommendations L.Yu. Levin [20, 21].

His proposals are as follows. During the summer period, air-heater systems existing with each air-discharge barrel can be used for cooling and dehumidifying air. The principle operation of such plants is supply of a cooled coolant to the tubes of air heaters, where moist air, in contact with the cold walls of the tubes, is subjected to drying and cooling. Cold brine or another coolant from the pickle of refrigerant through the filter is fed to the heat exchanger. In air heater pump unit is fed into this circulating chilled water ring. Dehumidified air after coolers for air heater channel enters into the barrel where it is mixed with the untreated part of the air. The advantages of this method are a minimum reconstruction of the air heater and its use throughout the year.

A special feature of the calculation heat exchangers working on air cooling is the generation of heat during the condensation of water vapor, which goes for additional heating water.

The mathematical description of air dehumidification in air-conditioning units was used to create a program for calorimeter setting in the summer, which allows to predict the basic operation of plants, that

is an air temperature and refrigerant at the outlet from the heat exchangers apparatus, critical air temperature and amount of moisture released at the same time.

It should be borne in mind that the heating systems of the air supply shafts using gas heat generators, developed on the basis of three-dimensional numerical modeling of air flows, taking into account the individual aerodynamic features of the surface complex and providing the operation of heat exchanging equipment under conditions of condensation mode of heat exchange at the maximum coefficient use of fuel.

As a rule, in existing air conditioning systems, atmospheric air is heated in air-conditioning units, the heat carrier in which is superheated water from heat networks. Heat losses during transport of coolant and the heated air moving air heater in such installations is 30-50%. Therefore, recently, during the reconstruction of heating systems of shafts, a great interest is caused by technological schemes for heating atmospheric air with using gas heaters, which is due to relatively low operating costs, minimal losses of thermal energy and high efficiency use of fuel [20, 21].

Summarizing, it is worth noting that the deterioration of the ecological situation in many deposits of potassium salts and safe working conditions requires more vigorous efforts to eliminate negative phenomena and their consequences, as well as rapid adoption of measures to create reliable means of protecting the environment from man-made impacts.

In many respects, deterioration of the ecological situation is facilitated by the formation of condensate mine waters, which are the destroyers of the pillars, walls and roof, etc. Consequently, solution of the problem ensuring environmental safety and prevention necessitates a special approach for solution.

These problems, as a rule, require practical actions and are not solved using only mathematical analysis. The urgency of the same problem, is caused both by extreme vulnerability from man-caused factors of one of the most important natural resources and the large-scale consequences of such especially hard-to-eradicate groundwaters.

Developed on the basis of new scientific concept of the formation of condensation mine waters recommendations have social and environmental benefits, can give great savings. They should be introduced at mines and mines in the CIS, in particular in Kazakhstan, for example, in fields of the type Satimola.

REFERENCES

- [1] Dictionary of Hydrogeology and Engineering Geology / Compiled by A.A. Makkaveev, editor O. K. Lange. M.: Gostop-
tekhizdat, 1961.
- [2] Korotkevich G.V. Karst and fissured-karst waters in the North Urals: Abstract of the dissertation: Dis. ... cand. Geol.-
miner. sciences. L., 1949. 22 p.
- [3] Korotkevich G.V. Salt karst. L., 1970. 256 p.
- [4] Maksimovich G.A., Beltiukov G.V. Formation and migration of condensation brines in the mine workings of potash
mines // In Sat. Geology and hydrogeology of salt deposits. L., 1972. 262 p.
- [5] Kazakov B.P. Formation and normalization of the microclimate of underground mines in the development of deposits of
potassium salts: Author's abstract of thesis: Dis. ... doct. tech. sciences. Perm, 2001. 47 p.
- [6] Kazakov B.P., Dudar E.S. Determination of the intensity of moisture condensation in potash mines by the engineering
method, Dep. VNIIS. 1987. № 7590.
- [7] Kazakov B.P., Dudar E.V. About a choice of mathematical model of condensation of a moisture in potash mines //
Research in the field of air dedusting: interuniversity. Sat. Sci. Tr. - Perm: Publishing house of the PPI. 1986. P. 31-35.
- [8] Kazakov B.P., Krasnopogin A.Y. To the question about mechanism of the interaction of the flowing potash dioxide with
the air moisture // Collection of Scientific Proceedings of the PIP № 104, 1971. P. 135-139.
- [9] Kazakov B.P. Research of processes of dust suppression in potash mines by air conditioning: Dis cand. tech.
sciences. Perm, 1973. 215 p.
- [10] Kazakov B.P., Dudar E.S. Statement of the boundary-value problem of heat and mass transfer in the mines of potash
mines // Dep. VNIIS. 1986. № 6265.
- [11] Isachenko V.I. Heat transfer during condensation. M.: Energia, 1977. 240 p.
- [12] Terekhov V.V., Sharov K.A. Heat and mass transfer in the condensation of water vapor from moist air // IFZh. 1998.
7.1, N 5. P. 788-794.
- [13] Vlasov D.V. Forecast of aerodynamic processes in the excavation chambers in the extraction of gypsum and potash
ore: Abstract. ... cand. tech. sciences. Thula, 2012.
- [14] Dudar E.S. Investigation of the processes of heat and mass transfer in potash mines and condensation of moisture in the
mine ventilation network: Author's abstract. ... cand. tech. sciences. Thula, 2011.
- [15] Dudar E.S. Features of formation and calculation of hydrothermal regime workings of potash mines // Vestnik MSTU
named after G.I. Nosov. 2009. N 4. P. 10-14.

- [16] Dudar E.S. Influence of the hygroscopicity of rocks on the process of moisture condensation in the mine ventilation network // Mining information analytical bulletin. 2011. N 3. 202 p.
- [17] Medvedev I.I. Ventilation of potash mines. M.: Nedra, 1970. 204 p.
- [18] Kuvshnikov I.M. Mineral fertilizers and salts: properties and ways to improve them. M.: Chemistry, 1987. 256 p.
- [19] Tikhonovich H.A. Study of the hygroscopic properties of mineral salts and fertilizers: Author's abstract. ... cand. chem. sciences. M., 1973. 18 p.
- [20] Levin L.Yu. Research and development of energy-saving air conditioning systems for mines: Author's abstract. ... cand. tech. sciences. Perm, 2004.
- [21] Levin L.Yu. Theoretical and technological foundations of resource-saving air conditioning systems of mines: Author's abstract. ... doct. tech. sciences. Perm, 2010.

Ф. В. Шестаков

ЖШС "ОБИС", Алматы, Қазақстан

КОНДЕНСАЦИЯЛЫҚ КЕНІШ СУЫ

Аннотация. Мақалада соңғы 65 жылда конденсациялық кеніш сулары бойынша ақпараттық шолу жасалған. Конденсациялық кеніш суларын қалыптастырудың жаңа тұжырымдамасын құру кеніштер мен шахталарда атмосфералық ылғалдылық конденсациясы теориясына жасалған үлкен ғылыми үлес болып табылады, ылғал тартқыштық жыныстарын ескере отырып, атмосфералық ылғалдылықтың конденсациясын зерттеу әдістері мен тәсілдері талданған, жаңа тұжырымдаманың негізінде құрылған құралдар мен механизмдердің тәжірибесіне енгізу кеніштер мен шахталардың микроклиматын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік берді деп көрсетілген, онда олар тау жыныстарында және конденсация жылуында шоғырланған суықтың таусылмас қорлары тиімді пайдаланылған, мақұлданған.

Түйін сөздер: конденсациялық кеніш суын қалыптастырудың жаңа тұжырымдамасы, кеніш ауасындағы атмосфералық ылғалдылықтың конденсациясы, жылу энергиялық массалық алмасу, ылғал тартқыштық және ылғал жұтқыш нүкте, ылғалдың конденсациясы кезінде қолданыстағы кезеңдердің өзара әрекеттесуін және конденсациялық үдерістің қайталанушылығын ашуын анықтайтын физикалық құбылыс, кеніштердің микроклиматы және оны басқару келешегі.

Ф. В. Шестаков

ТОО "ОБИС", Алматы, Қазақстан

КОНДЕНСАЦИОННЫЕ РУДНИЧНЫЕ ВОДЫ

Аннотация. Выполнен обзор информации по конденсационным рудничным водам за последние 65 лет. Отмечено, что создание новой концепции формирования конденсационных рудничных вод является крупным научным вкладом в теорию конденсации атмосферной влаги на рудниках и шахтах, проанализированы методы и приемы исследований конденсации атмосферной влаги с учетом гигроскопичности рудничных пород, отмечено, что внедрение в практику оборудования и механизмов, созданных на основе новой концепции, позволило существенно улучшить микроклимат рудников и шахт, где они апробированы, рационально использовать неисчерпаемые запасы холода, аккумулируемого в горных породах и теплоту конденсации.

Ключевые слова: новая концепция формирования конденсационных рудничных вод, конденсация атмосферной влаги в рудничном воздухе, теплоэнергомассообмен, гигроскопичность и гигроскопическая точка, физические явления, определяющие взаимодействие сосуществующих фаз при конденсации влаги и открытие повторяемости конденсационного процесса, микроклимат рудников и перспективы его управлением.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 36 – 54

**G. K. Bekenova¹, A. V. Stepanov¹, A. V. Dolgopolova²,
R. Seltmann², V. L. Levin¹, A. O. Baisalova¹**

¹Satpaev Institute of Geological Sciences, Almaty, Kazakhstan,

²Natural History Museum, London, Great Britain.

E-mail: bekenova@mail.ru

FEATURES OF TITANIUM-BEARING MINERALS OF VERKHNEE ESPE RARE METAL DEPOSIT (EASTERN KAZAKHSTAN)

Abstract. Titanium mineralization, timed to magmatic and postmagmatic stages with description of occurrence, general appearance, physical properties and chemical composition of minerals: rutile, anatase, ilmenite and its varieties: pyrophanite and eandrewsite; columbite and its varieties; titanosilicates: narsarsukite, lorenzenite, neptunite, natrotitanite, minerals of astrophyllite group and bafertisite; as well as titanium-bearing minerals of pyrochlore group and fergusonite, is considered. Problems of the mineral formation in the high-temperature stage of alkali metasomatism, in which titanium manifests itself as a relatively active element, are discussed.

Key words: physical properties, chemical composition, titanium-bearing minerals, alkali metasomatism, Verkhnee Espe deposit.

УДК 549.1:54; 549.634.2; 549.655; 549.657

**Г. К. Бекенова¹, А. В. Степанов¹, А. В. Долгополова²,
R. Seltmann², В. Л. Левин¹, А. О. Байсалова¹**

¹Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

²Музей Естественной Истории, Лондон, Великобритания

ОСОБЕННОСТИ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ ВЕРХНЕЭСПИНСКОГО РЕДКОМЕТАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

Аннотация. Рассмотрена титановая минерализация, приуроченная магматическому и постмагматическому этапам, с описанием местонахождения, внешнего вида, физических свойств и химического состава минералов: рутила, анатаза, ильменита и его разновидностей: пирофанита и экандрюсита; колумбита и его разновидностей; титаносиликатов: нарсарсукита, лоренценита, нептунита, натротитанита, минералов группы астрофиллита и бафертисита; а также титансодержащих минералов группы пирохлора и фергусонита. Обсуждены вопросы их образования в высокотемпературную стадию щелочного метасоматоза, в которых титан проявляет себя, как относительно активный элемент.

Ключевые слова: физические свойства, химический состав, титансодержащие минералы, щелочной метасоматоз, Верхнеэспинское месторождение.

Введение. Верхнеэспинское месторождение является уникальным геохимическим, минералогическим, петрографическим объектом изучения процессов фенитизации и, связанного с ними, редкометального рудообразования [1-13 и др.]. В отличие от известных месторождений [14-19] для данного проявления характерны следующие особенности: приуроченность к малым интрузиям, представленным щелочными гранит-порфирами и гранофирами, что обусловило сравнительно кратковременное постмагматическое воздействие и небольшую мощность ореолов фенитизации; сложность тектонической обстановки местности, где частая смена направления и интенсивности тектонических напряжений влияла на взаимные наложения потоков флюидов и на перемещение летучих и легкоподвижных компонентов; относительно близповерхностные условия внедрившихся интрузий, что обусловило легкое «вскипание» и образование «потоков» выделявшихся компонентов; контрастность составов вмещающих пород с щелочно-гранитным материалом интрузии; приближение конечного продукта обычно к составу активной интрузии, обуславливающей эту фенитизацию [3]. Распределение полезных компонентов на месторождении от неравномерного до весьма неравномерного, однако, в пределах определенных блоков или даже типов оно может быть достаточно выдержанным. В отдельных телах и жилах содержания достигают: ZrO_2 до 20% и более, Nb_2O_5 до 1-2% и более, P_2O_5 и Y_2O_3 до 5-10% [2]. Минимальные концентрации редких элементов, в целом, по месторождению отмечаются в редкометальнозамещенных пегматитах и альбититах.

Титан на Верхнеэспинском месторождении не является главным элементом. Его содержание в щелочных гранитах незначительно. Элемент привнесён, в основном, из вмещающих пород. Участие титана во многих процессах даёт ценную информацию для расшифровки многих аспектов генезиса различных редкометальных проявлений на месторождении. Обнаружение редких титановых и титаносодержащих, в том числе, новых минералов подогревает интерес к рассмотрению на месторождении титановой минерализации.

Методы исследований титановых и титаносодержащих минералов. Химический состав минералов детально изучался методом электроннозондового микроанализа на JCSA 733 с применением энергодисперсионного спектрометра INCA ENERGY при ускоряющем напряжении 15 кВ, ток зонда 25 нА, сфокусированном (диаметр 1-2 мкм) зонде. В качестве образцов сравнения использованы: альбит (Na), MgO (Mg); Al_2O_3 (Al); SiO_2 (Si); адуляр (K); $CaSiO_3$ (Ca); TiO_2 (Ti); $Fe_2O_3 \cdot MnO$ (Fe, Mn), металлический (Zn); металлические Zn, V, Nb, Ta, Sn, U, Co (Zn, V, Nb, Ta, Sn, U, Co); ThO_2 (Th); SrF_2 (Sr); ZrO_2 (Zr); CaF_2 (F), $BaSO_4$ (Ba), $x(PO_4)$ (x - REE).

Детальное исследование химического состава титаносодержащих минералов пироклоровой группы проведено на рентгеноспектральном микроанализаторе Cameca SX-50 в Музее Естественной Истории (г. Лондон).

Химический состав и кристаллическая структура открытых на месторождении минералов: камараита, натротитанита и тарбагатаита были изучены в лаборатории университета Манитоба (Канада) на электроннозондовом микроанализаторе Cameca SX-100 с использованием кристалл-волновых спектрометров.

Рентгенодифрактометрический анализ выполнялся на дифрактометре ДРОН-2,0 с $Cu_{K\alpha}$ излучением, β -фильтром. Условия съемки дифрактограмм: ускоряющее напряжение - 35 кВ; ток анода - 20 мА; шкала: 2000 имп; постоянная времени 2 с; съемка Θ - 2Θ ; детектор 2 град/мин.

Для определения валентного состояния железа в составе минералов группы астрофиллита был использован метод мессбауэровской спектроскопии.

Титановая минерализация Верхнеэспинского месторождения. Основными минералами титана на месторождении являются рутил, ильменорутит, анатаз, ильменит и его разновидности: пирофанит и экандрюсит; титаносиликаты: нарсарсукит, лоренценит, нептунит, титанит и натротитанит, ифтисит, минералы группы астрофиллита, бафертисит, камараит, цзиньшацзянит; а также титаносодержащие минералы группы пироклора, фергусонит и др. [2-13]. Основными источниками титана на месторождении, очевидно, были диабазы, лампрофиры, габбродиориты и др. породы с относительно высоким содержанием элемента. Титановая минерализация наблюдается в местах контактов гранита с этими породами, а также в локальных местах самих гранитов и во вмещающих породах с высоким содержанием титана, железа и др. элементов.

Рутил на месторождении встречается в различных минеральных «нишах»: в криолите в виде плоских иголок, расположенных по спайным взаимно перекрещивающимся направлениям; в продуктах замещения титановых минералов: нарсарсукита [8] и/или астрофиллита. Тёмные кристаллики *брукита* имеют форму плоских удлиненных пластинок. Размеры зёрен перечисленных минералов чаще микроскопические, редко в длину достигают до 2 мм. *Анализ* обычно несколько крупнее. Минерал встречается в форме слегка удлиненных зёрен чаще голубоватого или желтоватого цвета. Все три оксида образуются в качестве продуктов замещения нарсарсукита. *Ильменорутил* характерен только для выходов пород, содержащих углеродистое вещество, где он также образуется в результате замещения нарсарсукита, но в отличие от других вариантов замещения, он обычно полностью выносится из объёма кристаллов исходного минерала нарсарсукита.

Ильменит в гранодиоритах и в породах основного и среднего состава встречается в виде мелких (редко превышающих несколько мм) уплощённых кристаллов. В пегматоидных образованиях он обычно образует крупные (до 8 см при толщине 1–1,5 см) таблитчатые кристаллы. Реже минерал встречается в продуктах замещения нарсарсукита. Изучение химического состава минерала из разных мест месторождения показало значительные вариации от собственно ильменита до крайних членов рядов замещения: экандрюсита и пирофанита (таблицы 1, 2). *Марганцевые и цинковые разновидности ильменита* встречаются в виде мелких (чаще менее 1 мм) уплощённых кристаллов. Относительно высокое содержание железа в минерале отмечается в образцах из интрузивов, не подвергшихся ещё глубокой постмагматической переработке (таблица 1, анализы 1-4), и из мест, близко примыкающих к дайкам основных пород, богатых титаном и железом (габбро, лампрофиры и др.) (анализы 5, 6).

Таблица 1 – Химический состав ильменита, мас. %
Table 1 – Chemical composition of ilmenite, wt. %

Минерал	Марганцевый ильменит				Цинк-марганцевый ильменит		Марганец-цинковый и цинк-марганцевый ильменит						Zn-Mn-ильменит
	Пегматоидное тело в интрузиве (обн. 61. ЮЗ Большого выхода)				Вблизи дайки лампрофиров (СЗ Большого выхода)		Жильное проявление (к востоку от Малого выхода)						
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nb ₂ O ₅	0,64	0,82	0,75	0,90	0,77	1,60	0,47	0,74	1,06	0,69	0,25	0,64	0,00
SiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
TiO ₂	54,83	54,78	52,95	55,73	53,61	53,23	54,33	55,48	53,97	52,67	52,01	51,23	54,19
MnO	6,28	7,45	8,29	8,02	5,20	5,55	8,84	8,11	8,94	10,41	10,63	12,62	10,59
FeO	38,27	36,51	35,32	33,00	35,56	30,52	35,01	28,33	25,18	23,93	20,29	19,30	19,84
ZnO	0,41	0,35	0,34	1,82	6,55	10,31	1,42	7,65	9,68	8,73	16,14	14,75	15,11
Σ	100,43	99,91	97,65	99,47	101,69	101,21	100,07	100,31	98,82	96,43	99,32	98,54	99,92
Количество в формуле в расчёте на O=3 ат.													
Nb ⁵⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Si ⁴⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti ⁴⁺	1,02	1,03	1,02	1,04	1,00	1,00	1,02	1,04	1,03	1,03	1,01	1,00	1,03
Mn ²⁺	0,13	0,16	0,18	0,17	0,11	0,12	0,19	0,17	0,19	0,23	0,23	0,28	0,23
Fe ²⁺	0,79	0,76	0,76	0,69	0,74	0,64	0,73	0,59	0,53	0,52	0,44	0,42	0,42
Zn ²⁺	0,01	0,01	0,01	0,03	0,12	0,19	0,03	0,14	0,18	0,17	0,31	0,28	0,28

Значительные вариации химического состава минерала от зерна к зерну (анализы 5, 6 и 7-12) и даже в пределах одного зерна с характерной «пятнистостью» (анализы 7, 8) (рисунок 1), указывают на широкое развитие ионообменных процессов. Содержание железа в образце минерала из пегматоидной жилы во вмещающей породе (анализ 13) уменьшается почти в два раза с одновременным

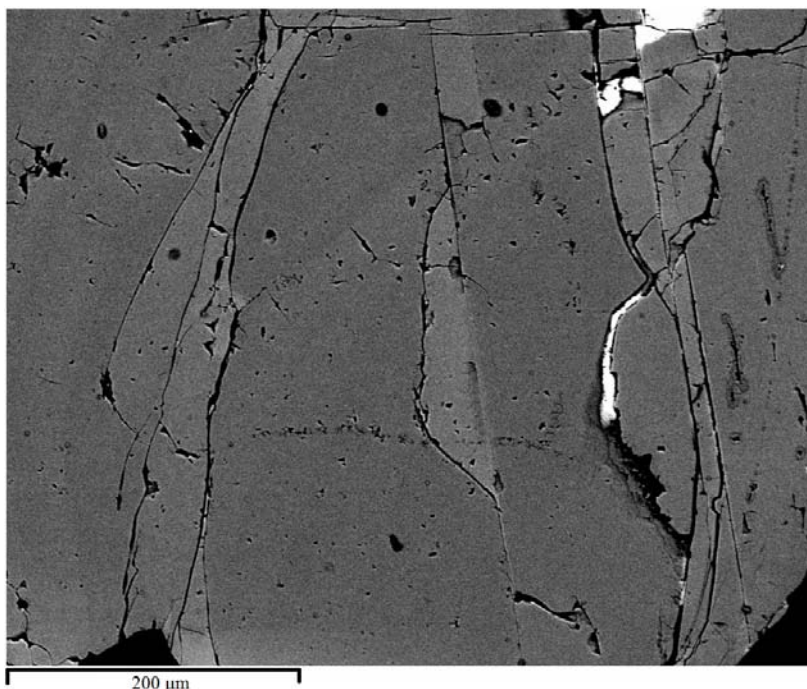


Рисунок 1 – Ильменит с низким (ZnO 1,42 мас. %) содержанием цинка (тёмно-серое) (таблица 1, анализ 7), с повышенным (ZnO 7,65 мас. %) содержанием цинка (серое) (анализ 8). Микроразмерные включения касситерита (белое). BEI

Figure 1 – Ilmenite with low (ZnO 1.42 wt. %) content of zinc (dark-grey) (table 1, analysis 7), with high (ZnO 7.65 wt. %) content of zinc (grey) (analysis 8). Micro-inclusions of cassiterite. BEI

ростом марганца и цинка. В составе ильменита отмечается незначительное содержание ниобия, замещающего титан.

Химический состав *титансодержащего касситерита*, находящегося в ассоциации с ильменитом в жильном проявлении (к востоку от Малого выхода) (рисунок 1), усредненный по 5 анализам (мас.%) следующий: TiO₂ 0,90; FeO 0,72; Nb₂O₅ 0,59; SnO₂ 97,37; Σ 99,58. Его рассчитанная кристаллохимическая формула имеет вид: (Sn_{0,96}Ti_{0,02}Fe_{0,01}Nb_{0,01})_{1,00}O_{2,00}.

Экандрюсит – цинковая разновидность ильменита, ранее был встречен А.В. Степановым в виде мелких зёрен в небольшом (0,5-0,6 м) рудном «столбе» интенсивной проработки флюидов вблизи 1-го рудного тела и дайки основных пород. Внешне минерал практически не отличался от ильменита и был выявлен первоначально рентгеновским анализом. Электроннозондовый микроанализ показывает вариации химического состава минерала (таблица 2, анализы 1-5). Марганцевая разновидность ильменита – *пирофанит* (таблица 2, анализ 6) встречается в ассоциации с эгирином, цирконом и микроклином вблизи 1-ого рудного тела (рисунок 2), а микровключения цинксодержащего пирофанита были обнаружены на 13-ом рудном теле в ассоциации с астрофиллитом и тарбагатаитом. Образование всех разновидностей ильменита характерно для зон с самой активной щелочной, существенно натриевой, проработкой.

Колумбит встречается сравнительно часто в шлихах разных мест месторождения; в коренных проявлениях редко в виде удлиненных непрозрачных пластинок чёрного цвета размером до 10x4x0, *n* мм, не образуя значительных скоплений. Изучен химический состав *титансодержащего колумбита* (таблица 3, анализы 1-4) из пегматоидной жилы в экзоконтакте Большого выхода и столбообразной крутопадающей зоны прорыва флюидов в щелочном граните, оставившего здесь обильную и разнообразную, преимущественно, редкоземельную тонковкрапленную минерализацию с характерными минералами: таленитом, флюоцеритом, роуландитом, иттрофлюоритом, фосфатами редких земель, фторкарбонатами и др. Титансодержащий колумбит из этого проявления отличается повышенным содержанием в своём составе иттрия и незначительным – урана. *Титансодержащий манганоколумбит* (анализ 5) был выявлен электроннозондовым микроанализом

Таблица 2 – Химический состав экандрыюсита и пирофанита, мас. %

Table 2 – Chemical composition of ecaandrewsite and pyrophanite, wt. %

Минерал	Экандрыюсит					Пирофанит
Место взятия	Небольшой (0,5–0,6 м) рудный «столб» интенсивной проработки флюидов, 1 рудное тело					Вблизи 1 рудного тела
Компоненты	1	2	3	4	5	6
Nb ₂ O ₅	0,36	0,39	0,78	0,09	0,00	0,00
SiO ₂	0,32	0,00	0,00	0,00	1,73	0,02
TiO ₂	53,14	50,47	50,26	51,33	51,54	50,81
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00
MnO	12,89	12,47	12,79	12,25	6,52	23,90
FeO	9,39	8,92	10,87	8,58	6,09	23,00
ZnO	26,46	26,74	22,83	25,17	33,92	1,06
Σ	102,69	98,99	97,53	97,42	100,25	98,85
Количество в формуле в расчёте на O=3 ат.						
Nb ⁵⁺	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Si ⁴⁺	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Ti ⁴⁺	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98
Al ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn ²⁺	0,27	0,28	0,29	0,27	0,14	0,52
Fe ²⁺	0,20	0,20	0,24	0,19	0,13	0,49
Zn ²⁺	0,49	0,52	0,45	0,49	0,64	0,02

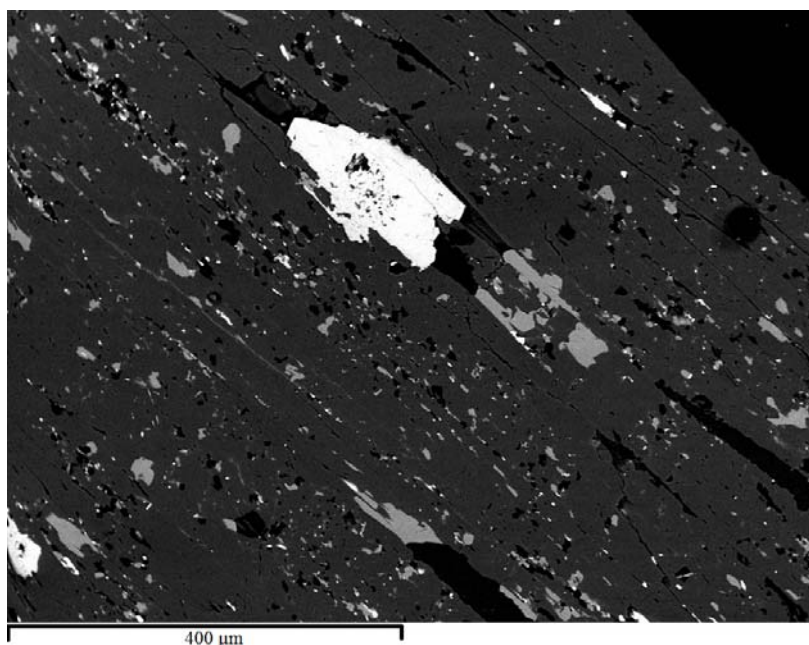


Рисунок 2 – Микровключения циркона (белое), пирофанита (серое) и микроклина (чёрное) в минерале-хозяине эгирине. BEI

Figure 2 – Micro-inclusions of zircon (white), pyrophanite (grey) and microcline (black) in the host mineral aegirine. BEI

Таблица 3 – Химический состав титаносодержащих колумбита и манганоколумбита, мас. %

Table 3 – Chemical composition of titanium-bearing columbite and manganocolumbite, wt. %

Минерал	Титаносодержащий колумбит				Титаносодержащий манганоколумбит
	Место взятия	Пегматоидное тело в интрузиве. 13 РТ		Место прорыва флюидов	ЮВ Малого выхода
Компоненты	1	2	3	4	5
Nb ₂ O ₅	60,98	73,46	74,33	72,67	68,38
Ta ₂ O ₅	0,66	0,00	0,00	3,10	0,00
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	2,43	0,00
TiO ₂	14,55	6,15	6,27	2,57	4,97
SiO ₂	0,39	0,00	0,00	1,33	2,14
UO ₂	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	2,08	3,26
Dy ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	1,17
MnO	8,87	8,87	8,94	7,92	16,92
FeO	16,69	11,87	11,99	11,50	3,38
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
Σ	102,14	100,35	101,53	104,53	100,68
Количество в формуле в расчёте на O=6 ат.					
Nb ⁵⁺	1,46	1,82	1,82	1,72	1,69
Ta ⁵⁺	0,01	0,00	0,00	0,04	
P ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,11	
Ti ⁴⁺	0,58	0,25	0,25	0,10	0,20
Si ⁴⁺	0,02	0,00	0,00	0,07	0,12
U ⁴⁺	0,00	0,00	0,00	0,01	
Y ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09
Dy ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Mn ²⁺	0,40	0,41	0,41	0,35	0,78
Fe ²⁺	0,74	0,54	0,54	0,50	0,15
Ca ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03

в виде микровключений в астрофиллите в ассоциации с пирофанитом и кварцем из юго-восточной части Малого выхода.

Титанит – акцессорный минерал, широко распространённый в гранодиоритах, диоритовых порфиритах, габбродиоритах, детально не исследовался.

Натротитанит (Na_{0,5}Y_{0,5})Ti(SiO₄)O был открыт на месторождении при изучении минерального состава фенитизированных пород в экзоконтакте выходов щелочных гранитов, а именно, в псевдоморфозах по нарсарсукиту [5, 7]. Минерал чаще полностью или частично заполняет объёмы бывших кристаллов нарсарсукита звездчатыми сростками желтых или желтовато-белых мелких призмочек. Электроннозондовый микроанализ показал, что он развивается как по периферии и по отдельным трещинкам натроиттросодержащего титанита в виде каёмок (рисунок 3), так и в виде самостоятельных зёрен в ассоциации с эльпидитом и флюоритом [5]. Иногда в псевдоморфозах в центральных частях звездчатых образований можно видеть скопления мелких зёрен рутила, но неясно, развивается он по натротитаниту или наоборот.

Ассоциирующие с натротитанитом минералы: микроклин, альбит, кварц, рибекит, эгирин, биотит, астрофиллит, рутил, циркон, флюорит, иттрофлюорит, эльпидит и др. Цвет минерала молочно-белый до желтовато-серого, черта белая, стеклянный блеск. Усреднённый химический

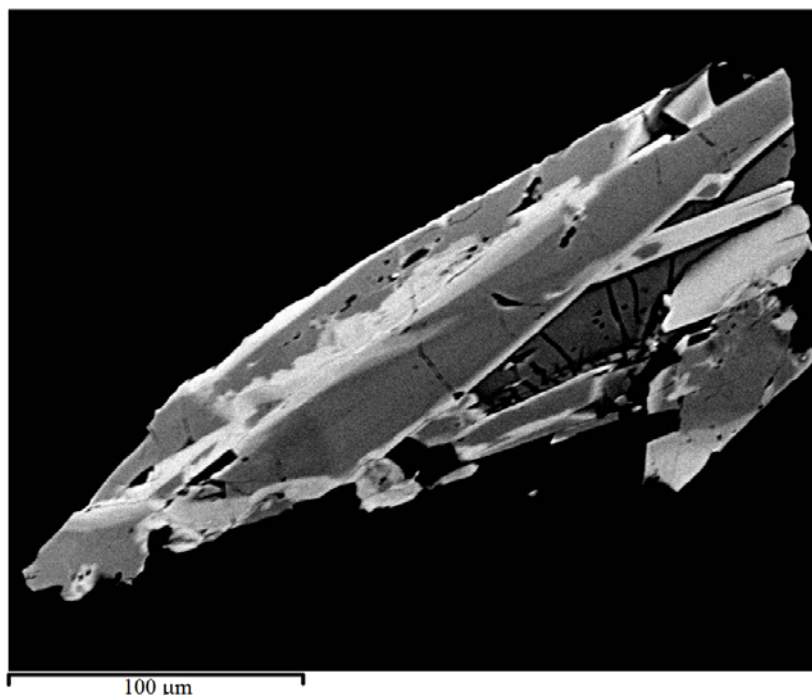
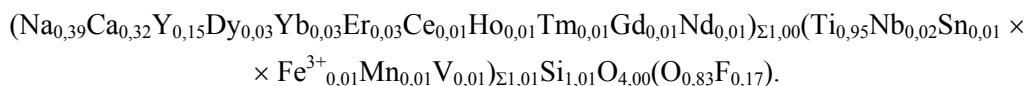


Рисунок 3 - Фрагмент агрегата: натротитанит (белое) и натроиттросодержащий титанит (серое) с иттрофлюоритом (тёмно-серое). BEI

Figure 3 – Fragment of an aggregate: natrotitanite (white) and (Na,Y,REE)-bearing titanite (grey) with yttrifluorite (dark-grey). BEI

состав натротитанита (мас. %): Nb₂O₅ 1,28; SiO₂ 27,83; TiO₂ 35,00; SnO₂ 0,57; V₂O₃ 0,36; Fe₂O₃ 0,23; Y₂O₃ 7,87; Ce₂O₃ 0,83; Sm₂O₃ 0,26; Gd₂O₃ 0,46; Tb₂O₃ 0,17; Dy₂O₃ 2,45; Ho₂O₃ 0,16; Er₂O₃ 2,24; Tm₂O₃ 0,50; Yb₂O₃ 2,53; Nd₂O₃ 0,35; Lu₂O₃ 0,28; MnO 0,33; CaO 8,16; Na₂O 5,55; F 1,52 O:F -0,64; Σ 98,71.

Эмпирическая формула, рассчитанная на 3 катиона, имеет вид:



Упрощённая: (Na,Ca,Y,REE)TiSiO₄(O,F) и конечная формула ряда: (Na_{0,5}Y_{0,5})Ti(SiO₄)O.

Минерал кристаллизуется в моноклинной сингонии, пространственная группа C2/c, параметры элементарной ячейки: $a = 6,5691(2)$, $b = 8,6869(3)$, $c = 7,0924(2)$ Å, $\beta = 114,1269(4)^\circ$, $V = 369,4(2)$ Å³, $Z = 4$. Семь сильных рефлексов порошковой дифрактограммы [d (Å); I , (hkl): 2,597; 10, (130); 3,248; 8, (11 $\bar{2}$); 2,994; 6, (200); 1,641; 4, (330); 4,941; 3, (110); 1,498; 3, (400); 2,273; 3, (11 $\bar{3}$)] [7].

Реликты разной степени замещенного нарсарсукита на месторождении были встречены в фенитизированных участках экзоконтактов выходов щелочных гранитов, в пегматоидных жилах и в участках активной альбитизации. Собственно *нарсарсукит* Na₂Ti(Si₄O₁₀) сохранившийся до наших дней был выявлен А. В. Степановым в 80-ые годы прошлого столетия в блоке неполностью замещенной фенитизированной породы на площади 1х3 м в 1-ом рудном теле на месте тектонического срыва, возможно, перекрывшего временно подачу активных флюидов. Минерал образует чаще всего однообразные простые кристаллы по форме напоминающие квадратные «кирпичики» до 3 см, представляющие собой комбинацию тетрагональной призмы с пинакоидом и реже сростки, не имеющие определенной формы [8]. Ранее на месторождении в некоторых пегматоидных телах Большого выхода А. В. Степановым были встречены останцы кристаллов уже замещённого минерала, достигающие до 10 см и выше. Нарсарсукит в пегматитах, по-видимому, был более однородным, без включений. В фенитах, в полном развитии метакристаллы нарсарсукита обычно не содержат включений посторонних минералов. В процессе роста минерал «раздвигал» окружающее его пространство, оттесняя другие минералы. Однако, изредка встречаются и такие метакристаллы,

в центральной части которых содержится очень много включений микроклина, альбита, кварца, эгирина, рибекита или арфведсонита, циркона, пироклора и др. минералов. На поверхности кристаллов, особенно на базальных гранях и вдоль спайных и других трещинок, залеченных кварцем, наблюдаются мелкие вросшие и/или наросшие листочки астрофиллита. Астрофиллит здесь обычно ассоциирует только с нарсарсукитом и во вмещающей породе не наблюдается.

Химический состав бледно-желтоватых образцов нарсарсукиста из фенитизированных пород (1 рудное тело) представлен в таблице 4 (рисунок 4). В составе изученного минерала постоянно присутствуют фтор, алюминий, цирконий и железо [8]. Соотношение главных компонентов несколько отклоняется от стехиометрических значений. Так, в ряде анализов отчетливо виден некоторый избыток кремния и недостаток натрия. Содержание титана также ниже расчётного. Видимо, он может частично замещаться по схемам: $Ti \rightarrow Zr$, $Ti \rightarrow Fe$ и частично выноситься. Избыток кремния и одновременный недостаток натрия, возможно, обусловлен частичным (начальная стадия) разложением минерала без видимых изменений зёрен под оптическим микроскопом. Низкое значение суммы можно, частично, отнести присутствию лития, содержание которого не проверялось. В составе минерала нередко отмечалось незначительное (не более 1%) содержание олова.

Таблица 4 – Химический состав нарсарсукиста, (мас.%)

Table 4 – Chemical composition of narsarsukite, wt. %

Компоненты/анализ	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	60,17	59,53	59,07	60,30	59,40	59,64	59,72
TiO ₂	14,67	14,19	14,58	14,84	14,88	14,79	14,38
ZrO ₂	0,56	0,97	1,61	1,24	0,96	0,93	0,87
Al ₂ O ₃	0,81	0,70	0,90	0,65	0,65	0,84	0,76
Fe ₂ O ₃	3,68	4,15	3,68	3,59	3,35	3,55	3,99
Na ₂ O	14,53	14,57	14,22	14,48	13,86	14,55	14,41
F	1,54	1,78	1,79	1,79	1,52	1,70	1,12
Σ	95,96	95,89	95,84	96,88	94,63	96,01	95,24
Количество в формуле в расчёте на Al+Si=4 ат.							
Si	3,94	3,95	3,93	3,95	3,95	3,93	3,94
Ti	0,72	0,71	0,73	0,73	0,74	0,73	0,71
Zr	0,02	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
Al	0,06	0,05	0,07	0,05	0,05	0,07	0,06
Fe	0,18	0,21	0,18	0,18	0,17	0,18	0,20
Na	1,84	1,87	1,83	1,84	1,79	1,86	1,84
F	0,32	0,37	0,38	0,37	0,32	0,35	0,23

Нередко зерна минерала испещрены многочисленными заполненными трещинками, проходящими как по спайным, так и секущим направлениям. В первом случае, полости разрывов широкие (до 50 мкм) и параллельные в виде «каналов», которые заполнены неустойчивой, разлагающейся под воздействием электронного луча, фазой с приблизительным составом (мас. %): Al₂O₃ 0,48; SiO₂ 12,32; CaO 0,85; TiO₂ 27,53; V₂O₅ 0,11; Fe₂O₃ 2,92; ZnO 0,89; Y₂O₃ 4,54; ZrO₂ 3,83; La₂O₃ 0,37; Dy₂O₃ 1,54; Er₂O₃ 1,27; Yb₂O₃ 1,21; PbO 4,29; Σ 62,16 мас. %. Из-за малых размеров не представляется возможным детальное изучение заполнений трещинок.

Считается, что нарсарсукист – хороший ионообменник со способностью варьировать по содержанию примесных элементов, таких как железо, тантал, ниобий, ванадий и, возможно, литий.

Рентгеновская дифрактограмма отобранного образца нарсарсукиста из 1-ого рудного тела Верхнеэспинского месторождения с примесью кварца (5%) и альбита (1%) идентична таковой эталонного образца. Вычисленные параметры элементарной ячейки минерала тетрагональной сингонии: $a=10,721(3) \text{ \AA}$; $c=7,957(4) \text{ \AA}$; $V=914(1) \text{ \AA}^3$ [8].

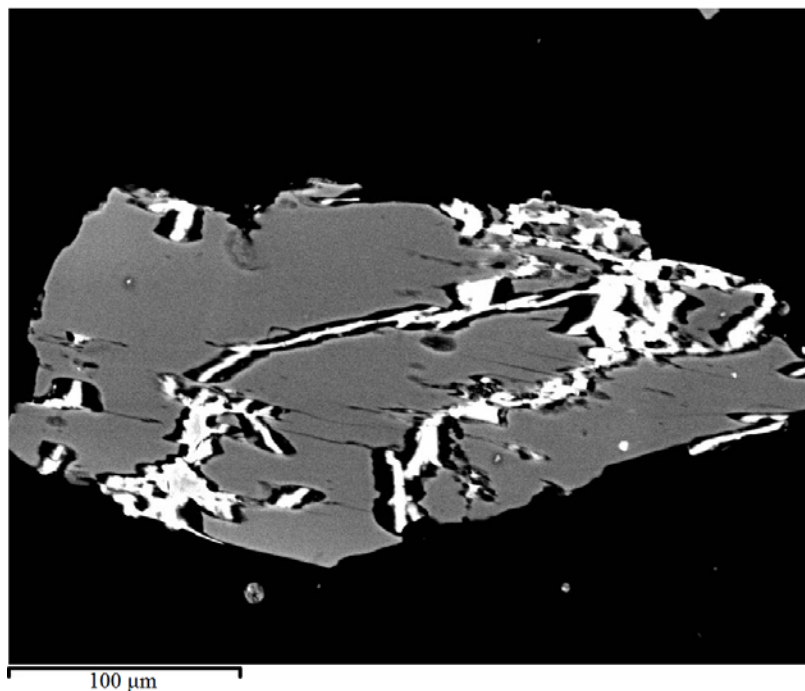


Рисунок 4 – Зерно нарсарсукиита (серое) с «каналами», заполненными неустойчивой (под электронным лучом) тяжелой фазой (белое). BEI

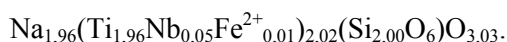
Figure 4 – Grain of narsarsukite (grey) with “channels” filled with an unstable (under electron beam) heavy phase (white). BEI

Несмотря на былое широкое распространение нарсарсукиит является в условиях постмагматической деятельности щелочных гранитов относительно «короткоживущим» минералом, образующимся при альбитизации пегматитов, гранитов; фенитизации вмещающих пород и при смене условий на кислотные легко замещающимся многими титановыми и титансодержащимися менее щелочными минералами, остающимся в объеме бывшего кристалла.

Нептунит $\text{KNa}_2\text{LiFe}_2\text{Ti}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}$. Минерал встречен А. В. Степановым в центре Большого выхода в пегматитовых телах в псевдоморфозах по нарсарсукииту совместно с кварцем и лоренценитом в виде мелких более или менее изометричных зерен или их сростков. Размер кристалликов от 0,0п до 0,п мм. Цвет красновато-бурый, в тонких осколках слабо просвечивает. Вне псевдоморфоз нептунит не встречается. Содержание титана (TiO_2) в химическом составе нептунита достигает 25 мас.%. Вторичные изменения нептунита выражаются в замещении его тонкодисперсным агрегатом кремнезема и анатаза бело-серого или голубовато-серого цвета и происходят, очевидно, еще в гипогенных условиях. В зоне выветривания минерал устойчив.

Лоренценит $\text{Na}_2\text{Ti}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)\text{O}_3$ образует параллельно-шестоватые, сноповидные или сферолитовые сростки игольчатых или удлинённых пластинчатых кристалликов, развивающихся по нарсарсукииту при его частичном или полном замещении (рисунок 5). Вне нарсарсукиита или псевдоморфоз по нему лоренценит не обнаружен. Размер отдельных призмочек или удлинённых пластинок от 0,0п до 1,00 мм. Цвет минерала розовато-серый, сиреневатый. Черта светлая. Твердость не замерялась из-за небольших размеров кристалликов, но в полированных шлифах по сравнению с кварцем, он немного мягче. Химический состав минерала представлен в таблице 5.

Усредненная формула лоренценита, рассчитанная на 2 атома Si, имеет вид:



В составе лоренценита титан замещается незначительным количеством ниобия и железа.

Минералы группы астрофиллита: *астрофиллит*, *куплетскит*, *тарбагатаит* и др. на месторождении распространённые породообразующие минералы. В гранитах встречаются в виде отдельных редких удлинённых листочков или звездчатых скоплений размером до 1 мм. В пегматоидных жилах астрофиллит образует или очень тонкие и длинные пластинки-листочки размером до

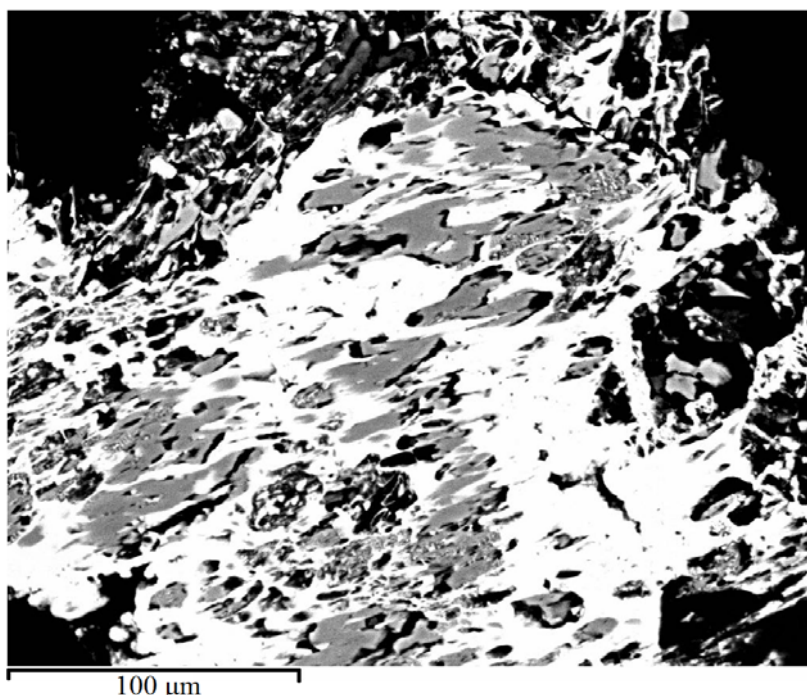


Рисунок 5 – Псевдоморфоза по нарсарсукиту: сростки анатаза (белое) и лоренценита (серое), поры (чёрное). BEI

Figure 5 – Pseudomorph on narsarsukite: intergrowths of anatase (white) and lorenzenite (grey), pores (black). BEI

Таблица 5 – Химический состав лоренценита, мас. %

Table 5 – Chemical composition of lorenzenite, wt. %

Компоненты	1	2	3	4	5	Среднее
Nb ₂ O ₅	2,15	1,76	2,43	1,44	1,3	1,80
SiO ₂	34,67	34,33	34,35	36,20	35,16	34,54
TiO ₂	44,99	46,92	45,06	44,59	46,49	45,61
FeO	0,08	0,45	0,00	0,64	0,00	0,23
Na ₂ O	18,04	18,18	17,60	17,42	18,20	17,89
Σ	99,93	101,64	99,44	100,29	101,15	100,49

1,0x15,0x100,0 мм, или сравнительно широкие и толстые пачки пластин, иногда собранные в лучистые агрегаты, образующие обильную вкрапленность в виде полос или линз. В кварце при этом часто наблюдаются многочисленные микроскопические включения пластинок-иголочек астрофиллита. В метасоматических породах минерал чаще всего образует удлиненные пластинки до 0,5–1,0 см. Листочки и пачки листочков астрофиллита обычно измяты или разорваны [6].

Особенностью астрофиллита из месторождения при визуальном наблюдении является преимущественно темно-бурый до черного цвет в отличие от астрофиллита Кольского полуострова и других мест проявления минерала. Предполагается, что темный цвет обусловлен диффузно рассеянной наноразмерной вкрапленностью ниобофиллита. При вращении шлифов в оптическом микроскопе при параллельных николях наблюдается обратное астрофиллиту погасание, что характерно только для ниобофиллита. Сам астрофиллит в шлифах обычно от светлого до оранжевого цвета и темнеющая краевая каёмка ниобофиллитизации выявляется только при большом увеличении объектива.

Исследования показали: для образцов астрофиллита из разных участков месторождения характерна значительная изменчивость состава с постоянным присутствием примесей таких элементов,

как литий, рубидий, цезий, бериллий, цинк, цирконий, олово, свинец, магний, алюминий, ниобий, ванадий и др. Варьируются в количественном содержании: железо с марганцем, цинком, магнием, свинцом и литием; титан с ниобием, цирконием, оловом и ванадием; калий с натрием, кальцием, цезием и рубидием [6]. Химический состав образцов астрофиллита из разных пород различных частей месторождения показал чёткую зависимость от состава вмещающих пород. Собственно астрофиллит из щелочногранитных интрузий обычно характеризуется относительно низкими содержаниями кальция, магния, марганца, цинка, ниобия и др. А во вмещающих, обогащённых этими элементами, породах присутствует как собственно астрофиллит, содержащий эти элементы в существенно повышенных количествах, так и минералы группы астрофиллита, такие как куплетскит – марганцевый аналог и недавно открытый кальциевый аналог – тарбагатаит $(K\Box)Ca(Fe^{2+},Mn)_7Ti_2(Si_4O_{12})_2O_2(OH)_5$, утверждённый Комиссией по новым минералам, классификации и номенклатуре минералов Международной минералогической ассоциации (2010-048) [9].

Куплетскит $K_2Na(Mn,Fe)_7Ti_2Si_8O_{24}(O,OH)_7F_7$ был выявлен на месторождении электронно-зондовым микроанализом (таблица 6) из пегматоидной кварцевой полевошпатовой жилы, удаленной от выходов щелочных гранитов на поверхность на расстоянии нескольких сотен метров. В месте взятия образцов жила пересекает одну из таких даек мощностью около 5 м. Края жилы сложены, в основном, тонкозернистой плотной калишпатовой породой с редкими вкраплениями лейст альбита, незначительного количества кварца и редких иголок эгирина. Ближе к центру она сменяется зоной средне- и крупнозернистых (от n до $10n$ мм) перекристаллизованных калишпат-альбитовых с кварцем пород. Здесь присутствуют разнообразные редкометалльные и редкоземельные минералы: микроклин, альбит, кварц, эгирин, циркон, торит, ксенотим, фергусонит, ферсмит, эвксенит-(Y), ильменит, цинковый пирофанит, манганоколумбит, кейвиит, таленит-(Y), капеленит-(Y), эвдиалит, цзиньшацзянит, миларит, гелвин, берtrandит, бавенит и др. Минералы астрофиллитовой группы отмечаются по всей жиле, а в отдельных участках в виде шпир и полос мощностью до 10 см, образуя обильную вкрапленность (до 20 %). Особенностью минералов является повышенное содержание кальция и марганца, вплоть до выявления собственно куплетскита и кальциевых разновидностей куплетскита и астрофиллита.

Форма отдельных зерен минералов – удлиненные пластинки размером 2 x 3 до 10 x 0,1 мм. Размер агрегатных сростков до 15-20 мм (рисунок 6). Астрофиллит и куплетскит и их разновидности образуют совместную вкрапленность в виде полос, линз, зон, узлов в краевых частях

Таблица 6 – Химический состав куплетскита (по 6 анализам), (мас.%)

Table 6 – Chemical composition of kupletskite (6 points), wt.%

Компоненты	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Стандартное отклонение
K ₂ O	4,02	4,76	4,34	0,12
Na ₂ O	2,28	3,14	2,74	0,15
CaO	0,49	1,06	0,80	0,10
Rb ₂ O	1,30	2,02	1,60	0,12
Cs ₂ O	0,73	1,29	1,07	0,09
MnO	22,52	23,51	22,95	0,14
FeO	9,29	10,76	10,15	0,29
MgO	1,67	2,19	1,87	0,09
ZnO	1,71	2,30	2,13	0,10
V ₂ O ₃	0,07	0,22	0,13	0,03
TiO ₂	9,89	10,74	10,45	0,14
Nb ₂ O ₅	0,39	1,36	0,94	0,18
SiO ₂	36,28	38,21	37,26	0,28
F	1,02	3,64	2,41	0,40
Σ	97,23	100,04	98,82	0,82

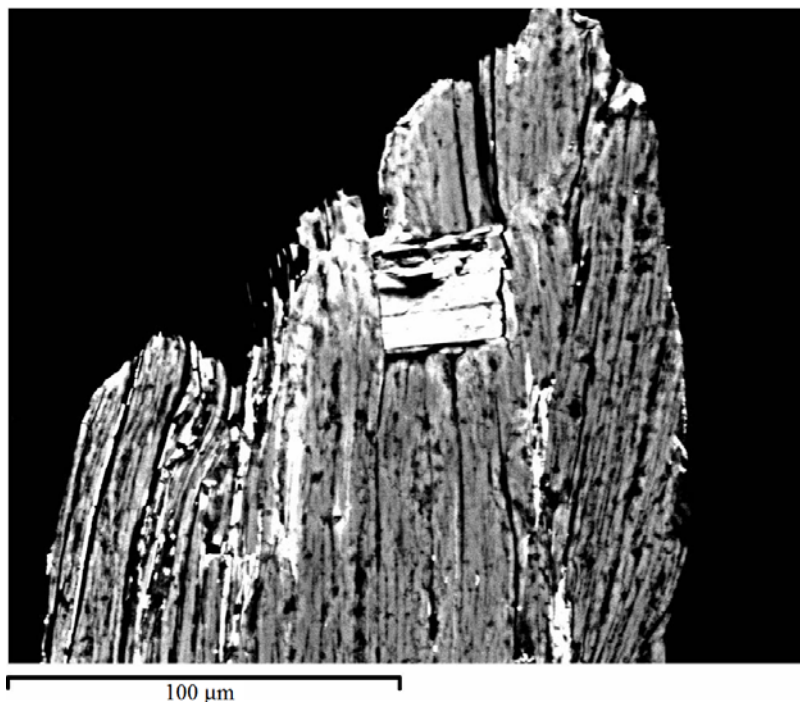
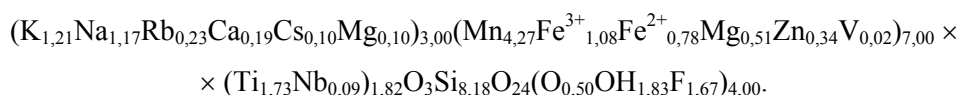


Рисунок 6 – Фрагмент зерна куплетскита (серое) с включением цзиньшацзянита (белое). Микротрещины заполнены ильменитом (белое). BEI

Figure 6 – Fragment of kupletskite grain (grey) with inclusion of jinshajiangite (white). Microcracks are filled with ilmenite (white). BEI

описываемой жилы. Иногда наряду с полисинтетическими переслаиваниями в этих же зернах они образуют отдельные неправильные, овальные выделения и участки с отчетливыми границами.

Усреднённая по 6 анализам эмпирическая формула куплетскита, рассчитанная на 10 атомов (Si+Ti+Nb), имеет вид:



Валентное состояние железа в куплетските было определено методом мессбауэровской спектроскопии.

Самостоятельные кристаллы *тарбагатаита* встречены не были. Листочки минерала постоянно находятся в тесном переслаивании с листочками и пачечками листочков астрофиллита [9]. Размеры агрегатных сростков минералов достигают до 10x3x0,2 мм. Толщина отдельных пачечек тарбагатаита редко превышает 0,03 мм. При визуальном просмотре шлифов, где сростки ориентированы поперек плоскости среза шлифа, наблюдается слабое различие в отражательной способности и в твердости полосок астрофиллита и тарбагатаита. Тарбагатаит менее твердый, чем астрофиллит, что выявляется рельефом полосок в полировке.

Цвет сростаний тарбагатаита с астрофиллитом коричневый, бледно-золотисто-коричневый. Тонкие чешуйки прозрачны. Визуальных различий между тарбагатаитом и астрофиллитом не наблюдается. Не флюоресцируют под катодными и ультрафиолетовыми лучами. Спайность весьма совершенная по плоскости (001), средняя по (010). Твердость по Моосу – 3, листочки гибкие. Плотность (расчётная) – 3,263 г/см³.

Упрощенная формула тарбагатаита, нового Ca- и Fe²⁺-доминантного вида астрофиллитовой группы: (K□)Ca(Fe²⁺,Mn)₇Ti₂(Si₄O₁₂)₂O₂(OH)₅, для члена конечного ряда: CaFe²⁺₇Ti₂(Si₄O₁₂)₂O₂(OH)₅. Кристаллическая структура минерала расшифрована в лаборатории университета Манитоба (Канада) [9].

Разнообразие и вариации в количественном отношении элементов-примесей минералов астрофиллитовой группы на месторождении обусловлены ионообменной способностью слоистых титаносиликатов и специфическими генетическими условиями.

Титаносиликаты: *бафертисит*, *камараит* и *цзиньшацзянит* – типоморфные минералы процессов фенитизации вмещающих пород Верхнеэспинского месторождения.

Бафертисит и цзиньшацзянит – первые находки в Казахстане [10]; камараит был открыт на месторождении и утверждён Комиссией по новым минералам, классификации и номенклатуре минералов Международной минералогической ассоциации (2009-11) [11]. Минералы отсутствуют в самих щелочных гранитах и их производных, в отличие от минералов группы астрофиллита, но нередко присутствуют в пегматоидных прожилках в экзоконтактовой зоне гранитов уже во вмещающих породах. По сравнению с астрофиллитом бариевые титаносиликаты имеют более постоянный химический состав. Отмечается незначительное число примесей цинка, ниобия, олова и др.

Бафертисит $\text{Ba}_2\text{Ti}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_4(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2(\text{OH}, \text{F})_4$ на месторождении является довольно распространенным минералом в метасоматических породах экзоконтакта щелочных альбитизированных гранитов (фенитов), состоящих из альбита, микроклина, кварца, щелочных амфиболов, эгирина, астрофиллита, флюорита и др. [10]. Ни в гранитах, ни в пегматитах, ни в альбититах, образованных по гранитам, он не встречается. Минерал образует плоские призмы и пластинчатые метакристаллы оранжевого или буровато-красного цвета, размером до 20x5x3 мм. Железистые разности более темноокрашенные (бордовые, коричнево-бордовые), чем таковые с повышенным содержанием марганца. Имеет совершенную спайность по плоскости (001). В тонких сколах прозрачен. Твердость (в зависимости от химического состава) изменяется в пределах 4,5–4,8. Хрупок.

Цзиньшацзянит $\text{Ba}_2\text{Na}_2\text{Ti}_4(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_4\text{O}_4(\text{OH}, \text{F})_6$, как и бафертисит, встречается в фенитизированных породах, только в значительно меньших количествах. Минерал находится в тех же ассоциациях, что и бафертисит. Размер пластинок прямоугольного облика редко превышает 2–3 x 1 x 0,2–0,5 мм. Цвет от бледно-желтого до бледно-оранжевого, реже красновато-оранжевый. Черта бледно-желтая. Минерал хрупкий. Твердость существенно ниже, чем у бафертисита и соответствует 4,0–4,5. Притягивается магнитом, как и бафертисит. Измеренная плотность 3,6 г/см³ (ниже, чем у бафертисита), вычисленная – 3,819 г/см³. Spайность совершенная по плоскости (001). Отличия цзиньшацзянита от бафертисита заключаются в более светлой окраске (явно выявляется только в тонких кристаллах), в меньшей плотности и твердости, в отражательной способности, в показателях преломления. Минералы легко различаются в полированных препаратах, когда они находятся совместно. В химическом составе минерала присутствует больше щелочей и кальция по сравнению с бафертиситом, в котором они отсутствуют (или их содержание незначительное). Полное описание бафертисита и цзиньшацзянита приводится в статье [10].

Камараит $\text{Ba}_3\text{NaTi}_4(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_4\text{O}_4(\text{OH}, \text{F})_7$ был одновременно выявлен и затем совместно изучен двумя исследовательскими группами из ИГН им. К. И. Сатпаева (Казахстан) и университета Манитобы (Канада) [11].

Минерал найден на месторождении пока только в одном месте, где содержание его в фенитах соизмеримо с содержанием бафертисита. Встречается в фенитизированных туфосланцах нижнего каменноугольного возраста в виде одиночных плоских удлиненных кристалликов или их сростков, в том числе с такими минералами как цзиньшацзянит (рисунок 7), реже бафертисит. Плоские кристаллики камараита имеют совершенную спайность параллельно уплощению. Концы кристалликов по удлинению редко имеют хорошее кристаллографическое ограничение, а боковые грани всегда ровные гладкие и хорошо оформлены.

Ореол фенитизированных туфосланцев над плоской кровлей щелочных гранитов приблизительно 1–1,5 м. Состав фенитов в месте, где найден камараит, аналогичен составу щелочного сиенита. В нижележащей фации фенитов, аналогичной по составу уже щелочному граниту, ни бафертисит, ни камараит не встречены, в отличие от цзиньшацзянита, присутствующего в обеих фациях, но в очень малых количествах. Главными минералами в фенитах с камараитом, являются КПШ, альбит, эгирин, рибекит, иногда биотит, астрофиллит и др. Изредка встречаются сульфиды (пирит, арсенопирит, сфалерит), молибденит, галенит, а также гельвин, циркон, торит и др.

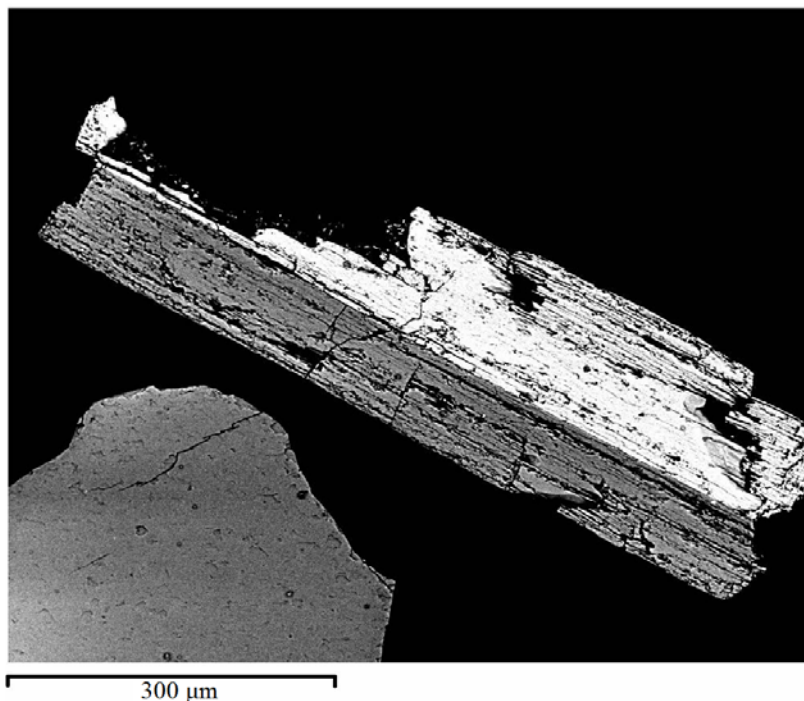


Рисунок 7 – Характер срастаний кристаллов камараита (белое) и цзиньшацзянита (серое). Поры (чёрное). ВЕI

Figure 7 – Intergrowth of flat crystals of camaraite (white) and jinshajiangite (grey). Pores (black). ВЕI

Цвет камараита от оранжево-красного до коричневатого-красного (светлее, чем бафертисит). Черта светло-желтая. Блеск стеклянный. Тонкие кристаллы прозрачные. Флюоресценция под катодными и ультрафиолетовыми лучами не наблюдается. Твердость меньше, чем у бафертисита (по шкале Мооса <5). Совершенная спайность по плоскости (001). Хрупкий. Плотность образцов камараита (срастание с минералами цзиньшацзянитом и бафертиситом), измеренная методом взвешивания в спирте и на воздухе в установке с использованием микроаналитических весов $3,871 \text{ г/см}^3$; вычисленная – $4,036 \text{ г/см}^3$ [11]. В породе бафертисит, цзиньшацзянит и камараит без опыта трудно различимы. В случае их взаимного прорастания отличить минералы возможно только с помощью электрозондового микроанализа. По химическому составу камараит занимает промежуточное положение между бафертиситом и цзиньшаньцзянитом. В его составе содержание щелочных элементов, замещающих барий, значительно меньше (1:3), чем в цзиньшаньцзяните (1:1). Кристаллическая структура минерала была расшифрована Ф. Камара (Италия), Е. Соколовой (Канада) и Ф. Нието (Испания) [12].

В настоящее время уточняется химический состав одного из титановых минералов – *ифтисита и его оловянной разновидности*. Впервые минерал был найден на месторождении А. В. Степановым в 1960 г. В состав минерала входят иттрий, фтор (частично замещаемый ОН-группой), титан и кремний. Титан в составе этого минерала заимствуется за счёт образованного несколько ранее астрофиллита в процессе фторной агрессии.

В составе всех *минералов тирохлоровой группы* $A_{2-x}B_2(O,OH,F)_7$ на месторождении присутствует титан (таблица 7). Минералы распространены в пегматоидных щелочных гранитах (рисунок 8) и, в собственно, пегматоидных жилах, в зонах альбитизации, в альбитизированных миароловых гранитах, а также в «меланолитах», не имеющие четких границ (своеобразные породы, возникшие в ослабленных зонах (узелках, линзах) альбитизированных щелочных гранитов, резко обогащенные темноцветными минералами) и в фенитизированных породах экзоконтактов [13].

Незначительное содержание титана (TiO_2 до 3 мас.%) постоянно наблюдается в эгирине, касситерите, цирконе, ликите и открытом на месторождении флюороликите; в слюдах: биотите, литионите; в фергусоните и др. минералах.

Таблица 7 – Химический состав минералов пироклоровой группы, (мас.%)

Table 7 – Chemical composition of minerals of the pyrochlore group, wt.%

№ образца	1385, канава 15				39 [13]			
Место взятия	Пегматоидные граниты СВ части Малого выхода				Фенитизированные породы экзоконтакта 1 рудного тела			
Точки анализа	Различные точки кристалла				1 кристалл		2 кристалл	
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8
P ₂ O ₅					1,78	1,64	1,28	1,59
Nb ₂ O ₅	42,80	48,28	48,76	49,30	32,70	31,33	51,51	53,94
Ta ₂ O ₅	1,88	1,44	1,81	1,26	0,30	0,66	1,85	1,35
SiO ₂	2,80	1,14	0,62	1,16	7,43	7,78	0,32	0,70
TiO ₂	7,43	9,97	10,17	10,26	3,51	3,51	8,61	8,58
ThO ₂	0,00	0,35	0,54	0,75	0,41	0,29	0,99	1,14
UO ₂	5,37	5,78	4,65	4,24	4,81	4,84	3,81	3,77
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,37	0,00	0,00
Fe ₂ O ₃	0,94	0,00	0,00	0,00	2,53	2,67	1,03	1,38
Y ₂ O ₃	0,23	0,05	0,11	0,17	1,79	1,55	0,00	0,00
La ₂ O ₃	1,83	2,81	2,53	2,41	0,00	0,00	2,55	2,08
Ce ₂ O ₃	5,03	7,78	8,16	7,44	1,04	1,41	5,87	6,01
Pr ₂ O ₃	0,18	0,59	0,49	0,86	0,00	0,00	0,01	0,07
Nd ₂ O ₃	1,23	2,03	1,73	2,51	0,00	0,00	1,47	0,87
Sm ₂ O ₃	0,00	0,28	0,16	0,36	0,00	0,00	0,68	0,32
Eu ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Gd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
Dy ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,09	0,00	0,00
ΣREE ₂ O ₃	8,50	13,54	13,18	13,75	3,45	3,05	10,69	9,75
CaO	0,23	3,68	3,75	3,79	1,96	1,96	1,66	2,04
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,63	1,88	1,82
PbO	20,58	0,00	0,00	0,00	29,87	29,58	6,93	4,73
F	0,00	1,63	2,52	2,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	90,53	85,81	86,00	86,90	90,07	88,31	90,56	90,79
Количество в формуле в расчёте на (Nb+Ta+Si+Ti+Al+Fe ³⁺)=2 ат.								
P					0,10	0,10	0,07	0,08
Nb	1,34	1,41	1,43	1,42	1,02	1,00	1,44	1,42
Ta	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02
Si	0,19	0,07	0,04	0,07	0,51	0,54	0,02	0,04
Ti	0,39	0,49	0,50	0,49	0,18	0,18	0,40	0,32
Th		0,01	0,01	0,01	0,01		0,01	0,02
U	0,08	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,05
Al					0,05	0,03		
Fe ³⁺	0,05				0,13	0,14	0,05	0,06
Y	0,01			0,01	0,07	0,06		
La	0,05	0,07	0,06	0,06			0,06	0,04
Ce	0,13	0,18	0,19	0,17	0,03	0,04	0,13	0,13
Pr	0,00	0,01	0,01	0,02				
Nd	0,03	0,05	0,04	0,06			0,03	0,02
Sm		0,01		0,01			0,01	0,01
Eu								0,01
Dy					0,01		0,01	
ΣREE	0,22	0,32	0,30	0,33	0,11	0,10	0,23	0,21
Ca	0,02	0,26	0,26	0,26	0,14	0,15	0,11	0,13
Zn					0,04	0,03	0,09	0,08
Pb	0,38				0,55	0,56	0,12	0,07
F	0,00	0,33	0,52	0,48				

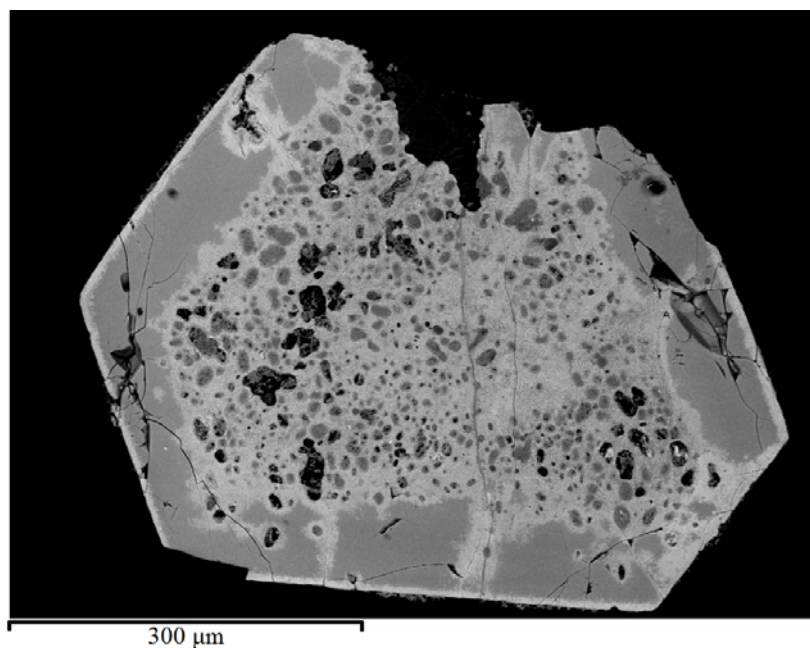


Рисунок 8 – Кристалл пирохлора из пегматоидного гранита СВ части Малого выхода. Краевая каёмка и основная часть кристалла – пирохлор со значительным содержанием свинца (белое) (таблица 7, анализ 1), полоса – безсвинцовый пирохлор (серое) (таблица 7, анализы 2-4). Микровключения флюорита (чёрное). BEI

Figure 8 – Pyrochlore crystal from pegmatoid granite of NE part of Malyi stock.

Rim and central part of the crystal – pyrochlore with significant lead content (table 7, analysis 1) (white), strip – lead-free pyrochlore (table 7, analyses 2-4) (grey). Micro-inclusions are quartz (black), fluorite (dark grey). BEI

Обсуждение. Титановая минерализация Верхнеэспинского месторождения гетерогенна и гетерохронна. Разнообразие минеральных видов титана и их локализация на месторождении говорит, прежде всего, не столько о мобильном поведении элемента, сколько о сложности тектонической обстановки при быстроменяющихся процессах и их взаимных наложениях в момент активного минералообразования. Из рассмотренных минералов к ранним, образовавшимся в магматическом этапе, относятся собственно ильменит, колумбит, титанит и титансодержащие ниобаты: минералы пирохлоровой группы и фергусонит. Образование последних продолжается вплоть до фазы натриевого метасоматоза.

В промежуток между концом пегматитовой фазы и высокотемпературной стадии фазы калий-натриевого метасоматоза шло образование целого ряда титановых минералов нарсарсукита, минералов группы астрофиллита и бафертисита. Если образование рассеянной вкрапленности аксессуарий ильменита и колумбита происходило на магматическом этапе, то образование их цинковых и марганцевых разновидностей, как и марганеколумбита, попадает на этот промежуток. Вариации химического состава цинк-марганецсодержащих разновидностей ильменита вплоть до образования экандрюсита и пирофанита – доказательство воздействия активных компонентов флюидов интрузии на вмещающие породы и влияния контрастного состава вмещающих пород на новообразования прилегающей части интрузии с взаимопроникновением избыточных компонентов контактирующих сред. Особенно процесс биметасоматоза показателен на характере изменений химического состава минералов, обладающих ионообменными свойствами, среди которых магнетит, ильменит, циркон, титанит и натротитанит, амфиболы, пироксены и, особенно, микропористые титано- и ниобосиликаты, а также слоистые минералы группы бафертисита, астрофиллита и слюд [3, 19].

В первоначальные моменты активного воздействия на вмещающие породы метаморфизирующих флюидов, выделявшихся из внедрившейся магмы щелочных гранитов, образуются метаморфические породы несколько пересыщенные щелочами и отвечающие, приблизительно по химизму, щелочным сиенитам. Исходный минерал нарсарсукит образуется в момент окончания щелочного и

наступления кремнекислотного пересыщения. Образующие в этот период породы приближаются по составу уже к щелочным гранитам, постепенно заменяя первые. А со сменой щелочного и щелочнокремниевое кислотным насыщением нарсарсукиит разлагается чаще всего с переносом всех элементов, кроме титана, остающегося в объеме «бывших» кристаллов в форме разнообразных титановых и титансодержащих минералов: рутила, анатаза, ильменорутила, ильменита, лоренценита, нептунита, натротитанита, минералов группы астрофиллита (куплетскита, тарбагатаита) и др. в виде «каркаса», отдельных зёрен или сростков зёрен. Остальное пространство кристаллов заполнено разнообразными комбинациями порообразующих минералов (кварц, полевые шпаты, амфиболы и редко даже сульфиды). Заполнение псевдоморфоз по нарсарсукиту разнообразное и варьирует от места к месту довольно в широких пределах.

Двухфазное строение кристаллов натрийсодержащего титанита, выявленное при изучении химического состава минералов, образующихся по нарсарсукиту, можно объяснить пульсационным поступлением метаморфизирующих растворов, как из самой активной интрузии, так и из метаморфизируемых вмещающих пород. На первом этапе воздействия метаморфизирующих растворов на вмещающие породы, когда температура и давление (атмосферное и осмотическое активных подвижных элементов: лития, натрия, калия, хлора, фтора, CO_2 , кремнекислоты и др.) возрастают, происходит перекристаллизация одних минералов на другие, устойчивые при возникших условиях в частях системы. Относительно быстрое изменение термодинамических условий влечёт за собой смену неустойчивых минеральных ассоциаций по объёму метаморфизируемых частей пространства. Когда поступление кальция, натрия и иттрия из растворов было относительно равномерным, стала возможной кристаллизация титанита относительно бедного натрием и иттрием (плюс РЗЭ). Зональный рост кристаллов, свидетельствует об относительно «спокойном» периоде кристаллизации. С падением внутреннего (со стороны активной интрузии) и внешнего (со стороны вмещающих пород) давления уменьшается поступление в раствор кальция, что приводит к пересыщению в нем натрия и иттрия. Этим и объясняется, по-видимому, развитие более позднего натроиттрового титанита по краям и трещинам кристаллов. Основным источником кальция, очевидно, служили богатые этим и др. элементами породы габбро-диориты, диабазовые порфириды и лампрофировые породы, образующие вблизи проявлений титанита сравнительно частые жильные интрузии, пересекающие толщу нижнекаменноугольных туфоалевролитов в различных направлениях. Усиление натроиттровой доли в натротитаните целиком обязано поступлению из внутреннего источника – активной интрузии [7].

По совместному нахождению минералов групп бафертисита и астрофиллита можно судить об одновременном их образовании в высокотемпературную стадию калий-натриевого и натриевого метасоматоза.

Объяснение всем особенностям титановых и титансодержащих минералов Верхнеэспинского месторождения хорошо дано в диссертации И. В. Пекова «Генетическая минералогия и кристаллохимия редких элементов в высокощелочных постмагматических системах», в которой указано, что важнейшими и типоморфными компонентами высокощелочных образований выступают минералы с низкоплотными структурами (микропористые): ... Zr-, Ti- и Nb-силикаты с гетерополиэдрическими каркасами, гетерофиллосиликаты, фосфаты, оксиды и щелочные сульфиды [19].

Вариации состава изученных минералов, как с плотными структурами: ильменит, колумбит, так и с микропористыми структурами: минералы группы пирохлора, бафертисита, астрофиллита и др. от зерна к зерну, в пределах одного зерна; обогащение вдоль трещин, зон роста в зёрнах фазами с тяжелыми катионами говорит о широком развитии ионообменных процессов в щелочных пегматитово-гидротермальных системах, имевших место на месторождении в период активных фаз минералообразования, в которых титан проявляет себя, как относительно активный элемент.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта 0302/ГФ4 «Создание базы данных по уникальным, редким и недостаточно изученным минералам месторождений благородных и редких элементов Казахстана для комплексного освоения минерального сырья» КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Belov, V.A., Ermolov, P.V. The Verkhnee Espe RM Deposit in East Kazakhstan. In: Shatov (Ed.). Granite-related ore deposits of Central Kazakhstan and adjacent areas. – Glagol, St Petersburg, 1996. P. 219-228.

- [2] Степанов А.В., Бекенова Г.К. Краткая характеристика Верхнеэспинского месторождения редких элементов // Мат-лы конференции «Геология, минерагения и перспективы развития мин.-сырьевых ресурсов» (Сатпаевские чтения). – 2009. – С. 248-258.
- [3] Степанов А.В., Бекенова Г.К., Добровольская Е.А., Левин В.Л., Котельников П.Е. О процессе фенитизации в связи с малыми интрузиями щелочных гранитов на примере Верхнеэспинского редкометалльного месторождения (Восточный Казахстан) // Мат-лы конференции «Сатпаевские чтения»: «Геология в 21 веке». – Алматы, 2011. – С. 302-309.
- [4] Baisalova A., Stepanov A., Bekenova G., Dolgoplova A. and Seltmann R. Titanium silicates from the VerkhneeEspe rare metal deposit in East Kazakhstan // Programme and Abstracts. 39th Winter Meeting. – Dublin, 2016. – P. 16.
- [5] Бекенова Г.К., Степанов А.В., Левин В.Л., Байсалова А.О., Тлегинова Д.М. Онтогенический подход в генетическом моделировании Верхнеэспинского месторождения редких элементов (Восточный Казахстан) // Конференция «Онтогения, филогения и система минералогии». – Миасс, 2015. – С. 68-76.
- [6] Степанов А.В., Котельников П.Е., Добровольская Е.А., Кенишбаева А.Г. Вариации Химического состава астрофиллита из щелочных гранитов северных отрогов Тарбагатая // Мат-лы конференции «Сатпаевские чтения»: «Актуальные проблемы наук о Земле». – Алматы, 2008. – С. 129-137.
- [7] Stepanov A.V., Bekenova G.K., Levin V.L., Hawthorne F.C. Natrotitanite, ideally $(\text{Na}_{0.5}\text{Y}_{0.5})\text{Ti}(\text{SiO}_4)\text{O}$, a new mineral from the Verkhnee Espe deposit, Akjailyautas mountains, Eastern Kazakhstan district, Kazakhstan: description and crystal structure // Mineralogical Magazine. – 2012. – Vol. 76(1). – P. 37-44.
- [8] Степанов А.В., Жексембекова Д.Б., Байсалова А.О., Левин В.Л., Бекенова Г.К. Нарсарсукуит из Верхнеэспинского месторождения // Мат-лы междунар. конф., посвящ. 70-летию Института геологии НАН КР «Геодинамика, оруденение и геоэкологические проблемы Тянь-Шаня». – Бишкек, 2013. – С. 217-222.
- [9] Stepanov A.V., Bekenova G.K., Levin V.L., Hawthorne F.C., Dobrovolskaya E.A. Tarbagataite, $(\text{K}\square)\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_7\text{Ti}_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2\text{O}_2(\text{OH})_5$, a new astrophyllite group mineral species from the Verkhnee Espe deposit, Akjailyautas Mountains, Kazakhstan: description and crystal structure // Canadian Mineralogist. – 2012. – Vol. 50. – P.159-168.
- [10] Степанов А.В., Бекенова Г.К., Котельников П.Е., Дюсембаева К.Ш., Добровольская Е.А. Первая находка в Казахстане бафергисита и цзиньшацзянита // Известия НАН РК. Сер. геологическая. – 2008. – № 5. – С. 27-37
- [11] Sokolova E., Abdu Y., Hawthorne F.C., Stepanov A.V., Bekenova G.K., Kotel'nikov P.E. Camaraite, $\text{Ba}_3\text{NaTi}_4(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_4\text{O}_4(\text{OH}, \text{F})_7$, 1. A new Ti-silicate mineral from the Verkhnee Espe Deposit, Akjailyautas Mountains, Kazakhstan // Mineralogical Magazine. – October 2009. – Vol. 73(5). – P. 521-528.
- [12] Sokolova E., Camara F., Hawthorne F.C., Abdu Y. From structure topology to chemical composition. VII. Titanium silicates: the crystal structure and crystal chemistry of jinshajiangite // European Journal of Mineralogy. – 2009. – 21. – P. 871-883.
- [13] Степанов А.В., Токшилькова Ж., Тлегинова Д.М., Котельников П.Е., Бекенова Г.К. Минералы пироксеновой группы из Верхнеэспинского месторождения (цериопироксенол, высокофтористый цериопироксенол, урансодержащий цериопироксенол, урансодержащий плюмбопироксенол) // Мат-лы междунар. конф., посвящ. 70-летию Института геологии НАН КР «Геодинамика, оруденение и геоэкологические проблемы Тянь-Шаня». – Бишкек, 2014. – С. 211-216.
- [14] Владыкин Н.В., Коваленко В.И., Дорфман М.Д. Минералогические и геохимические особенности Хан-Богдинского массива щелочных гранитов. – Изд. «Наука», 1981. – 136 с.
- [15] Архангельская В.В., Казанский В.И., Прохоров К.В., Собаченко В.Н. Геологическое строение, зональность и условия образования Катугинского Та-Nb-Zr-месторождения (Чаро-Удоканский район, Восточная Сибирь) // Геология рудных месторождений. – 1993. – Т. 35, № 2. – С. 2-132.
- [16] Alexander P. Gysi, Anthony E. Williams-Jones, and Patrick Collins Lithochemical Vectors for Hydrothermal Processes in the Strange Lake Peralkaline Granitic REE-Zr-Nb Deposit // Economic Geology. – 2016. – Vol. 11. – P. 1241-1276.
- [17] Соколов Г.А., Павлов Д.И. К геохимии титана в метасоматическом процессе // ДАН СССР. – 1962. – Т. 142, № 2. – С. 445-448.
- [18] Mikhailova J.A., Pakhomovsky Ya.A., Ivanyuk G.Yu., Bazai A.V., Yakovenchuk V.N., Elizarova I.R., Kalashnikov A.O. REE mineralogy and geochemistry of the Western Keivy peralkaline granite massif, Kola Peninsula, Russia // Ore Geology Reviews. – 2017(82). – P. 181-197.
- [19] Пеков И.В. Генетическая минералогия и кристаллохимия редких элементов в высокощелочных постмагматических системах: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. – М.: МГУ, 2005. – 652 с.

REFERENCES

- [1] Belov V.A., Ermolov P.V. The Verkhnee Espe RM Deposit in East Kazakhstan. In: Shatov (Ed.). Granite-related ore deposits of Central Kazakhstan and adjacent areas. Glagol, St Petersburg, 1996. P. 219-228.
- [2] Stepanov A.V., Bekenova G.K. Kratkaya harakteristika Verhneehspinskogo mestorozhdeniya redkih ehlementov // Mat-ly konferencii «Geologiya, minerageniya i perspektivy razvitiya min.-syrevyh resursov» (Satpaevskie chteniya). 2009. P. 248-258.
- [3] Stepanov A.V., Bekenova G.K., Dobrovolskaya E.A., Levin V.L., Kotel'nikov P.E. O processe fenitizacii v svyazi s malymi intruziyami shchelochnyh granitov na primere Verhneehspinskogo redkometal'nogo mestorozhdeniya (Vostochnyj Kazahstan) // Mat-ly konferencii «Satpaevskie chteniya»: «Geologiya v 21 veke». Almaty, 2011. P. 302-309.
- [4] Baisalova A., Stepanov A., Bekenova G., Dolgoplova A. and Seltmann R. Titanium silicates from the VerkhneeEspe rare metal deposit in East Kazakhstan // Programme and Abstracts. 39th Winter Meeting. Dublin, 2016. P. 16.
- [5] Bekenova G.K., Stepanov A.V., Levin V.L., Baisalova A.O., Tlegenova D.M. Ontogenicheskij podhod v geneticheskom modelirovanii Verhneehspinskogo mestorozhdeniya redkih ehlementov (Vostochnyj Kazahstan) // Konferenciya «Ontogeniya, filogeniya i sistema mineralogii». Miass, 2015. P. 68-76.
- [6] Stepanov A.V., Kotel'nikov P.E., Dobrovolskaya E.A., Kenishbaeva A.G. Variacii Himicheskogo sostava astrofillita iz shchelochnyh granitov severnyh otrogov Tarbagataya // Mat-ly konfer. «Satpaevskie chteniya»: «Aktual'nye problemy nauk o Zemle». Almaty, 2008. P. 129-137.

- [7] Stepanov A.V., Bekenova G.K., Levin V.L., Hawthorne F.C. Natrotitanite, ideally $(\text{Na}_{0.5}\text{Y}_{0.5})\text{Ti}(\text{SiO}_4)\text{O}$, a new mineral from the Verkhnee Espe deposit, Akjailyautas mountains, Eastern Kazakhstan district, Kazakhstan: description and crystal structure // *Mineralogical Magazine*. 2012. Vol. 76(1). P. 37-44.
- [8] Stepanov A.V., Zheksembekova D.B., Bajsalova A.O., Levin V.L., Bekenova G.K. Narsarsukit iz Verhneehspinskogo mestorozhdeniya // *Materialy Mezhdunarodnoj konferencii, posvyashchennoj 70-letiyu Instituta geologii NAN KR «Geodinamika, orudnenie i geoekologicheskie problemy Tyan'-SHanya»*. Bishkek, 2013. P. 217-222.
- [9] Stepanov A.V., Bekenova G.K., Levin V.L., Hawthorne F.C., Dobrovolskaya E.A. Tarbagataite, $(\text{K}\square)\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_7\text{Ti}_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2\text{O}_2(\text{OH})_5$, a new astrophyllite group mineral species from the Verkhnee Espe deposit, Akjailyautas Mountains, Kazakhstan: description and crystal structure // *Canadian Mineralogist*. 2012. Vol. 50. P. 159-168.
- [10] Stepanov A.V., Bekenova G.K., Kotelnikov P.E., Djusembaeva K.Sh., Dobrovolskaja E.A. Pervaja nahodka v Kazhstane bafertisita i czin'shaczjanita // *Izvestija NAN RK. Ser. geologicheskaja*. 2008. N 5. P. 27-37.
- [11] Sokolova E., Abdu Y., Hawthorne F.C., Stepanov A.V., Bekenova G.K., Kotelnikov P.E. Camaraite, $\text{Ba}_3\text{NaTi}_4(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_4\text{O}_4(\text{OH}, \text{F})_7$, 1. A new Ti-silicate mineral from the Verkhnee Espe Deposit, Akjailyautas Mountains, Kazakhstan // *Mineralogical Magazine*. October 2009. Vol. 73(5). P. 521-528.
- [12] Sokolova E., Camara F., Hawthorne F.C., Abdu Y. From structure topology to chemical composition. VII. Titanium silicates: the crystal structure and crystal chemistry of jinshajiangite // *European Journal of Mineralogy*. 2009. 21. P. 871-883.
- [13] Stepanov A.V., Tokshilykova ZH., Tlegenova D.M., Kotelnikov P.E., Bekenova G.K. Mineraly pirohlorovoj gruppy iz Verhneehspinskogo mestorozhdeniya (ceriopirohlor, vysokofloristyj ceriopirohlor, uransoderzhashchij ceriopirohlor, uransoderzhashchij plyumbopirohlor) // *Materialy Mezhdunarodnoj konferencii, posvyashchennoj 70-letiyu Instituta geologii NAN KR «Geodinamika, orudnenie i geoekologicheskie problemy Tyan'-SHanya»*. Bishkek, 2014. P. 211-216.
- [14] Vladykin N.V., Kovalenko V.I., Dorfman M.D. Mineralogicheskie i geohimicheskie osobennosti Han-Bogdinskogo massiva shchelochnyh granitov. Izd. «Nauka», 1981. 136 p.
- [15] Arhangel'skaya V.V., Kazanskij V.I., Prohorov K.V., Sobachenko V.N. Geologicheskoe stroenie, zonal'nost' i usloviya obrazovaniya Katuginskogo Ta-Nb-Zr-mestorozhdeniya (CHaro-Udokanskij rajon, Vostochnaya Sibir') // *Geologiya rudnyh mestorozhdenij*. 1993. Vol. 35, N 2. P. 2-132.
- [16] Alexander P. Gysi, Anthony E. Williams-Jones, and Patrick Collins Lithochemical Vectors for Hydrothermal Processes in the Strange Lake Peralkaline Granitic REE-Zr-Nb Deposit // *Economic Geology*. 2016. Vol. 11. P. 1241-1276.
- [17] Sokolov G.A., Pavlov D.I. K geohimii titana v metasomaticheskome processe // *DAN SSSR*. 1962. Vol. 142, N 2. P. 445-448.
- [18] Mikhailova J.A., Pakhomovsky Ya.A., Ivanyuk G.Yu., Bazai A.V., Yakovenchuk V.N., Elizarova I.R., Kalashnikov A.O. REE mineralogy and geochemistry of the Western Keivy peralkaline granite massif, Kola Peninsula, Russia // *Ore Geology Reviews*. 2017(82). P. 181-197.
- [19] Pekov I.V. Geneticheskaya mineralogiya i kristallohimiya redkih ehlementov v vysokoshchelochnyh postmagmaticheskikh sistemah: Avtoref. dis. ... dokt. geol.-miner. nauk. M.: MGU, 2005. 652 p.

Г. К. Бекенова¹, А. В. Степанов¹, А. В. Долгополова², R. Seltmann², А. О. Байсалова¹

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

²Жаратылыстану Тарихи Мұражайы, Лондон, Великобритания

ЖОҒАРҒЫ ЕСПЕ СИРЕКМЕТАЛДЫ КЕНОРНЫҢДАҒЫ ТИТАНҚҰРАМДЫ МИНЕРАЛДАРДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ (ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН)

Аннотация. Мақалада кенденудің магмалық және постмагмалық кезеңдерінде қалыптасқан титан минералдануы қарастырылған. Рутил, анатаз, ильменит және оның түрлестері: пирофанит және экандрусит; колумбит және оның түрлестері; титанды силикаттардан: нарсарсукит, лоренценит, нептунит, натротитанит, астрофиллит тобының минералдары және бафертисит, сонымен бірге титанқұрамды минералдар тобынан пироклор мен фергусонит минералдарының кездесу пішіндері, физикалық құрылысы және минералдардың химиялық құрамы сипатталған. Минералдардың калий-натрийлі және натрийлі жоғарғы температуралы метасоматоз кезеңінде жаралуы титанның салыстырмалы белсенді элемент екендігін танытады.

Түйін сөздер: физическалық құрылысы, химиялық құрамы, титанқұрамынды минералдар, сілтілі метасоматоз, Жоғарғыеспе кенорны.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 55 – 68

V. G. Stepanets¹, V. L. Levin²¹RCMIR_COM, Germany,²K. I. Satpaev IGS, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: wladimir@stepanez.de, levin_v@inbox.ru

**COMPARATIVE ANALYSIS OF SPINEL GROUP MINERAL
COMPOSITION WITHIN PICRITE AND PICRITIC DIABASE ROCKS
OF THE KARATURGAI COMPLEX IN NORTHERN ULYTAU
(WESTERN PART OF CENTRAL KAZAKHSTAN)**

Abstract. The accessory spinel group minerals derived from picrite, and from the picritic diabase of the Karaturgai complex are studied using energy dispersive spectrometer INCA ENERGY. Two generations of accessory ferrosphinel are distinguished. They differ in decomposition structures of the solid solutions and in chemical composition. Ferrosphinel of the first generation is represented by the decay structure of the ilmenite-titanohematite series with isomorphism of two- and three-valent cations. The second-generation ferrosphinel is represented by the manganoilmenite-titanohematite series decay structure. Hematite, as is known, is formed in the environment of high oxidation potential and can be taken as a direct evidence of the rock formation within hypabyssal conditions. The hypabyssal nature of the rocks of the Karaturgai complex is indicated also by the low level of the magnesium concentration in ilmenite within picrite and its full absence in manganoilmenite from picritic diabase. The revealed crosswise geochemical zonation of chrome-spinel derived from picrite, that allocated towards the sill's footwall, is apparently a result of the picrite melt equilibrium crystallization, caused by a gradual decrease in temperature.

Key words: Ulytau, Kazakhstan, picrite basalts, diabases, manganoilmenites, titanohematites, ilmenites, copper–nickel sulfide ores, Neoproterozoic.

УДК 552.323.6(574.3)

В. Г. Степанец¹, В. Л. Левин²¹RCMIR_COM, Germany,²ИГН им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВОВ МИНЕРАЛОВ
ГРУППЫ ШПИНЕЛИ ПИКРИТОВ И ПИКРИТОВЫХ ДИАБАЗОВ
КАРАТУРГАЙСКОГО КОМПЛЕКСА СЕВЕРНОГО УЛЫТАУ
(ЗАПАД ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА)**

Аннотация. Нами с помощью энергодисперсионного спектрометра INCA ENERGY были изучены акцессорные минералы группы шпинели из пикрита, тяготеющего к подошве силла, а также из пикритового диабазы, слагающего его кровлю. Выделено две генерации акцессорной феррошпинели в пикрите и пикритовом диабазе каратургайского комплекса, которые различаются структурами распада твердых растворов и химическим составом. Феррошпинель первой генерации представлена структурой распада ильменит–титаногематитовой серии с изоморфизмом двух и трехвалентных катионов, а феррошпинель второй генерации – структурой распада манганойльменит – титаногематитовой серии. Гематит, как известно, образуется в среде с высоким окислительным потенциалом кислорода, что является прямым свидетельством формирования содержащих их пород в гипабиссальных условиях. На гипабиссальную природу пород каратургайского комплекса

указывает низкий уровень концентрации магния в ильмените пикрита и полное его отсутствие в манганоильмените пикритового диабаз. Выявленная поперечная геохимическая зональность хромшпинели пикрита, тяготеющего к подошве силла, по-видимому, является результатом равновесной кристаллизации пикритового расплава, обусловленной постепенным понижением температуры.

Ключевые слова: Улытау, Казахстан, пикриты, диабазы, медно-никельевые сульфидные руды, палладий, платина, неопротерозой.

Введение. На западе Центрального Казахстана в бассейне реки Каратургай (рисунок 1) давно известны основные и ультраосновные породы [1-3], генезис которых и сегодня не имеет однозначного решения.

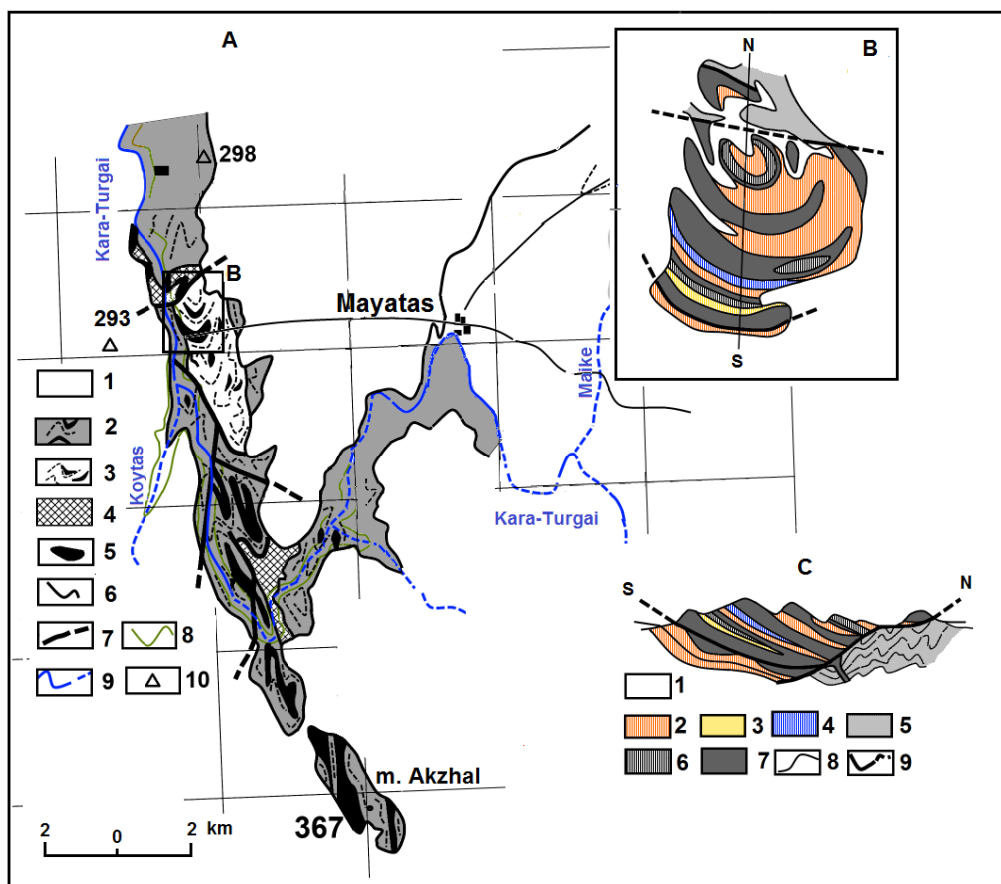


Рисунок 1 –

- А. Схема геологического строения района среднего течения р. Кара-Тургай по И. И. Вишневецкой и И. Ф. Трусовой [2] с изменениями и дополнениями авторов: 1 – кайнозойские отложения; 2–3 карсакапайская серия (мезопротерозой): 2 – толща метабазальтов, реже андезитов с подчиненными горизонтами мусковито-кварцитовых и кварцитовых сланцев, 3 – толща пестроцветных туфов кварцевых альбитофиров и пепловых полосчатых туфов среднего состава; 4 – мусковито-альбитовые и графитовые сланцы, альбитовые гнейсы и микрогнейсы аралбайской серии (PR₁ar); 5 – каратургайский диабаз-пикритовый комплекс (PR₃k); 6 – геологические границы; 7 – тектонические нарушения; 8 – топографические изолинии; 9 – река Кара-Тургай и ее притоков Койтас и Майке; 10 – тригонометрические высоты.

Figure 1 – A. Geological aspects scheme at the middle reaches of Kara-Turgai river [2] with authors' edits and additions.

Схема геологического строения Каратургайского массива (B) и разрез SN (C) через центральную часть массива построены по материалам Н. П. Михайлова, Ю. Л. Семенова [1], И. И. Вишневецкой и И. Ф. Трусовой [2], О. Б. Бейсеев [6] с изменениями и дополнениями авторов: 1 – кайнозойские отложения; 2–4 – карсакапайская серия (мезопротерозой):

- 2 – туфы кварцевых альбитофиров, 3 – полосчатые туфы среднего состава; 4 – туфы основного состава; 5 – графито-альбитовые сланцы аралбайской серии (палеопротерозой PR₁ar); 6–7 – каратургайский диабаз-пикритовый комплекс: 6 – кварцевые диабазы, диабазы, 7 – пикритовые диабазы, пикриты, апопикритовые серпентиниты, преимущественно шаровые, порфириовидные; 8 – геологические границы; 9 – разрывные нарушения и надвиги.

Geological aspects scheme of the Karaturgai block (B) and the SN cross-section through the central part of the block (C), based on materials [1-3] with authors' emendations and additions

Авторы настоящей статьи разделяют точку зрения Н. П. Михайлова и Ю. Л. Семенова [1, 4] на природу основных и ультраосновных пород Западно-Улытауского пояса и в его составе выделяют [5] два гипабиссальных комплекса: на севере – каратургайский диабаз-пикритовый, а на юге – белеутинский феррогаббронорит-диабаз-пикритовый.

Каратургайский комплекс сложен апопикритовыми серпентинитами, пикритами, пикритовыми диабазами, диабазами и кварцевыми диабазами. Породы комплекса слагают небольшие гипабиссальные тела, имеющие, как правило, форму крупных и мелких межпластовых залежей (рисунок 1). Довольно часто силлы залегают в замках неопротерозойских метаморфических толщ карсакпайской и боздакской серии, в единичных случаях образуют дайки в составе мезопротерозойских толщ. Аналогов пикритов и ассоциирующих с ними диабазов в составе палеозойских толщ хр. Улытау не обнаружено.

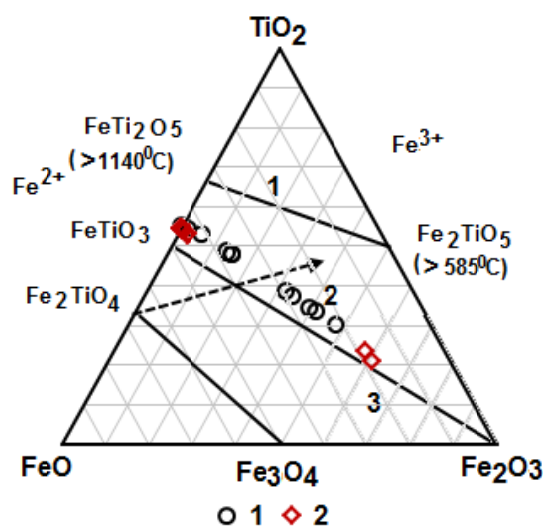


Рисунок 2– Система железотитановых окислов с главными фазами и сериями твердых растворов. Серии: 1 – псевдобрукита, 2 – ильменит – титаногематита, 3 – ульвошпинель – титаномagnetита. Пунктирная линия – тренд окисления [7]. Феррошпинель: 1 – пикрита, 2 – пикритового диабаз каратургайского комплекса.

Figure 2 – Pattern of iron-titanium oxides with main phases and series of solid solutions.

Нами были изучены акцессорные минералы группы шпинели пикрита, тяготеющего к подошве силла, а также пикритового диабаз, слагающего его кровлю.

Ниже будут рассмотрены их химические особенности в связи с их ассоциацией с платино-медно-никелево-свинцово-цинковой, редкоземельной минерализацией и возможными процессами кумулятивного расслоения пикритовой магмы.

Методы исследования. Состав акцессориев каратургайского диабаз-пикритового комплекса был изучен в лаборатории минералогии ТОО ИГН (Алматы) с помощью энергодисперсионного спектрометра INCA ENERGY, фирмы OXFORD INSTRUMENTS, Англия, установленного на электронно-зондовый микроанализатор Superprobe 733, фирмы JEOL, Япония (ускоряющее напряжение 25 кВ, ток зонда 25 нА, диаметр зонда 1–2 мкм). В качестве образцов сравнения использовали: для Si - (SiO_2), Ti - (TiO_2), Al - (Al_2O_3), Fe - (Fe_2O_3), Mn - (MnO), Mg - (MgO), Cr - (Cr_2O_3), V - (V_2O_5), Zn - (Zn). Результаты анализов нормировали на 100%. Все фото были выполнены в режиме обратно-рассеянных электронов, в котором контраст на изображении зависит от среднего атомного номера фазы \bar{Z} . Чем больше \bar{Z} , т. е. чем больше тяжёлых элементов, тем светлее эта фаза на изображении.

Результаты исследований. Нами впервые в составе пикритов и пикритовых диабазов каратургайского комплекса выделено две генерации минералов группы феррошпинели, которые различаются структурами распада твердых растворов и химическим составом (рисунок 2). Феррошпинель первой генерации представлена структурой распада ильменит – титаногематитовой серии

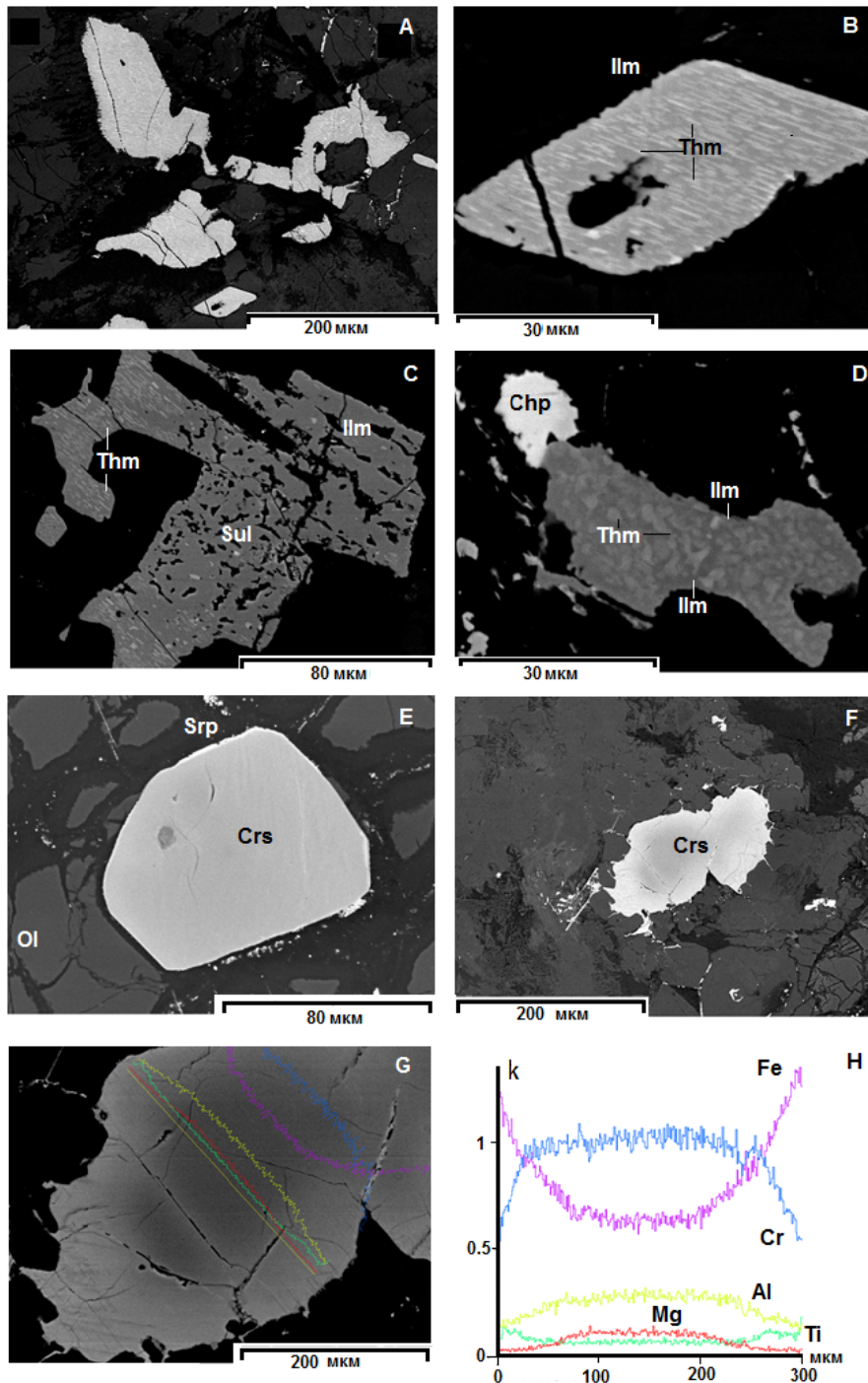


Рисунок 3 – Фото в обратно-рассеянных электронах участков шлифа пикрита каратургайского комплекса. А-С. Структуры распада твердых растворов ильменита. Параллельно ориентированные ламели титаногематита (светло-серое) в матрице ильменита (серое). С. Ярко-белое зернышко прямоугольной формы вероятно представлено сульфидом (Sul) меди-цинка (CuZnS_2), в состав которого входят Ni, W, V Mn. D. Нам удалось получить поперечный срез ламелей титаногематита (светло-серое) в ильменитовой матрице, которые имеют форму неправильных и нередко округленных многогранников во многих случаях тесно прижатых друг к другу. Обладает ли аналогичной структурой манганоильменит пикритового диабаз, нам установить не представилось возможным. В верхнем левом углу кристалл халькопирита (Chp). Темная масса – это силикатные минералы пикрита. Е-Ф. Формы нахождения хромшпинели (светло-серое зерно в распадае ярко-белые). Интерстиции между силикатными минералами выполнены ксеноморфным зерном хромшпинели с явно выраженной структурой распада твердого раствора. H. Диаграммы распределения Cr-Fe-Mg-Al-Ti в зерне ксеноморфной хромшпинели по профилю на рисунке G.

Figure 3 – Backscattered electron image of picrite polished sections of the Karaturgai complex.

с изоморфизмом двух и трехвалентных катионов, а феррошпинель второй генерации представлена структурой распада манганоильменит – титаногематитовой серии. Хромшпинель отвечает субферриалюмохромиру, реже ферриалюмохромиру и оба они имеют невысокую и относительно постоянную хромистость.

Шпинели пикритов. Ильменит (FeTiO_3) обладает структурой распада ильменит – титаногематитовой серии с изоморфизмом двух и трехвалентных катионов: $\text{Mg}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Mn}^{2+}$; $\text{Cr}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{V}^{3+}$, а также и Ti^{4+} . Такая структура распада ильменита обнаружена только в составе рудосодержащего пикрита. Ильменит (таблица 1, 1-11) обогащен MnO (<3.90%), MgO (1.08%), V_2O_3 (<0.85%), Cr_2O_3 (<0.40%), CaO (<0.19%), что позволяет рассматривать его как манганоильменит обогащённый магнием.

Титаногематит (Fe_2O_3) представлен ламелями, количество которых достигает 80-90 % от общего объёма зерен манганоильменита, их форма и размер отображены на рисунке 3 (А, В). Состав изученных ламелей, как и матрикса, крайне непостоянный (таблица 1, 1-11).

Таблица 1 – Составы распада твердых растворов ильменита (мас. %) пикрита (1-11) и манганоильменита и титаногематита пикритового диабаз (12-25) каратургайского комплекса

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ п/п	Минерал	TiO_2	FeO	MnO	MgO	Cr_2O_3	CaO	V_2O_3
Ламели – матрикс								
1	Титаногематит	30.40	66.04	1.46	0.32	0.52	0.13	1.14
2	Манганоильменит	38.23	57.82	1.95	0.61	0.40	0.15	0.85
3	Манганоильменит	46.58	49.15	2.90	0.75	0.05	0.16	0.41
4	Манганоильменит	50.43	44.89	3.09	0.85	0.10	0.27	0.36
5	Манганоильменит	46.09	49.35	2.81	0.84	0.27	0.23	0.42
6	Манганоильменит	36.95	59.21	1.91	0.60	0.35	0.19	0.79
7	Титаногематит	33.51	62.80	1.71	0.37	0.34	0.08	1.19
8	Манганоильменит	46.27	49.36	2.53	1.08	0.03	0.08	0.65
9	Титаногематит	33.95	61.39	2.00	0.31	0.37	0.16	0.83
10	Манганоильменит	52.03	43.86	3.14	0.51	0.06	0.13	0.27
11	Манганоильменит	52.82	43.45	2.91	0.25	0.27	0.10	0.20
Ламели								
12	Титаногематит	22.23	76.33	1.44				
13	Титаногематит	24.30	73.57	1.47				0.66
Матрикс								
14	Манганоильменит	51.62	44.25	3.44			0.69	
15	Манганоильменит	51.45	45.32	3.23				
16	Манганоильменит	52.44	44.41	3.15				
17	Манганоильменит	52.27	44.47	3.26				
18	Манганоильменит	52.68	44.43	2.89				
19	Манганоильменит	51.98	44.03	3.39				0.60
20	Манганоильменит	51.54	45.19	3.27				
21	Манганоильменит	52.70	44.19	3.11				
22	Манганоильменит	52.50	44.07	3.43				
23	Манганоильменит	52.65	44.02	3.33				
24	Манганоильменит	52.38	44.49	3.13				
25	Манганоильменит	52.74	43.95	3.31				

Хромшпинель представлена идиоморфными зернами (рисунок 4 (E)) и резко ксеноморфными зернами (рисунок 4 (F)), выполняющими неправильные промежутки между идиоморфными зернами оливина и пироксена. Нередко можно наблюдать, как хромшпинель проникает по трещинам в силикатные минералы. Кристаллы хромшпинели имеют четко выраженную зональность в распределении Fe, Ti и Cr, Al, Mg (рисунок 4 (H)). Кайма зерен характеризуется повышенными содержаниями Fe, Ti на фоне резкого обеднения Cr и относительно незначительного снижения концентраций Al, Mg.

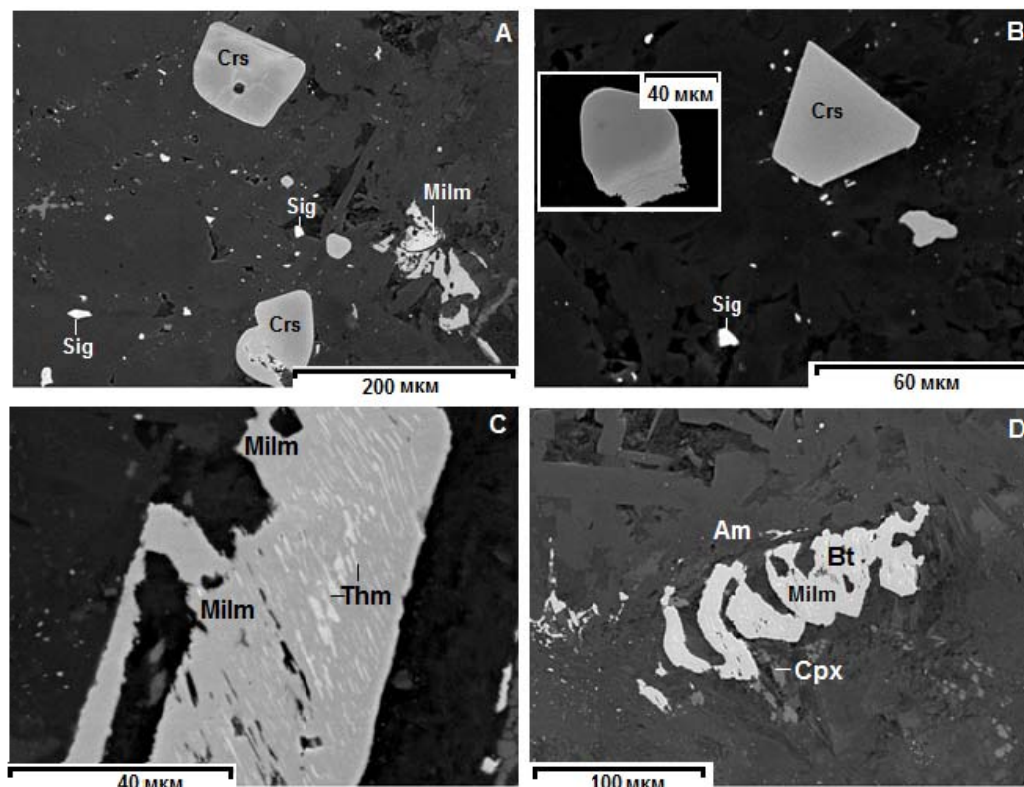


Рисунок 4 – Фото в обратно-рассеянных электронах участков шлифа пикритового диабаз каратургайского комплекса. А-В. Формы нахождения шпинели. Crs – хромшпинель; Sig – зигенит; Bt – биотит; Am – амфибол; Cpx – клинопироксен. С-Д. Структуры распада твердых растворов. Параллельно ориентированные пластинки – титаногематит (Thm – светло-серое) в матрице манганоильменита (Milm – ровное серое поле). На вставке к рисунку В показан пример распада твердых растворов в хромшпинели (светло-серая ребристая область в правой нижней части зерна).

Figure 4 – Backscattered electron image of picrite diabase polished sections of the Karaturgai complex

Согласно классификации Н. В. Павлова [8] хромшпинель (таблица 2) отвечает субферриалюмохромииту ($Cr_2O_3=41.72-45.80\%$, $Al_2O_3=16.63-16.67\%$), реже ферриалюмохромииту ($Cr_2O_3=38.65\%$, $Al_2O_3=11.60\%$) и оба они имеют невысокую и относительно постоянную хромистостью ($Cr/(Cr+Al)=0.66-0.69$), но их магниальность ($Mg\#=0.06-0.44$) изменяется в относительно широких пределах. Ксеноморфные и идиоморфные кристаллы субферриалюмохромиита редко обогащены V_2O_5 ($<0.87\%$) и ZnO ($<1.74\%$). Узкие каймы, опоясывающие хромшпинели представлены хроммагнетитом. Зерна субферриалюмохромиита рассечены прожилками магнетита.

Шпинели пикритового диабаз. Манганоильменит (таблица 1, 12-25) по химическому составу близок к стехиометрической формуле ильменита ($FeTiO_3$), однако он содержит довольно высокие концентрации марганца ($MnO=2.89-0.344\%$). По отношению к манганоильмениту пикрита он не содержит MgO , Cr_2O_3 и крайне редко в нём встречаются V_2O_5 и CaO . Структуры распада их твердых растворов отображены на рисунке 4 (C - D).

Титаногематит (таблица 1) относительно манганоильменита пикрита обогащен Fe_2O_3 ($<76.33\%$), но содержит меньше TiO_2 ($<24.30\%$) и MnO ($<1.47\%$).

Таблица 2 – Состав хромшпинели (мас. %) пикрита каратургайского комплекса

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TiO ₂	1.43	1.51	1.37	1.60	1.27	1.10	1.18	1.37	1.32	1.32
Al ₂ O ₃	15.26	15.48	15.63	14.73	14.34	14.12	13.50	14.00	13.20	13.87
FeO	25.76	26.49	25.45	26.83	30.47	30.83	33.28	33.46	38.12	35.90
MnO										0.92
MgO	11.30	10.95	11.08	11.22	8.28	7.56	6.58	7.01	4.70	4.27
Cr ₂ O ₃	46.25	45.57	46.46	45.63	45.64	46.39	45.46	44.16	42.66	43.72
Fe ₂ O ₃	7.94	8.035	7.233	8.894	8.247	7.742	8.805	9.448	10.86	8.615
FeO	18.62	19.260	18.942	18.827	22.959	23.864	25.357	24.96	28.34	28.148
24 аниона										
Ti	0.275	0.290	0.263	0.308	0.250	0.218	0.236	0.272	0.267	0.268
Al	4.591	4.664	4.704	4.442	4.420	4.379	4.225	4.358	4.188	4.405
Fe ³⁺	1.525	1.546	1.390	1.712	1.643	1.533	1.759	1.878	2.199	1.747
Fe ²⁺	3.974	4.117	4.045	4.028	5.021	5.252	5.631	5.512	6.381	6.342
Mn										
Mg	4.301	4.173	4.218	4.28	3.229	2.966	2.605	2.76	1.886	1.715
Ca										
Cr	9.335	9.211	9.380	9.230	9.437	9.652	9.544	9.221	9.079	9.314
Cr#	0.67	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68
Fe#	0.56	0.58	0.56	0.57	0.67	0.70	0.74	0.73	0.82	0.83
Mg#	0.44	0.42	0.44	0.43	0.33	0.30	0.26	0.27	0.18	0.17
Fe ^{2*}	3.974	4.117	4.045	4.028	5.022	5.252	5.631	5.512	6.381	6.342
Fe ^{3*}	1.525	1.545	1.390	1.712	1.642	1.533	1.759	1.877	2.199	1.747

Продолжение таблицы 2

№ п/п	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TiO ₂	1.50	1.20	1.19	6.99	2.88	1.69	1.13	1.33	1.05	1.18
Al ₂ O ₃	11.74	13.79	13.68	6.37	10.26	16.82	14.19	7.48	8.00	7.77
FeO	44.80	39.08	41.06	61.70	49.96	35.27	37.66	72.33	71.74	71.73
MnO				1.12						0.54
MgO	2.82	2.21	1.48		0.86	7.81	5.79	0.87	0.84	1.03
Cr ₂ O ₃	39,13	42.85	41.76	23.16	33.85	38.41	41.23	15.82	16.32	15.90
V ₂ O ₃			0.20	0.66	0.46			0.82	0.82	0.65
ZnO		0.88	0.62		1.74			1.36	1.25	1.19
Fe ₂ O ₃	15.083	8.726	9.356	25.564	18.074	11.96	12.195	42.12	43.49	44.25
FeO	31.228	31.288	32.641	38.696	33.696	24.51	26.687	31.15	32.60	31.91
24										
Ti	0.309	0.247	0.246	1.500	0.606	0.329	0.226	0.280	0.221	0.248
Al	3.792	4.445	4.438	2.141	3.385	5.138	4.445	2.467	2.633	2.556
Fe ³⁺	3.111	1.796	1.938	5,486	3.807	2.333	2.439	9.289	9.139	9.295
Fe ²⁺	7.157	7.142	7.513	9.229	7.888	5.312	5.932	7.636	7.613	7.446
Mn				0.271						0.158
Mg	1.152	0.901	0.607		0.359	3.018	2.294	0.363	0.350	0.427
Ca										
Cr	8.479	9.265	9.087	5.222	7.492	7.871	8.664	3.500	3.603	3.508
Zn			0.126	0	0.360			0.281	0.258	0.245
V			0.44	0.151	0.103			0.184	0.184	0.145
Cr#	0.69	0.68	0.67	0.71	0.69	0.61	0.66	0.59	0.58	0.58
Fe#	0.90	0.91	0.94	1.00	0.97	0.72	0.78	0.98	0.98	0.98
Mg#	0.10	0.09	0.06		0.03	0.28	0.22	0.02	0.02	0.02
Fe ^{2*}	7.157	7.142	7.513	9.229	7.888	5.312	5.932	7.636	7.613	7.446
Fe ^{3*}	3.111	1.800	1.938	5.486	3.810	2.333	2.439	9,290	9.139	9.295

№ п/п	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TiO ₂	1.75	1.27	1.36	2.50	2.22	2.03	2.12	2.04	1.03	1.62
Al ₂ O ₃	14.27	15.04	14.70	17.65	17.24	16.56	16.60	17.17	5.29	1.69
FeO	44.10	32.76	34.51	30.84	36.39	37.74	34.15	31.39	71.69	73.89
MnO						0.17			0.71	0.91
MgO	2.49	8.16	6.22	10.55	6.67	4.85	7.64	8.70	0.73	
Cr ₂ O ₃	36.89	42.20	43.21	38.46	37.49	37.77	39.48	40.69	19.88	20.70
V ₂ O ₃	0.50	0.57							0.68	0.57
ZnO						0.87				0.62
Fe ₂ O ₃	13.081	10.522	9.163	10.767	10.681	10.484	10.073	8.814	43.27	45.337
FeO	32.890	23.292	26.265	21.151	26.779	28.306	25.086	23.459	32.753	33.093
24										
Ti	0.358	0.249	0.271	0.447	0.436	0.405	0.415	0.395	0.219	0.352
Al	4.572	4.621	4.587	5.277	5.300	5.177	5.086	8.288	1.732	0.576
Fe ³⁺	2.676	2.064	1.826	2.055	2.097	2.092	1.970	1.709	9.203	9.859
Fe ²⁺	7.349	5.078	5.815	4.487	5.842	6.278	5.453	5.054	7.741	7.997
Mn						0.038			0.170	0.223
Mg	1.009	3.172	2.455	3.990	2.594	1.918	2.961	3.342	0.308	
Ca										
Cr	7.928	8.698	9.046	7.714	7.732	7.921	8.114	8.288	4.443	4.729
Zn						0.170				0.132
V	0.109	0.119							0.154	0.132
Cr#	0.63	0.65	0.66	0.59	0.59	0.60	0.61	0.61	0.72	0.89
Fe#	0.91	0.69	0.76	0.62	0.75	0.81	0.71	0.67	0.98	1.00
Mg#	0.09	0.35	0.24	0.37	0.25	0.19	0.29	0.33	0.02	0.0
Fe ^{2*}	7.349	5.078	5.815	4.487	5.842	6.278	5.453	5.054	7.741	7.997
Fe ^{3*}	2.676	2.064	1.825	2.055	2.096	2.092	1.970	1.708	9.203	9.859

Таблица 3 – Состав хромшпинели (мас. %) пикритового диабаза каратургайского комплекса

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TiO ₂	1.30	1.46	1.43	1.50	1.44	1.42	1.61	1.52	1.28	1.48	1.29	16.06
Al ₂ O ₃	15.89	15.38	15.25	16.44	16.40	15.25	16.59	15.68	15.82	16.72	16.22	
FeO	39.80	36.25	33.18	32.17	36.78	33.18	29.24	34.18	30.25	23.98	33.59	71.30
MnO	0.66		0.82		0.90	0.83						1.73
MgO	2.26	8.83	6.36	8.00	4.20	6.36	9.68	6.27	8.65	12.54	5.41	
CaO								0.29	0.21			
Cr ₂ O ₃	39.45	38.07	42.96	41.37	39.60	42.96	42.69	42.06	43.62	45.28	43.49	10.32
V ₂ O ₃	0.31			0.52			0.19		0.17			
ZnO	0.33				0.68							0.59
Fe ₂ O ₃	9.23	15.21	8.69	9.15	9.57	8.71	8.62	8.94	8.73	7.77	6.61	29.49
FeO	31.49	22.56	25.37	23.94	28.57	25.35	21.48	26.14	22.39	16.99	27.64	44.77
Ti	0.265	0.284	0.284	0.293	0.289	0.282	0.311	0.301	0.249	0.280	0.257	3.546
Al	5.073	4.688	4.743	5.029	5.154	4.743	5.016	4.868	4.830	4.959	5.063	0.000
Fe ³⁺	1.882	2.960	1.725	1.786	1.920	1.729	1.665	1.771	1.702	1.471	1.318	6.516
Fe ²⁺	7.135	4.879	5.598	5.197	6.282	5.594	4.608	5.757	4.850	3.575	6.121	10.99
Mn	0.151	0.00	0.183	0.000	0.203	0.186	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.430
Mg	0.913	3.405	2.503	3.096	1.67	2.502	3.702	2.462	3.341	4.705	2.136	0.000
Ca	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.082	0.058	0.000	0.000	0.000
Cr	8.450	7.784	8.964	8.490	8.349	8.964	8.659	8.759	8.934	9.009	9.106	2.395
Zn	0.066	0.00	0.00	0.000	0.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.128
V	0.065	0.00	0.00	0.108	0.000	0.000	0.039	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000
Cr#	0.62	0.62	0.65	0.63	0.62	0.65	0.63	0.64	0.65	0.64	0.64	
Fe#	0.91	0.70	0.75	0.69	0.83	0.75	0.63	0.75	0.66	0.52	0.78	
Mg#	0.09	0.30	0.25	0.31	0.17	0.25	0.27	0.25	0.34	0.48	0.22	
Fe ^{2*}	0.791	0.622	0.764	0.744	0.766	0.764	0.735	0.765	0.740	0.708	0.823	0.628
Fe ^{3*}	0.209	0.378	0.236	0.256	0.234	0.236	0.265	0.235	0.260	0.292	0.177	0.372

Примечание. Количества FeO и Fe₂O₃ рассчитаны по стехиометрии.

Хромшпинель (таблица 3) образует идеально ограненные кристаллы, которые достигают размера 120 мкм в поперечнике, и представлены многогранниками и округлыми выделениями. Редко кристаллы хромшпинели окантованы тонкой каемкой титаномагнетита (рисунок 4, А, В), содержащего MnO (1.72 %) и ZnO (0.59 %). Как правило, уровень концентрации MnO выше, чем в ядре хромшпинели. Согласно классификации Н. В. Павлова [8] хромшпинель отвечает субферри-алюмохромиту ($\text{Cr}_2\text{O}_3=39.45-45.28\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=15.25-16.72\%$) и имеет невысокую и относительно постоянную хромистость ($\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})=0.62-0.65$), но ее магнезиальность ($\text{Mg}\#=0.09-0.48$) изменяется в относительно широких пределах. В ее составе спорадически встречаются CaO, MnO, V_2O_5 , ZnO. Также встречено зерно ферриалюмохромита ($\text{Cr}_2\text{O}_3=38.07\%$, таблица 2, № п/п 2).

Обсуждение. Химические составы манганоильменита пикрита и пикритового диабазов существенно различаются, и прежде всего, последний не содержит MgO, Cr_2O_3 и лишь спорадически в нем отмечаются единичные значения V_2O_5 , и CaO.

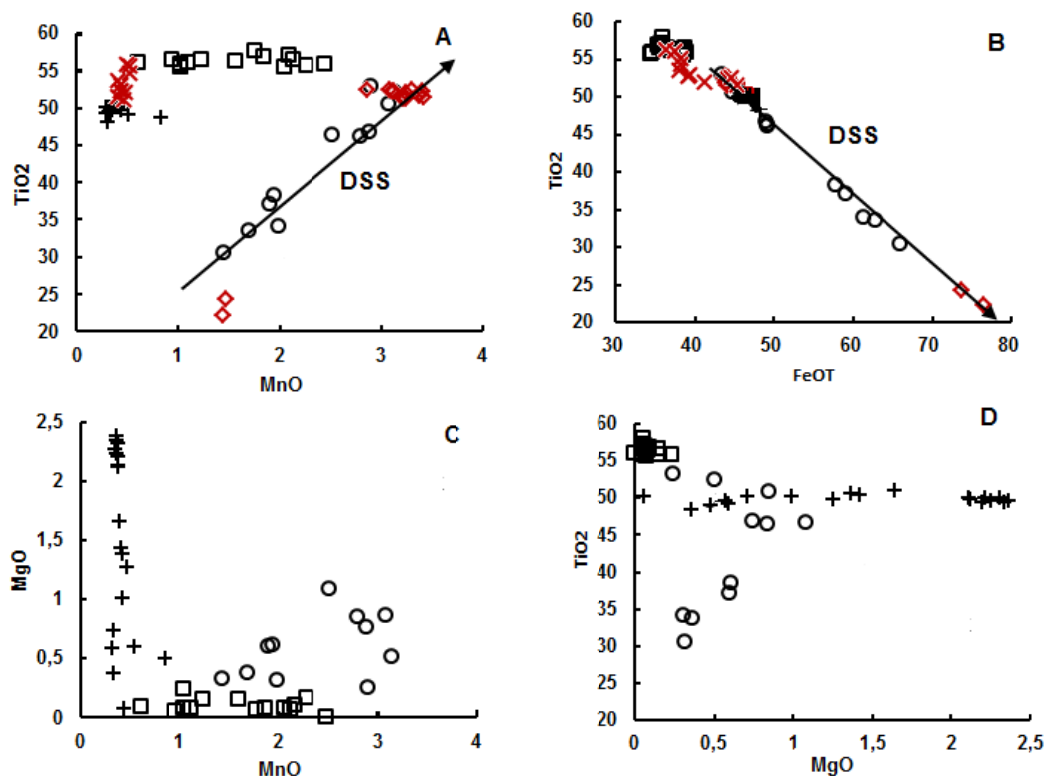


Рисунок 5 – Соотношение содержания TiO_2 и MnO, TiO_2 и FeO, MgO и MnO, TiO_2 и MgO (мас. %) манганоильменита пикритов (пустые кружки), пикритовых диабазов (красные ромбы) каратургайского комплекса и ильменита кимберлитов (квадраты) тр. Пандреа-3, район Джуина, Бразилия [9], трахидолеритов (кресты) ергалахского комплекса Норильских траппов [10], пикритов (красные косые кресты) Инсица комплекса, Транскей, восточное побережье ЮАР [11].
DSS – Decomposition of Solid Solutions (распад твердых растворов).

Figure 5 – Grade ratios of TiO_2 and MnO, TiO_2 and FeO, MgO and MnO, TiO_2 and MgO (wt%).

На диаграммах рисунка 5 фигуративные точки ильменита пикритов, пикритовых диабазов, траппов и кимберлитов образуют изолированные друг от друга поля и тренды, что подчеркивает их значительные химические различия между собой. Фигуративные точки манганоильменита и титаномагнетита из пикритового диабаза ложатся на тренды, образованные точками распада твердых растворов ильменит-титаномагнетитовой серии с изоморфизмом двух и трехвалентных катионов из пикрита каратургайского комплекса, что указывает на гетеровалентное замещение железа титаном и отчасти магния титаном, а также на изовалентное изоморфное замещение титаном и марганцем. По классификации С. Е. Хаггарти [12] такой манганоильменит встречается в толитах, что подтверждается и химическим составом пикритового диабаза [1].

Таблица 3 – Характеристика состава ильменита из различных пород

Компонент, мас. %	Пикриты, реки Каратургай	Пикритовые диабазы, реки Каратургай	Кимберлиты, Джуаны [9]	Карбонатиты Джакупиранги [14]	Метаморфические ультраосновные породы, Зап. Австралии [15]	Траппы Норильского района [10]
MnO	1.60 – 2.99	2.79 – 3.33	0.63– 2.49	2.29 – 7.87	1.15 – 7.38	0.2 – 5.14
MgO	0.27 – 1.00	–	0.0 – 0.24	15.69 – 23.46	0.01 – 0.49	0.06 – 2.32
TiO ₂	31.22 – 50.41	49.22 – 51.96	55.49–57.79	55.83 – 59.24	42.80 – 52.66	40.16– 54.14
CaO	0.07 – 0.25	–	–	–	–	–
V ₂ O ₃	0.22 – 1.34	(е.п. 0.76)	0.21–0.39	–	0.01 – 0.43	0,0 – 1.1
Cr ₂ O ₃	0.04 – 0.37	(е.п. 0.66)	–	–	–	0.0 – 0.54
NiO	–	–	0.0 – 0.02	4.56 – 6.80	–	0.0 – 0.042

Одной из химических особенностей изученных мanganоильменитов пикрита каратургайского комплекса являются необычно высокие содержания ванадия ($V_2O_3=0.22-0.85\%$), что значительно превышает его содержание в известных на сегодня ильменитах кимберлитов и в других основных и ультраосновных породах (таблица 3). Ванадий имеет геохимическое сродство с Fe^{2+} и Fe^{3+} , а также с Cr, Mn и Ti, что подтверждается его изовалентным замещением железом и хромом и гетеровалентным замещением титаном и марганцем (рисунок 6). Повышенные содержания V_2O_3 (единичные значения до 1.1 %) отмечены в ильмените пикритов туклонской свиты Норильских траппов [10] и широко известны в ильмените интрузивных траппов западной части Сибирской платформы [13].

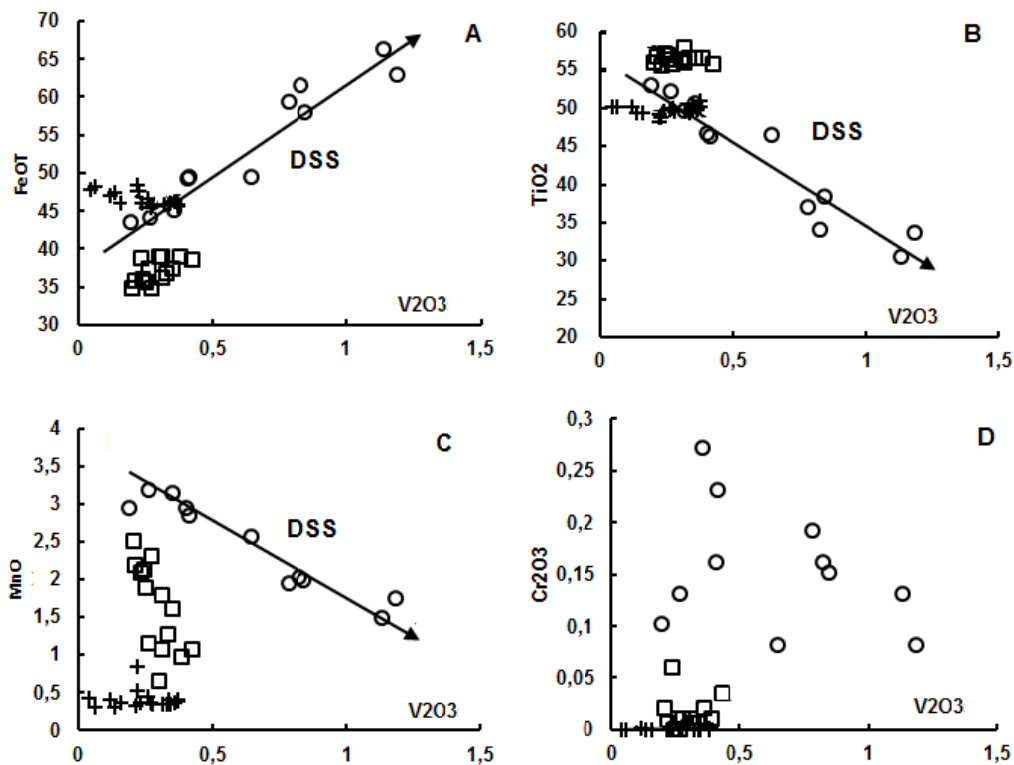


Рисунок 6 – Соотношение содержания FeO, TiO₂, MnO, Cr₂O₃ и V₂O₃ в мanganоильмените пикрита каратургайского комплекса и ильменита кимберлитов тр. Пандреа-3, район Джуина, Бразилия (мас. %) [9], трахидолеритов (кресты) ергалахского комплекса Норильских траппов [10].

Figure 6 – Grade ratios of FeO, TiO₂, MnO, Cr₂O₃ and V₂O₃

Диаграммы соотношений Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , Cr_2O_3 и V_2O_3 (рисунок 6) демонстрируют корреляцию этих элементов к ванадию в ильмените пикрита каратургайского комплекса, тогда как в кимберлитах, траппах и пикритах других комплексов эта закономерность не проявлена.

Это касается и содержания кальция ($\text{CaO}=0.07\text{--}0.25$ мас. %), который пока не обнаружен в составе ильменитов (таблица 3) кимберлитов [9], карбонатитов [14], траппов [10], метаморфических ультраосновных породах [15]. CaO крайне редко встречается в ильменитах пикритов ЮАР [11], но широко известен в ильменитах кимберлитов аномалии 181 Восточной части Укукитского поля, Якутии [16].

Химические составы субферриалюмохромитов пикрита и пикритового диабаза существенно не отличаются, что свидетельствует об их образовании из одного мантийного расплава. Однако в субферриалюмохромице пикрита четко проявлена структура распада твердых растворов, которая крайне неотчетливо заметна в таковых пикритового диабаза, тяготеющего к зоне закала силлов. То есть поздние кристаллы хромшпинели в пикритовом диабазе в своей массе процессу распада не подвергались, на это указывают их четкие кристаллографические формы (рисунок 4, А, В). Однако редко отмечается образование тонких каемок или внешних оболочек сложенных титаномагнетитом. Такие особенности строения хромшпинели пикритов, как считают авторы [17], свидетельствуют о равновесной кристаллизации мантийного расплава с постепенным понижением температуры у подошвы силла. Тогда как в зоне закала остывание магматического расплава происходило более резко.

Хромшпинель изученного пикрита и пикритового диабаза по химическому составу резко отличается от шпинелидов абиссальных перидотитов, спрединговых задуговых и преддуговых бассейнов, производных плавления гранатового перидотита (рисунок 7). Относительно хромшпинели пикритов Талнахской рудной интрузии Норильских траппов [18] субферриалюмохромит пикритового диабаза каратургайского комплекса обеднен TiO_2 и для него нехарактерен рост железистости при снижении хромистости и глиноземистости, но характерно постоянство хромистости при широких флюктуациях магнезиальности. Такая закономерность установлена и для субферриалюмохромитов из мезоархейских коматиитовых лав Совдозерской структуры Фенноскандинавского щита, однако для них типична более высокая хромистость и обогащение никелем и марганцем [17].

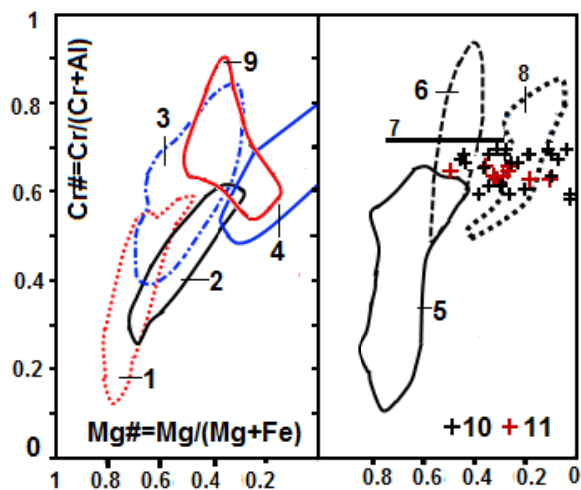


Рисунок 7 – Диаграмма соотношений $\text{Cr}\# - \text{Mg}\#$ в хромшпинелидах из различных геодинамических обстановок.

1 – срединно-океанических хребтов; 2 – задуговых бассейнов; 3 – преддуговых симатических бассейнов [19];

4 – преддуговых салических бассейнов [20]; 5 – абиссальных перидотитов [21];

6 – перидотитов Идзу-Бонин-Марианской островодужной системы [22]; 7 – тренд коматиитовых лав Фенноскандинавского щита [7]; 8 – пикритов Талнахского рудоносного интрузива Норильских траппов [18];

9 – алмазоносных меймечитов щелочно-ультраосновных вулканитов Восточной Камчатки [23];

10 – пикрита и 11 – пикритового диабаза каратургайского комплекса.

Figure 7 – Ratio diagram of $\text{Cr}\# - \text{Mg}\#$ in chromspinelides for different geodynamic settings

Высокий уровень концентрации CaO (0.13–0.27%) субферриалюмохромита пикритового диабаз каратургайского комплекса указывает на избыточные содержания карбоната в магме, что, по-видимому, является характерным признаком пикрит-карбонатитовых магм.

Учитывая четко выраженные химические отличия минералов группы феррошпинели пикрита и пикритового диабаз каратургайского комплекса и их ассоциацию с различными сульфидными минералами, дают основание предполагать, что они формировались в различных термодинамических условиях. Эти условия, как правило [7], увязываются с окислительным или восстановительным отжигом-распадом минералов группы шпинели, обусловленным как скоростью охлаждения магматического расплава, так и его взаимодействием с флюидами.

Следует отметить, что присутствие в пикрите и пикритовом диабазе подошвы и кровли потоков силлов соответственно совместно в одном образце кристаллов хромшпинели, манганоильменита и титаногематита дает основание говорить об их образовании в гипабиссальных условиях. Так как в титаногематите железо находится в высокой степени окисления, это предполагает его образование в условиях с более высоким потенциалом кислорода.

На их гипабиссальную природу, учитывая экспериментальные данные [24], указывает также низкий уровень концентрации магния в ильмените пикрита и его полное отсутствие в манганоильмените пикритового диабаз.

Изучение шпинели пород каратургайского комплекса только началось, и дальнейшие детальные исследования помогут нам более точно определить их значение при кристаллизации пикрито-карбонатитовых магм в процессе формирования комплексных медно-никель-свинцово-цинковых руд, характеризующихся избыточными содержаниями платиноидов, РЗЭ.

Авторы благодарят И. В. Глухана (Россия) за возможность познакомиться с его неопубликованными материалами по пикритам Северного Улытау, мы также выражаем благодарность М. Хакимжанову (Казахстан) за подготовку образцов к лабораторным исследованиям. Особую благодарность приносим Л. Е. Попову (Англия) за критические замечания, полезные дискуссии в процессе написания статьи и за редакцию английского варианта статьи.

Р.С. Интерес к изучению манганоильменита, прежде всего, обусловлен тем, что он является минералом-спутником алмаза в кимберлитах, карбонатитах и метаморфических ультраосновных породах. Этот тезис дает нам право продолжить изучение шпинели в породах каратургайского комплекса, в составе которого встречаются рудоносные карбонатитоиды и ультраосновные брекчии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан № 0302 / ГФ 4 "Создание базы данных по уникальным, редким и недостаточно изученным минералам месторождений благородных и редких элементов Казахстана для комплексного освоения минерального сырья".

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Михайлов Н.П., Семенов Ю.Л. Каратургайский диабаз-пикритовый комплекс в Казахстане и некоторые вопросы петрологии пикритов // Советская геология. – 1965. – № 3. – С. 43-58.
- [2] Вишневская И.И., Трусова И.Ф. Западно-Улытауский пояс ультраосновных и основных пород // Геология и разведка. – 1967. – № 11. – С. 32-43.
- [3] Бейсеев О.Б. О геологических основах поисков сульфидных медно-никелевых руд в Северном Улытау // Геология, разведка и методы изучения месторождений полезных ископаемых. – Алма-Ата: КазИМС, 1969. – С. 55–57.
- [4] Михайлов Н.П., Иняхин М.В., Ляпичев Г.Ф. Петрография Центрального Казахстана. – Т. 2: Интрузивные формации основных и ультраосновных пород. – М.: Недра, 1971. – 360 с.
- [5] Степанец В.Г., Левин В.Л., Савельева Н.А., Хакимжанов М., Макат Д.К. Эволюция пикритового магматизма и рудообразование в Улытауском районе центрального Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2017. – № 1. – С. 19-36.
- [6] Бейсеев О.Б., Бейсеев А.О., Альпиев Е.А., Кашкимбаев К.К. Геологические и геотехнологические критерии оценки промышленных перспектив новых рудопроявлений цветных, благородных металлов и нерудного сырья Жесказган-Улытауского района как материалов для высоких технологий. Алмазы, золото и благородные металлы. – Геоматериалы. – 2010. – С. 137-141.
- [7] Патнис А., Мак-Коннелл Дж. Основные черты поведения минералов / Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 304 с.
- [8] Павлов Н.В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов // Тр. Института геол. наук АН СССР. – Вып. 103. – Серия рудных месторождений. – 1949. – № 13. – С. 10-35.

- [9] Каминский Ф.В., Белоусова Е.А. Мanganойльменит как минерал-спутник алмаза в кимберлитах // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 12. – С. 1560–1570.
- [10] Рябов В.В., Шевко А.Я., Гора М.П. Магматические образования Норильского района. – Т. 1: Петрология траппов. – Новосибирск: Изд-во Нонпарель, 2001. – 408 с.
- [11] Sawthorn R.G., Bristow J.W., Groves D.I. Magnesian ilmenite in picritic basalts from the Karoo Province, South Africa // Mineralogical Magazine. – April 1989. – Vol. 53. – P. 245-252.
- [12] Haggerty S.E. (1976) In Oxide Minerals (D. Rumble, ed.) Min. Soc. Am. Hg 101-300.
- [13] Мазуров М.П., Васильев Ю.П., Шихова А.В., Титов А.Т. Ассоциации и строение рудных минералов в интрузивных траппах западной части Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 1. – С. 94-107.
- [14] Mitchell R.H. Manganoan magnesian ilmenite and titanian clinohumite from the Jacupiranga carbonatite, Sao Paulo, Brazil // Amer. Miner. – 1978. – Vol. 63, N 5-6. – P. 544-547.
- [15] Cassidy K.F., Groves D.I., Binns R.A. Manganoan ilmenite formed during regional metamorphism of Archean mafic and ultramafic rocks from Western Australia // Canad. Miner. – 1988. – Vol. 26, N 4. – P. 999-1012.
- [16] Алтухова З.А., Зайцев А.И., Олейников О.Б. Фациальные особенности кимберлитовых пород сложнопостроенных тел на примере аномалии 181 Восточной части Укукитского поля (Якутия) // Литосфера. – 2010. – № 4. – С. 31-51.
- [17] Рыбникова З.П., Светов С.А. Геохимия аксессуарных хромитов из мезоархейских коматитов центральной Карелии (на примере Совдозерской структуры) // Труды Карельского научного центра РАН. – 2014. – № 1. – С. 158-166.
- [18] Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы норильского рудного поля // – Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 9. – С. 1356-1378.
- [19] Stern R.J., Johnson P.R., Kroener A., Yibas B. 2004. Neoproterozoic ophiolites of the Arabian-Nubian Shield. In Kusky, T. M., ed. Precambrian ophiolites and related rocks. Dev. Precambrian Geol. – 13. – P. 95-128.
- [20] Kepezhinskas P.K., Taylor R.N., Tanaka H. Geochemistry of Plutonic Spinels from the North Kamchatka Arc: Comparisons with Spinels from Other Tectonic Settings. Mineralogical Magazine – MINER MAG 01. – 1993. – 57(389). – P. 575-589.
- [21] Rampone E., Piccardo G.B., Vannucci R., Bottazzi P., Ottolini L. Subsolidus reactions monitored by trace element partitioning: The spinel- to plagioclase-facies transition in mantle peridotites // Contrib. Mineral. Petrol. – 1993. – 115. – P. 1-17.
- [22] Ishii T., Robinson P.T., Maekawa H., Fiske R. Petrological studies of peridotites from diapiric serpentinite seamounts in the Isu-Ogasawara-Mariana forearc, Leg 125 // In: Fryer P., Pearce J.A., Stokking L.B., et al. (eds) Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 125. College Station TX: Ocean Drilling Program. – 1992. – P. 445-485.
- [23] Селиверстов В.А. Термобарофильные минеральные парагенезисы алмазоносного щелочно- ультраосновного вулканического комплекса Восточной Камчатки // Вестник Краунц. – Науки о Земле. – 2009. – № 1. – Вып. 13. – С. 10-30.
- [24] Геншафт Ю.С., Цельмович В.А., Ганеев А.К. Кристаллизация Fe – Ti оксидных минералов в системе «базальт-ильменит» при высоких давлениях и температурах // Физика Земли. – 1999. – № 2. – С. 15-34.

REFERENCES

- [1] Mihajlov N.P., Semenov Ju.L. Karaturgajskij diabaz-pikritovij kompleks v Kazahstane i nekotorye voprosy petrologii pikritov. Sovetskaja geologija. 1965. N 3. P. 43-58.
- [2] Vishnevskaja I.I., Trusova I.F. Zapadno-Ulytauskij pojas ul'traosnovnyh i osnovnyh porod. Geologija i razvedka. 1967. N 11. P. 32-43.
- [3] Bejseev O.B. O geologicheskikh osnovah poiskov sul'fidnyh medno-nikelevykh rud v Severnom Ulytau // Geologija, razvedka i metody izuchenija mestorozhdenij poleznykh iskopaemyh. Alma-Ata: KazIMS, 1969. P. 55-57.
- [4] Mihajlov N.P., Injahn M.V., Ljapichev G.F. Petrografija Central'nogo Kazahstana. Vol. 2: Intruzivnye formacii osnovnyh i ul'traosnovnyh porod. M.: Nedra, 1971. 360 p.
- [5] Stepanec V.G., Levin V.L., Savel'eva N.A., Hakimzhanov M., Makat D.K. Jevoljucija pikritovogo magmatizma i rudoobrazovanie v Ulytauskom rajone central'nogo Kazahstana. Izvestija NAN RK. Serija geologii i tehniceskikh nauk. 2017. N 1. P. 19-36.
- [6] Bejseev O.B., Bejseev A.O., Al'piev E.A., Kashkimbaev K.K. Geologicheskie i geotehnologicheskie kriterii ocenki promyshlennyh perspektiv novykh rudoprojavlenij cvetnyh, blagorodnyh metallov i nerudnogo syr'ja Zheskazgan-Ulutauskogo rajona kak materialov dlja vysokih tehnologij. Almazы, zoloto i blagorodnye metally. Geomaterialy. 2010. P. 137-141.
- [7] Patnis A., Mak-Konnell Dzh. Osnovnye cherty povedenija mineralov / Per. s angl. M.: Mir, 1983. 304 p.
- [8] Pavlov N.V. Himicheskij sostav hromshpinelidov v svjazi s petrograficheskim sostavom porod ul'traosnovnyh intruzivov // Tr. Instituta geol. nauk AN SSSR. Vyp. 103. Serija rudnyh mestorozhdenij. 1949. N 13. P. 10-35.
- [9] Kaminskij F.V., Belousova E.A. Manganойльменит как минерал-спутник алмаза в кимберлитах // Геология и геофизика. 2009. Vol. 50, N 12. P. 1560-1570.
- [10] Rjabov V.V., Shevko A.Ja., Gora M.P. Magmатicheskie obrazovanija Noril'skogo rajona. Vol. 1: Petrologija trappov. Novosibirsk: Izd-vo Nonparel', 2001. 408 p.
- [11] Sawthorn R.G., Bristow J.W., Groves D.I. Magnesian ilmenite in picritic basalts from the Karoo Province, South Africa. Mineralogical Magazine, April 1989. Vol. 53. P. 245-252.
- [12] Haggerty S.E. (1976) In Oxide Minerals (D. Rumble, ed.) Min. Soc. Am. Hg 101-300.
- [13] Mazurov M.P., Vasil'ev Ju.R., Shihova A.V., Titov A.T. Associacii i stroenie rudnyh mineralov v intruzivnyh trappah zapadnoj chasti Sibirskoj platformy // Geologija i geofizika. 2014. Vol. 55, N 1. P. 94-107.
- [14] Mitchell R.H. Manganoan magnesian ilmenite and titanian clinohumite from the Jacupiranga carbonatite, Sao Paulo, Brazil // Amer. Miner. 1978. Vol. 63, N 5-6. P. 544-547.

- [15] Cassidy K.F., Groves D.I., Binns R.A. Manganoan ilmenite formed during regional metamorphism of Archean mafic and ultramafic rocks from Western Australia // *Canad. Miner.* 1988. Vol. 26, N 4. P. 999-1012.
- [16] Altuhova Z.A., Zajcev A.I., Olejnikov O.B. Facial'nye osobennosti kimberlitovyh porod slozhnopostroennyh tel na primere anomalii 181 Vostochnoj chasti Ukukitskogo polja (Jakutija). *Litosfera.* 2010. N 4. P. 31-51.
- [17] Rybnikova Z.P., Svetov S.A. Geohimija aksesornyh hromitov iz mezoarhejskih komatiitov central'noj Karelii (na primere Sovdozerskoj struktury) // *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN.* 2014. N 1. P. 158-166.
- [18] Spiridonov Je.M. Rudno-magmaticheskie sistemy noril'skogo rudnogo polja // *Geologija i geofizika.* 2010. Vol. 51, N 9. P. 1356-1378.
- [19] Stern R.J., Johnson P.R., Kro' ner A., Yibas, B. 2004. Neoproterozoic ophiolites of the Arabian-Nubian Shield. *In* Kusky, T. M., ed. Precambrian ophiolites and related rocks. *Dev. Precambrian Geol.* 13. P. 95-128.
- [20] Kepezhinskas P.K., Taylor R.N., Tanaka H. Geochemistry of Plutonic Spinels from the North Kamchatka Arc: Comparisons with Spinels from Other Tectonic Settings. *Mineralogical Magazine – MINER MAG* 01. 1993. 57(389). P. 575-589.
- [21] Rampone E., Piccardo G.B., Vannucci R., Bottazzi P., Ottolini L. Subsolidus reactions monitored by trace element partitioning: The spinel- to plagioclase-facies transition in mantle peridotites // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1993. 115. P. 1-17.
- [22] Ishii T., Robinson P.T., Maekawa H., Fiske R. Petrological studien of peridotites from diapiric serpentinite seamounts in the Izu-Ogasawara-Mariana forearc, Leg 125 // *In: Fryer P., Pearce J.A., Stokking L.B., et al. (eds) Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 125. College Station TX: Ocean Drilling Program.* 1992. P. 445-485.
- [23] Seliverstov V.A. Termobarofil'nye mineral'nye paragenezisy almazonosnogo shhelochno- ul'traosnovnogo vulkanicheskogo kompleksa Vostochnoj Kamchatki // *Vestnik Kraunc. Nauki o Zemle.* 2009. N 1. Vyp. 13. P. 10-30.
- [24] Genshaft Ju.S., Cel'movich V.A., Ganeev A.K. Kristallizacija Fe – Ti oksidnyh mineralov v sisteme «bazal't-il'menit» pri vysokih davlenijah i temperaturah. *Fizika Zemli.* 1999. N 2. P. 15-34.

В. Г. Степанец¹, В. Л. Левин²

¹RCMIRCOM.Germany,

²ИГН К. И. Сагпаева

СОЛТҮСТІК ҰЛЫТАУ ҚАРАТОРҒАЙ КЕШЕНІНІҢ ПИКРИТ ДИАБАЗДЫ ЖӘНЕ ШПИНЕЛЬДІ ПИКРИТ ТОПТАРЫНЫҢ МИНЕРАЛДЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН САЛЫСТЫРМАЛЫ СИПАТТАМАСЫ (ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН)

Аннотация. Біз INCA ENERGY энергетикалық дисперсиялы спектрометрді пайдалана отырып пикриттағы шпинель топтарының қосалқы минералдарын табанға қарай тартатын кушпен, сондай-ақ пикрит диабазының қосымша жабыны зерттелінді. Химиялық құрамы мен қатты ерітінділердің ыдырау құрылымдарында Қараторғай кешенінде пикрит және пикрит диабазды қосалқы феррошпинельдердің екі ұрпағы бөлінді. Феррошпинельдің бірінші генерациясында титанмагнетит сериясында изоморфизмді екі-үш валентті катиондарының құрылымдарының ыдырауы, ал феррошпинельдің екінші генерациясында титомагнетит сериясында манганоильминит құрылымының ыдырауы көрсетілген. Гематит белгілі болғандай қоршаған ортада жоғарғы оттегі тотығу барысында қалыптасады, бұл дегеніміз қалыптасу кезінде құрамында олардың гипабиссалды табиғи тау жыныстары тікелей шартты дәлелдем болып алады. Қараторғай кешеніндегі гипабиссалды табиғи тау жыныстың төменгі сатысындағы манганоильменит пикритті диабазында концентрацияланған магний мен ильменит пикриттің толық болмауы көрсетіледі. Шартты түрде баяу температураның төмендеуінен пикрит кристалдарының тепе-теңдікте балқуы нәтижесі анық байқалады және табанғы күш гравитациясы мен көлденең геохимиялық аймақта хромшпинель пикрит анықталған.

Түйін сөздер: Ұлытау, Қазақстан, пикриттер, диабаздар, сульфидті мыс-никель кендері, палладий, платина, неопротерезой.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 69 – 78

D. K. Azhgaliyev

LLP «Nedra-Engineering» Company, Astana, Kazakhstan

CARBONATE THICKNESS IN THE PALEOZOIC COMPLEX ON THE EASTERN BOARD OF THE CASPIAN BASIN

Abstract. The characteristics of the structure of the Paleozoic deposits of the eastern side of the Caspian basin (Zhanazhol-Tortkol zone), the features of the area distribution, the internal composition and the character of the petroleum potential of the carbonate packs KT-II and KT-I in the section of coal deposits are given. New data and basic results of prospecting works on local areas of the region (Urikhtau Group, Tuzkum, Akzhar Vostochny, Alibekmola) are considered, which are characterized by high prospects of growth of new hydrocarbon reserves. With this in mind, recommendations are based on further regional tracking of carbonate packs and the effective allocation of promising intervals in the section, as well as the area study of areas adjacent to the major Paleozoic uplifts of the Zhanazhol-Tortkol zone.

Key words: Eastern side of the Caspian basin, Zhanazhol-Tortkol zone, Paleozoic complex, subsalt sediments, carbonate packs of KT-II and KT-I, oil and gas prospects, carbonate rocks, test results.

УДК 553.55 (574.1)

Д. К. Ажгалиев

ТОО Компания «Недра-Инжиниринг», Астана, Казахстан

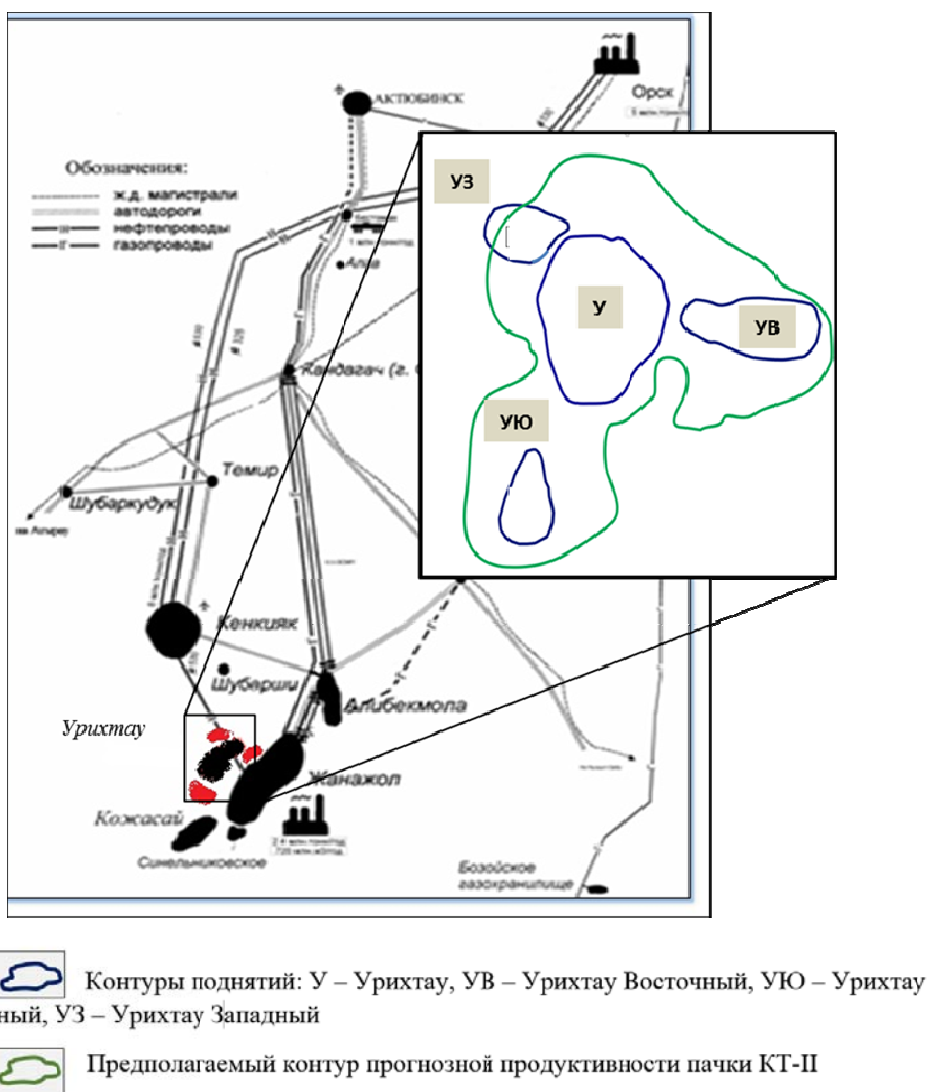
КАРБОНАТНЫЕ ТОЛЩИ В ПАЛЕОЗОЙСКОМ КОМПЛЕКСЕ НА ВОСТОЧНОМ БОРТУ ПРИКАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА

Аннотация. Приводится характеристика строения палеозойских отложений восточного борта Прикаспийского бассейна (Жаназол-Торткольская зона), особенности площадного распространения, внутреннего состава и характер нефтегазоносности карбонатных пачек КТ-II и КТ-I в разрезе каменноугольных отложений. Рассмотрены новые данные и основные результаты поисковых работ на локальных площадях данного региона (Урихтауская группа, Тузкум, Акжар Восточный, Алибекмола), которые характеризуются высокими перспективами прироста новых запасов УВ. С учетом этого обосновываются рекомендации по дальнейшему региональному прослеживанию карбонатных пачек и эффективному выделению перспективных интервалов в разрезе, а также площадному доизучению территорий, прилегающих к крупным палеозойским поднятиям Жаназол-Торткольской зоны.

Ключевые слова: восточный борт Прикаспийского бассейна, Жаназол-Торткольская зона, палеозойский комплекс, подсолевые отложения, карбонатные пачки КТ-II и КТ-I, перспективы нефтегазоносности, карбонатные породы, результаты испытания.

Введение. Традиционно основная доля запасов УВ в Прикаспийском бассейне в настоящее время связывается с палеозойским комплексом в его прибортовых зонах, в первую очередь, с крупнейшими карбонатными объектами рифогенного генезиса (Тенгиз, Кашаган и Карачаганак). Несколько обособленными, по условиям залегания, образования и генезиса, являются месторождения УВ в палеозойских карбонатных резервуарах на восточном борту Прикаспия (рисунок 1).

Нефтегазоносность палеозойских отложений на восточном борту Прикаспийского бассейна определяют нижняя (КТ-II) и верхняя (КТ-I) карбонатные пачки верхневизейско-башкирского ($C_{1v3}-C_{2b}$) и верхнеподольско-гжельского ($C_{2m}-C_{3g}$) возраста, соответственно [1, 3]. По результатам проведенных геологоразведочных работ (далее – ГРР), нижняя пачка КТ-II продуктивна в пределах Остансукского прогиба, Боржер-Акжарской ступени, Жанажол-Торткольской и Шубаркудук-Коскольской зоны валообразных поднятий на площадях Башенколь, Лактыбай, Кожасай, Жанажол, Алибекмола, Кокжиде и др. (рисунок 2). Верхняя карбонатная пачка КТ-I, в сравнении с нижней пачкой, имеет менее распространенный характер в пределах восточного борта Прикаспия



Legend:

1. The contours of the uplifts: U - Urikhtau, UV - Urikhtau Vostochny, UY - Urikhtau South, UZ - Urikhtau Western;
2. The proposed outline of the predicted productivity of the KT-II

Рисунок 1 – Обзорная схема инфраструктуры и месторождений восточного борта Прикаспийского бассейна (район Жанажол-Торткольской зоны поднятий)

Figure 1 – Overview diagram of the infrastructure and deposits of the eastern side of the PreCaspian basin (the area of the Zhanazhol-Tortkol zone of uplifts)



Рисунок 2 – Тектоническая схема восточного борта Прикаспийского бассейна по палеозойскому комплексу (по данным Акчулакова У.А. и др.; 2009–2013 гг.): 1. Геоблоки/ блоки фундамента: А – Восточный, Б – Новоалексеевский, В – Центрально-Прикаспийский, Г – Южный, Д – Сакмаро-Кокпектинская ступень/выходы палеозоя на поверхность; 2. Структуры II порядка. Зоны валообразных поднятий: I – Актюбинская, II – Темирская, IV – Жанажол-Торткольская, IX – Шубаркудук-Коскольская; прогибы: III – Остансукский, VI – Терескенский; тектонические ступени: V – Боржер-Акжарская, VIII – Байганинская; VII – Егенды-Сарыкумакская; 3. Валу/поднятия: 1 – Кенкияк-Аккудукский, 2 – Урихтау-Кожасайский, 3 – Жанажол-Синельниковский, 4 – Тузкумский, 5 – Торткольский, 6 – Восточно-Торткольский; 7 – Боржерский; 4. Контуры Прикаспийского бассейна; 5. Изогипсы по поверхности палеозойского комплекса (ОГ П₁), км; 6. Месторождения УВ; 7. Региональные разломы и тектонические нарушения

Figure 2 – Tectonic scheme the Paleozoic complex of the eastern side of the PreCaspian basin (according to Akchulakov U.A. and others, 2009–2013): 1. Geoblocks / blocksofthebasement: A - East, B - Novoalekseevsky, B - Central-Caspian, G-South, D - Sakmaro-Kokpektinskayasteps / Paleozoicoutcropstothsurface; 2. Top-level structures. Areas of sprawling uplifts: I - Akt'yubinsk, II - Temirskaya, IV - Zhanazhol-Tortkolskaya, IX - Shubarkuduk-Koskolskaya; Deflections: III - Ostansuk, VI - Teresken; Tectonic steps: V - Borzher-Akzharskaya, VIII - Baiganinskaya; VII - Yegendy-Sarykumak; 3. Shafts / Raises: 1 - Kenkiyak-Akkuduk, 2 - Urikhtau-Kozhasai, 3 - Zhanazhol-Sinelnikovsky, 4 - Tuzkum, 5 - Tortkolsky, 6 - East Tortkolsky; 7 - Borzhersky; 4. Contours of the PreCaspian basin; 5. Isohypses along the surface of the Paleozoic complex (reflecting the horizon P₁), km; 6. Hydrocarbondeposits; 7. Regionalfaults

пийского бассейна. Ее продуктивность выделена в пределах Жанажол-Торткольской зоны валобразных поднятий и Алибекмолинского вала (юг Остансукского прогиба). В первом случае для палеозойских поднятий отмечается структурное совпадение месторождений Жанажол-Синельниковского и Урихтау-Кожасайского вала (Кожасай, Жанажол, Урихтау, Трува Северная, Синельниковская) по обеим карбонатным толщам КТ-II и КТ-I. Это указывает на «общность» их тектонической природы и унаследованное развитие [3].

Актуальность дальнейшего детального изучения и степени прослеживания площадного распространения обеих карбонатных пачек одновременно тесно связана с вопросами, которые касаются объективных сложностей однозначного выделения перспективных интервалов в разрезе обеих пачек на этапе завершения бурения и испытания объектов в обсадной колонне. Результаты опробования зачастую носят неоднозначный характер и, в первую очередь, слабо соотносятся с параметрами пластов-коллекторов, которые ранее заданы по данным ГИС. Основными причинами этого, как полагаем, являются сложный характер распределения фильтрационно-емкостных свойств (далее – ФЕС) в карбонатной толще и внутри перспективных интервалов, не всегда оправданная выбранная методика опробования и общие издержки, связанные с недостаточно качественным проведением испытания. Приведение в соответствие перечисленных факторов объективно необходимо, так как в этом видится причина **значительного нереализованного потенциала рекомендованных по ГИС интервалов** внутри пачек КТ-II и КТ-I.

В целях уточнения возможностей установления генезиса УВ потенциала и определения факторов успешного опробования на УВ конкретных интервалов и более точной диагностики внутренних неоднородностей в пластах, рассмотрим характер строения и нефтегазоносность палеозойских поднятий, сложности однозначного выделения по ГИС объектов/интервалов для испытания. Опыт данных работ за последние годы на ряде площадей восточного борта Прикаспийского бассейна показывает широкие пределы значений пористости (4–16% для КТ-II и КТ-I), нефтенасыщенности (20–90%), проницаемости (1–160 мд). При этом слабо прослеживаются какие-либо закономерности, по которым можно было бы характеризовать конкретные интервалы с учетом результатов испытания.

Для начала приведем общую характеристику обеих карбонатных пачек по некоторым площадям в свете полученных результатов за последние годы.

Толщина карбонатных пачек КТ-II и КТ-I по данным бурения в целом, составляет 750–1150 и 450–820 м, соответственно [2]. Толщина пачек регионально уменьшается с восток-северо-востока на юг-юго-запад до 150–400 м и, до полного выклинивания, к западу на меридиане площадей Караулкельды и Акжар. Нижняя толща КТ-II является основным регионально выдержанным нефтегазоносным резервуаром в палеозойском комплексе восточной бортовой зоны Прикаспийского бассейна. Особенности внутреннего строения карбонатных пачек КТ-II и КТ-I рассмотрены ранее по результатам регионального Проекта «Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан» (Акчулаков У.А. и др.; 2009–2013 гг.).

Для пачки КТ-II характерен преимущественно нефтяной состав залежей. Нефтенасыщенная часть продуктивной толщи изменяется в широких пределах, от 50 м на Жанажол до 328 м на площади Жагабулак Восточный [1, 2]. На ряде площадей (Кожасай, Мортук Восточный, Жанажол, Трува Северная) в пачке КТ-II выявлены нефтегазоконденсатные залежи. Нефтегазоконденсатная залежь массивного типа приурочена к толще КТ-II на месторождении Кожасай. Толщина газоконденсатной и нефтяной части в нем составляет 290 м и 17–45 м, соответственно. Породы-коллекторы представлены известняками и доломитами со стилолитовыми и сутурными швами, пористость изменяется в пределах 0,04–0,1%. Пористость карбонатов по площади, как и в целом, ФЕС, меняется в довольно широких пределах. Севернее, в разрезе Урихтауской группы структур (Урихтау, Урихтау Восточный, Урихтау Южный и Урихтау Западный), пористость составляет 4–9%, при этом значение проницаемости достигает 50 мд (рисунок 3).

Результаты исследований многих лет показывают, что поровое пространство карбонатов в большей мере сформировано за счет трещиноватости и незначительной межзерновой остаточной пористости, которые видоизменены процессами вторичного минералообразования и слабого выщелачивания.

Карбонатная толща КТ-II имеет значительно более широкое площадное развитие на восточном борту бассейна, в то время как толща КТ-I распространена в основном в пределах Жанажольской ступени. По итогам работ за последние годы на площадях Урихтауской группы уточнены особенности внутреннего строения и площадного прослеживания влияния макро- и микронеоднородностей резервуарной части залежей в толщах КТ-II и КТ-I (НИИ «Каспиймунагаз»; 2015 г.). С учетом новых результатов ГРП (анализ данных бурения, ГИС и керн), внутреннее строение и характер развития в разрезе пород-коллекторов характеризуется следующими важными особенностями.

Пачка КТ-II.

- Основную емкость пород-коллекторов составляют первичные межзерновые остаточные поры и вторичные поры и каверны выщелачивания, распространение которых тесно связано с определенными литотипами пород и условиями осадконакопления. Поэтому, как и было принято ранее, пустотное пространство пород-коллекторов представлено порами, кавернами и трещинами.

- Породы-коллекторы характеризуются слабым развитием процессов выщелачивания и доломитизации, а также значительным распространением вторичной кальцитизации, за счет этого, в определенной степени, происходит сокращение порового пространства пород.

- В большей мере поровое пространство карбонатов образовано за счет трещиноватости и незначительных межзерновых остаточных пор, которые видоизменены процессами вторичного минералообразования и слабого выщелачивания.

- Отложения данной пачки формировались преимущественно в условиях свободного водообмена в пределах значительного по площади открытого шельфа и широкого развития процессов заполнения первичных пустот (частично либо полностью) карбонатным микритом и аутигенным кальцитом, крустифицирующим стенки полостей и заполняющим более крупными кристаллами внутренние части пустот. Этим объясняется **определенное снижение ФЕС в породах толщи КТ-II, в сравнении с породами толщи КТ-I.**

Пачка КТ-I.

- Карбонаты сильно изменены под влиянием постседиментационных процессов. В одном случае (выщелачивание, трещинообразование) это способствует улучшению коллекторских свойств, а в некоторых условиях (аутигенное минералообразование) ФЕС снижаются. При этом новообразованными минералами являются доломит, кальцит, ангидрит, кварц.

- Отмечается, что процессы диагенетической доломитизации и широко развитой в известняках и доломитах перекристаллизации сказываются на коллекторских свойствах неоднозначно.

- Выщелачивание обнаруживается во всех литотипах пород, проявляется неоднократно и с разной степенью интенсивности, что обусловлено не только неоднозначной активностью пластовых вод, но и первичным строением порового пространства. Наиболее интенсивно выщелачивание в плотных разностях пород (микрозернистые, детритовые известняки и др.) обусловлено возникновением в них трещиноватости, при этом, вдоль трещин формируются щелевидные полости.

- Трещиноватые известняки и доломиты в целом характеризуют два типа пустот: трещины, заполненные минеральным веществом (кальцит, доломит, гипс) и зияющие микротрещины.

- Среди известняков максимально высокими значениями ФЕС характеризуются биоморфные известняки верхнего карбона. В толще значительно ниже пористость детритово-биоморфных и органогенно-обломочных литотипов пород. Величины пористости в среднем не превышают 10–12%. Остальные литотипы известняков (детритовые, органогенно-комковатые, органогенно-сгустковые, микрозернистые известняки) в основной массе являются плотными образованиями, и только незначительная их часть (до 5%) имеют пористость выше 6%. Высокой пористостью в преобладающей массе обладают метасоматические доломиты. Внутри доломитов частично снижение ФЕС характеристик обусловлено процессами кальцитизации и окремнения.

- Анализ характера распределения показателей ФЕС в отдельных литогенетических типах карбонатов позволяет установить, что формирование пород-коллекторов обусловлено условиями седиментогенного накопления осадков и характером проявившихся в породе постседиментационных изменений.

ГРП на ряде площадей в последние годы (Урихтау, Кожасай, Алибекмола, Жанажол, Акжар Восточный, Тузкум) показывают, что критериями выбора в разрезе интервалов для испытания являются значение пористости на уровне 6% и выше, наличие трещин более 4% и нефтенасыщенность более 50%.

Вверх по разрезу карбонаты пачки КТ-II перекрываются песчано-глинистыми породами межкарбонатной толщи (далее – МКТ) нижнеподольского горизонта и глубоководными аналогами верхней карбонатной пачки КТ-I. В целом, толщина МКТ в разрезах площадей на восточном борту Прикаспия изменяется в пределах 80–540 м. По результатам исследований последних лет, продуктивные горизонты не исключаются в разрезе МКТ. Так, в разрезе площади Алибекмола породы-коллекторы слагают маломощные пласты массивных карбонатов внутри терригенной толщи. Эффективная нефтенасыщенная толщина составляет 4 м, пористость карбонатов достигает 5–7% [1].

Как отмечалось выше, верхняя толща КТ-I характеризуется меньшим (в сравнении с толщей КТ-II) площадным распространением, вскрыта бурением в основном в пределах Жанажол-Торткольской зоны валообразных поднятий и Остансукского прогиба (Алибекмолинский вал). Выявлены нефтегазоконденсатные (Жанажол, Алибекмола, Урихтау, МортукВосточный) и на отдельных поднятиях – нефтяные залежи (Жагабулак Восточный, Трува Северная, Ащисай).

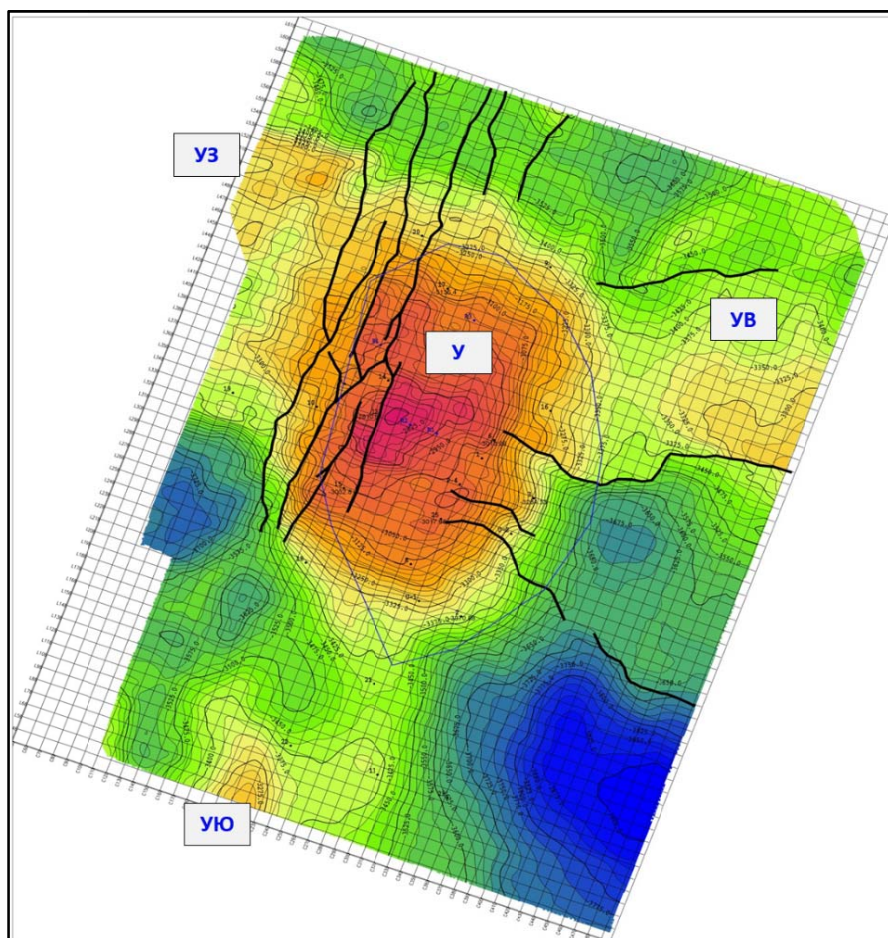
Все залежи характеризуются пластово-массивным и массивным типом строения резервуара. Нефтегазонасыщенная толщина верхней пачки КТ-I, по данным бурения, достигает 290 м (Жанажол), в том числе: 200 м приходится на газовую «шапку» с конденсатом и 90 м – на нефтяную оторочку. Породами-коллекторами являются доломиты и известняки с пористостью порядка 14–16% и проницаемостью до 240 мд.



Меньшие значения газонасыщенных и нефтенасыщенных толщин (16 и 8,0–16 м, соответственно) отмечены в разрезе месторождения Мортук Восточный.

В целом, как мы видим, в пределах Жанажол-Торткольской зоны валообразных поднятий и частично южной части Остансукского прогиба (рисунок 2) масштабы нефтегазонасыщения и развития пород-коллекторов в обеих карбонатных пачках совпадают. Так, в разрезе большинства поднятий (Кожасай, Алибекмола, Урихтау, Жанажол, Синельниковская, Трува Северная, Лактыбай) продуктивны или нефтегазонасыщены в различной степени, как правило, обе пачки [2]. Жанажол-Торткольская зона, в силу некоторых особенностей строения (более контрастное структурное развитие, значительная площадь) и характера нефтегазонасыщенности, обособлена от прилегающих крупных тектонических элементов.

По результатам исследований последних лет, более широкое площадное развитие нижней пачки КТ-II показывает необходимость и целесообразность проведение дополнительной детальной переобработки имеющихся геолого-геофизических данных значительных по площади территорий между крупными известными палеозойскими поднятиями. В этих зонах, как следует полагать, площади изучены менее плотной и редкой сетью сейсмических наблюдений. По данным детального изучения Урихтауской группы локальных поднятий, как видно, плотность расположения, выявленных поднятий по палеозою в пределах Жанажол-Торткольской зоны представляется более высокой, чем полагалось ранее (рисунки 1, 3). Вполне понятно, что это является следствием более качественной подготовки объектов к поисковому бурению, которая значительно улучшилась в результате привлечения более совершенных методик оценки геолого-геофизических данных и технической визуализации прогнозируемых объектов/ловушек нефти и газа на объемных моделях.

В связи с полученными новыми данными о нефтегазонасыщенности, поисковый интерес могут представлять зоны между Урихтау-Кожасайским, Жанажол-Синельниковским и Тузкумским валами. В пределах этих зон, по опыту проведенных работ, и, учитывая возросшие возможности геолого-сейсмической интерпретации и сравнительного анализа данных, высока вероятность обнаружения новых залежей в пачках КТ-II и КТ-I. Кроме этого, залегающие выше по разрезу и «облекающие» отдельные блоки и крупные поднятия в карбоне, отложения нижней перми, формируют толщи «заполнения», клиноформы. По сейсмическим данным, толщина нижнепермского комплекса в прогибах между выступами относительно более древних образований достигает 600–800 м и более, что значительно расширяет спектр возможных различных по форме перспективных ловушек неструктурного типа.



- 1  Изогипсы по отражающему горизонту P_2 (в км)
 2  Тектонические разломы

1. Изогипсы по отражающему горизонту P_2 , км; 2. Тектонические разломы;
 Локальные структуры: У – Урихтау, УВ – Урихтау Восточный, УЮ – Урихтау Южный, УЗ – Урихтау Западный

1. Isohypses along the reflecting horizon P_2 , km; 2. Tectonic faults; Local structures:
 U – Urikhtau, UV – Urikhtau East, UY – Urikhtau South, UZ – Urikhtau Western

Рисунок 3 – Урихтауская группа локальных поднятий. Структурная схема по отражающему горизонту P_2 / поверхность карбонатной пачки КТ-II (по данным АО НК «КазМунайГаз» и «PGDServices»)

Figure 3 – Urikhtau group of local uplifts. Structural diagram of the reflecting horizon P_2 / surface of the carbonate pack KT-II (According to the data of JSC NC "KazMunayGas" and "PGD Services")

Также, представляют определенный поисковый интерес относительно более глубокие (ниже КТ-II) интервалы разреза. В связи с получением притоков УВ из карбонатных отложений, предположительно, верхнедевонско-нижнекаменноугольного возраста при бурении поисковой скважины проектной глубиной 6000 м на поднятии Урихтау интерес к этой части разреза возрастает.

На площади Алибекмола газоконденсатная и нефтяная части продуктивной пачки КТ-I составляют порядка 16 м и 2,5–46 м, соответственно. Пористость пород-коллекторов составляет в среднем 9,0%. На площади Урихтау аналогичное распределение в толщинах составляет 73 и 12 м, соответственно.

Анализ вещественного состава и петрофизических свойств отложений указывает на увеличение проницаемости пород-коллекторов в зависимости от близости расположения к разлому и степени развития ареалов трещиноватости. В целом, известно, что палеозойский комплекс, с

учетом проявления в нем разломной тектоники, в различной степени характеризуется развитием трещиноватости, что весьма характерно для карбонатного разреза. Результаты работ на ряде площадей на восточном борту Прикаспийского бассейна позволяют судить о благоприятном влиянии разломов и трещиноватости на продуктивность палеозойских поднятий. В данном отношении можно выделить нефтегазоносность терригенных отложений визейского возраста и карбонатно-терригенных отложений каменноугольно-нижнепермского возраста на площадях Лактыбай и Акжар Восточный, соответственно. После получения значительного по масштабам фонтанного притока УВ в скважине 1 Акжар Восточный бурение последующих скважин, заложение которых в отличие от первой скважины не учитывало фактор разломной тектоники, оказалось безуспешным. С большой долей вероятности следует полагать, что в данном случае не проанализировано заложение новых зависимых скважин относительно разлома и, не в полной мере учтена, таким образом, модель строения предполагаемой залежи. С учетом этого одним из пространственных типов залежей может явиться «жильный» тип залежей, приурочиваемых к зонам разломов, разуплотнения и трещиноватости.

В целом отмечается слабая корреляция между данными ГИС и опробования, а также непосредственно пластов-горизонтов между скважинами. Очевидно, как свидетельствуют результаты проведенных работ, это является следствием повышенной сложности внутреннего строения резервуаров внутри карбонатной толщи. В связи с этим обозначается еще одна важная поисковая задача, в части проведения более тонкого анализа всех деталей разреза палеозойской структуры. В особенности на заключительном этапе – испытание выделенных по ГИС и бурению перспективных интервалов. Сложность строения и неоднозначность геолого-геофизической интерпретации залегания подсолевого палеозойского разреза нередко имеют место и при достаточно высокой степени изученности, даже на разрабатываемых месторождениях. В качестве примера приведем сложность строения известных продуктивных пластов КТ-II и КТ-I в разрезе месторождения Алибекмола. Очевидно, в целях более детального изучения сложных по внутренней структуре подсолевых месторождений следует расширить перечень исследований за счет новых технологий («SonicScanner»), вплоть до применения технологий межскважинного просвечивания, включающие МА ВСП, 3Д-ВСП, с широким привлечением результатов лабораторных исследований по анализу керна и флюидов.

Одновременно, сопутствующей представляется не менее важная задача в части дальнейшей проработки методики, предусматривающей качественное опробование пластов-коллекторов с учетом специфики разреза в карбонатных толщах. Для карбонатов, при анализе и определении перспективных интервалов для опробования, следует акцентировать в разрезе зоны развития трещиноватости, что явилось достоянием возросших возможностей методов ГИС. Полученные результаты испытания перспективных объектов/интервалов в пачке КТ-II в последние годы (Тузкум, Урихтау, Урихтау Восточный, Урихтау Южный) показывают довольно сложную картину опробования в соотношении значений ФЕС пород-коллекторов и полученных непосредственно результатов в объектах испытания. Можно также отметить неоднозначный характер распределения нефтегазоносности по площади поднятий, сложное внутреннее строение и зональную изменчивость условий экранирования залежей. Об этом также свидетельствуют различия в характере и уровне интенсивности, полученных в процессе испытания в пачке КТ-II притоков УВ.

С этими выводами согласуются и новые данные о нефтегазоносности Тузкумского вала. Ранее по результатам бурения и испытания поисковой скважины РА-2-Т Тузкум при совместном испытании двух интервалов – 4303–4315 и 4227–4280 м (толща КТ-II) в последние годы был получен слабый приток вязкой нефти. Данные обнадеживающие результаты, безусловно, показывают необходимость продолжения поисковых работ в этой зоне и указывают на продуктивность палеозойского комплекса (карбон) в разрезе Тузкумского вала. При благоприятных экономических условиях на данной площади целесообразно заложение скважины проектной глубиной 5600 м.

Весьма перспективной в этом направлении следует считать результаты комплексного изучения структурного плана и распределения УВ залежей, выполненных в экспериментальном плане в центральной и северной (проблемной) частях месторождения Алибекмола (Соловьев и др.; «АстанаГео-2015»). Среди интересных направлений комплексного подхода к анализу модели распределения залежей УВ по разрезу следует отметить применение новой технологии обработки

3Д сейсморазведки – дифракционное преобразование сигналов в методике MF. Полученный в результате преобразования материал хорошо коррелируется непосредственно с дебитами УВ по данным опробования скважин. Как известно, дебит является важнейшим интегральным параметром, зависящим, как от пористости, так и проницаемости резервуара, возможно, и трещиноватости, латерального изменения мощности и ФЭС пород-коллекторов.

Выводы:

1. Главным диагностирующим критерием в оценке перспективных интервалов для испытания и вызова притока, как показали результаты проведенных за последние годы исследований, является фактор трещиноватости и разуплотнения, получивших широкое распространение в разрезе карбонатных пачек КТ-Пи КТ-I.

2. При поисковых исследованиях, наряду с пачками КТ-Пи КТ-I, необходим более тщательный детальный анализ данных по изучению МКТ. В ней, как свидетельствуют имеющиеся данные, возможно развитие латеральных изменений коллекторских свойств и обнаружение дополнительных залежей УВ (Алибекмола), что должно положительно сказаться на эффективности освоения действующих месторождений.

3. С учетом достигнутой стадии изученности крупных палеозойских поднятий с разрабатываемыми залежами УВ, на примере Жанажол-Торткольской зоны (Кожасай, Жанажол, Урихтау) рекомендуется более тщательный анализ строения прилегающих к ним территорий на базе результатов интерпретации сейсмических данных. **Ожидается более высокая плотность локальных структур**, соответственно, на них высока вероятность дополнительных перспективных поисковых объектов и обнаружения новых залежей УВ, что в значительной мере подтвердилось на примере Урихтауской группы поднятий (рисунок 3). Новые возможности сейсморазведки 3Д, наряду с высокой плотностью локальных палеозойских объектов по КТ-II и КТ-I, позволяют рассматривать данный вид исследований одним из приоритетных методов.

4. Нижнепермский комплекс, в связи с недостаточным обоснованием и опытом работ в предыдущие годы на площадях Жанажол-Торткольской зоны поднятий, в новых условиях вполне может стать важным направлением поисковых работ на предмет выявления в нем новых залежей УВ в перспективных объектах, связанных с ловушками преимущественно неструктурного типа. В данном комплексе, с учетом обновленной структурной основы на большей части восточного борта бассейна за счет данных 3Д, также **возможен прогноз дополнительных объектов/ловушек для постановки** поисковых работ.

5. Получение положительного результата в карбонатах верхнедевонской части разрезана поднятия Урихтау, унаследованный характер развития и региональные особенности осадконакопления Жанажол-Торткольской зоны, которая характеризуется пластовым массивным залеганием карбонатных пачек КТ-II и КТ-I и, в целом, всего восточного борта бассейна указывает на возможность формирования третьей по глубине карбонатной пачки КТ-III девонско-турнейского возраста[3].

Изучение более глубоких перспективных отложений девона и нижнего карбона, залегающих ниже нефтегазоносных резервуаров в пачках КТ-Пи КТ-I, является вполне оправданным. Поскольку, как мы знаем, прогноз нефтегазоносности девонских отложений в разрезе площадей, на которых ранее уже была выявлена промышленная нефтегазоносность нижнего карбона (Карачаганак, Тенгиз, Ансаган, Чинаревская), со временем в полной мере подтвердился. Повышение глубинности исследований является последовательным, логически обязательным и целесообразным условием в практике ГРП в целях обнаружения новых залежей и наращивания запасов УВ, увеличения потенциала действующих месторождений. В отношении палеозойских отложений восточной бортовой зоны Прикаспийского бассейна для этого имеются благоприятные предпосылки.

6. Практическая реализация вышеуказанных предложений и рекомендаций позволяет получить новые данные и, без сомнений, придаст дополнительный импульс более целенаправленному изучению перспективных сложнопостроенных глубокопогруженных объектов в палеозойской толще.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дальян И.Б., Головкин А.Ю., Клоков Ю.В. О погребенных палеозойских рифах на востоке Прикаспия Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса // Материалы Международных научных Надировских чтений. – Атырау, 2003. – С. 35-45.
- [2] Абдулин А.А., Воцалевский Э.С., Куандыков Б.М. Месторождения нефти и газа Казахстана: Справочник. – Недра, 1993. – 247 с.
- [3] Утегалиев С.У. Научные основы выбора эффективных направлений геологоразведочных работ на нефть и газ в Прикаспийской впадине: Автореф. ... д-ра геол.-минер. наук. – М., 1991. – 51 с.

REFERENCES

- [1] Dal'jan I.B., Golovko A.Ju., Klokov Ju.V. O pogrebennyh paleozojskih rifah na vostoке Prikaspija Nauchno-tehnologicheskoe razvitie neftegazovogo kompleksa. Materialy Mezhdunarodnyh nauchnyh Nadirovskih chtenij. Atyrau, 2003. P. 35-45.
- [2] Abdulin A.A., Vocalevskij Je.S., Kuandykov B.M. Mestorozhdenija nefiti i gaza Kazahstana: Spravochnik. Nedra, 1993. 247 p.
- [3] Utegaliyev S.U. Nauchnye osnovy vybora effektivnyh napravleniy geologorazvedochnyh rabot na nefit' i gaz v Prikaspiyskoj vpadine: Avtoref. ... d-ra geol.-miner. nauk. M., 1991. 51 p.

Д. К. Әжғалиев

«Недра-Инжиниринг» Компаниясы ЖШС, Астана, Қазақстан

**КАСПИЙМАҢЫ БАССЕЙНІНІҢ ШЫҒЫС ӨҢІРІНІҢ
ПАЛЕЗОЙЛЫҚ КЕШЕНІНДЕГІ КАРБОНАТТЫҚАБАТТАР**

Аннотация. Каспиймаңы бассейнінің шығыс өңірінің (Жаңажол-Төрткөл аймағы) палеозойлық шөгінділер құрылымына, таскөмірлік шөгінділер бөлігіндегі КТ-II және КТ-I карбонатты бумаларының алаңдық бөлу ерекшелігіне, ішкі құрамы мен мұнай-газдылық сипатына сипаттама жүргізіледі. КТ (УВ) жаңа қорлары өсуінің жоғары перспективаларымен сипатталатын осы өңірдің (Урихтау тобы, Тұзқұм, Шығыс Ақжар, Әлібекмола) жергілікті алаңдарындағы жаңа деректер мен іздестіру жұмыстарының негізгі нәтижелері қарастырылды. Осыны есепке ала отырып, бөліктегі перспективалық арақашықтықтардың карбонатты бумалары мен тиімді бөлінуін одан әрі өңірлік қадағалау және сонымен қатар Жаңажол-Төрткөл аймағының ірі палеозойлық төбеларға жақын жатқан аумақтарды алаңдық зерттеуге дейін бойынша ұсыныстарды негізге алады.

Түйін сөздер: Каспиймаңы бассейнінің шығыс өңірі, Жаңажол-Төрткөл аумағы, палеозойлық кешен, тұзды шөгінділер, КТ-II және КТ-I карбонатты бумалар, мұнай-газдылық болашағы, карбонатты жыныстар, сынақ нәтижелері.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 79 – 92

A. B. Sadykova, A. Sydykov, G. G. Stiharnaya, A. M. Danabayeva

LLP "Institute of seismology" MES RK, Almaty, Kazakhstan.

E-mail aluadin@mail.ru

PROBABILISTIC ASSESSMENT OF THE INITIAL SEISMICITY OF ALMATY CITY DUE TO MICROZONING OF ITS TERRITORY

Abstract. The calculations of seismic hazard for microzoning of the territory of Almaty are first carried out based on the methodology, which relevant to the provisions of Eurocode 8 (EN 1998-1:2004) "Designing of the earthquake resistant structures" and for using in the practice of designing in the territory of Kazakhstan and conducted by using the updated experimental database based on the new methodology.

This work is dedicated to the first phase of seismic microzoning (SMZ) of Almaty by assessing (map) of the initial of seismicity, i.e. the identification of quantitative characteristics of expected seismic effects for average soil conditions on the territory of Almaty, in a given interval of time (in accordance with the assignment, for return periods of 475 and 2475 years). As the territory of Almaty is extending (according to the latest data, it stretches from south to north at a distance of about 80 km) the consideration of the patterns of natural decrease of intensity with distance across the city is required. The main distinctive elements of the methodology of assessment of the source of seismicity are: – the calculation of seismic effects on the territory of Almaty from the 29 seismogenic zones, located at distances up to 300 km from the city; for the first time a probabilistic approach of the calculation of seismic hazard is implemented; –the characteristics of ground motion in addition to the macroseismic in the quantitative parameters are obtained.

In this paper, the materials for the calculation of quantitative parameters of ground motion (peak acceleration) are not given. The maps of probabilistic estimating of the initial (background) seismicity for the Almaty city for return period of 475 and 2475 years (the probability of exceeding are 10% and 2% for 50 years) in points of macroseismic scale intensity are obtained.

Keywords: microzoning, seismogenic zones, seismic regime, assessment of the initial seismicity, seismic effects.

УДК 550.348

А. Б. Садыкова, А. Сыдыков, Г.Г. Стихарная, А.М. Данабаева

ТОО «Институт сейсмологии» МОН РК, Алматы, Казахстан

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ИСХОДНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ ГОРОДА АЛМАТЫ В СВЯЗИ С МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕМ ЕГО ТЕРРИТОРИИ

Аннотация. Расчеты сейсмической опасности для микрорайонирования территории г. Алматы, впервые осуществлены на основе методологии, соответствующей положениям Еврокода 8 (EN 1998-1:2004) «Проектирование сейсмостойких конструкций», для применения в практике проектирования на территории Казахстана и проведены с использованием обновленной экспериментальной базы и на новой методической основе.

Данная работа посвящена первому этапу сейсмического микрорайонирования (СМР) г. Алматы – *оценке (созданию карт) исходной сейсмичности*, т.е. определению количественных характеристик ожидаемых сейсмических воздействий для средних грунтовых условий на территории г. Алматы в заданный интервал времени (в соответствии с заданием, для периодов повторяемости 475 и 2475 лет). Так как рассматриваемая территория г. Алматы является протяженной, (согласно последним данным она простирается с юга на север на расстояние около 80 км) необходим учет закономерностей естественного убывания балльности с расстоянием в пределах всей территории города. Основные отличительные элементы методологии оценки исходной сейсмичности: – выполнен расчет сейсмических воздействий на территорию г. Алматы от 29 сейсмогенерирующих зон, расположенных на расстояниях до 300 км от города; – впервые осуществлен вероятностный подход к расчету сейсмической опасности; – получены характеристики в количественных параметрах колебаний грунта в дополнение к макросейсмическим. В данной работе материалы по расчету количественных параметров колебаний грунта (пиковые ускорения) не приводятся.

Получены карты вероятностной оценки исходной (фоновой) сейсмичности для г. Алматы, для периода повторяемости 475 и 2475 лет (вероятность превышения 10 и 2% за 50 лет) в баллах макросейсмической шкалы интенсивности.

Ключевые слова: микрорайонирование, сейсмогенерирующие зоны, сейсмический режим, оценка исходной сейсмичности, сейсмические воздействия.

Введение. Одной из наиболее важных задач сейсмического микрорайонирования (СМР) является определение исходной сейсмичности (ОИС) района размещения исследуемого объекта.

В обычной практике для этого используются результаты исследований по общему или детальному сейсмическому районированию территории (всей республики, отдельных областей и др.), которые в виде таблиц «пункты-баллы» приводятся в различных СНиПах. По этой методике оценке исходной сейсмичности каждого населенного пункта или объекта соответствует одно значение балльности, приведенное к средним грунтовым условиям. Такой подход оправдан, если размеры района малы и в их пределах не происходит изменение балльности в связи с изменением расстояния до сейсмогенерирующих зон. В случае же когда рассматриваемый район является протяженным, как например территория г. Алматы, (согласно последним данным она простирается с юга на север на расстояние около 80 км) необходим учет закономерностей естественного убывания балльности с расстоянием в пределах данной территории. Такой подход в первом приближении (в наиболее общем виде) был реализован при составлении предыдущей карты СМР г. Алматы (1982 г.), когда ОИС осуществлялась от ограниченного количества сейсмогенерирующих зон (всего 3) [1].

В настоящей же работе суммарный сейсмический эффект определяется от 29 сейсмогенерирующих зон, расположенных на расстояниях до 300 км от города.

Другим важным отличием данной работы является то, что в ней впервые осуществлен переход к вероятностной методике оценки исходной сейсмичности, которая позволяет определить степень сейсмической опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности.

Таким образом, целью настоящих исследований является получение количественных характеристик ожидаемых сейсмических воздействий для средних грунтовых условий на территории г. Алматы с использованием указанных выше новых методических подходов.

Первым этапом СМР является составление карты исходной сейсмичности, которая определяется как воздействие от сейсмических источников (сейсмогенерирующих зон), расположенных в пределах радиуса не менее 300 км, с учетом их сеймотектонического режима [2].

Следующим этапом СМР является построение карт приращений балльности на рассматриваемой территории, основанных на инженерно-геологических, гидрогеологических, тектонических и других особенностях грунта. Полное приращение сейсмической интенсивности определяется как сумма приращения в баллах за счет: различия сейсмических жесткостей для исследуемых грунтов с характеристиками V и ρ по отношению к эталонным грунтам, обводненности грунтов ($\Delta I_{ув}$), резонансных усилений колебаний в слоистой грунтовой толще ($\Delta I_{рез}$) и др. [2].

Третий этап СМР – определение уточненной сейсмической опасности, как алгебраической суммы исходной сейсмичности и приращений балльности в каждой конкретной точке исследуемой территории. В результате этой работы должны быть получены параметры воздействий, необходимые для расчета объекта исследований на сейсмостойкость.

Данная работа посвящена первому этапу СМР – *оценке (созданию карт) исходной сейсмичности*, т.е. определению места, силы и вероятности возникновения сейсмических воздействий в заданный интервал времени (в соответствии с требованиями для периода повторяемости – 475 и 2475 лет) [3, 4].

Важный элемент ОИС – *построение сеймотектонической модели региона*, а именно, выделение сейсмогенерирующих зон и определение их сейсмического потенциала. Результатом этого этапа работы должно быть построение карты сейсмогенерирующих зон для исследуемого региона.

Выделение сейсмогенерирующих зон – проблема комплексная. Проведенные ранее исследования позволили выявить критерии сейсмичности – количественные и качественные показатели состояния геологической среды, сочетания которых определяют максимальную магнитуду возможных землетрясений [5-9]. Наиболее общей закономерностью сейсмичности является ее приуроченность к существующим горным системам, которые характеризуются некоторыми особенностями, с одной стороны, глубинного строения, а с другой – морфологического выражения новейших структур.

Комплексное использование выявленных особенностей глубинной и верхнекоревой структур сейсмоактивных орогенов позволило составить Карту сейсмогенерирующих зон республики Казахстан [7], как основу оценки сейсмической опасности. На рисунке 1 приведена вырезка из карты сейсмогенерирующих зон Казахстана и прилегающих территорий, где рамкой выделен регион с зонами, влияние от которых учитывалось при оценке исходной сейсмичности территории г. Алматы.

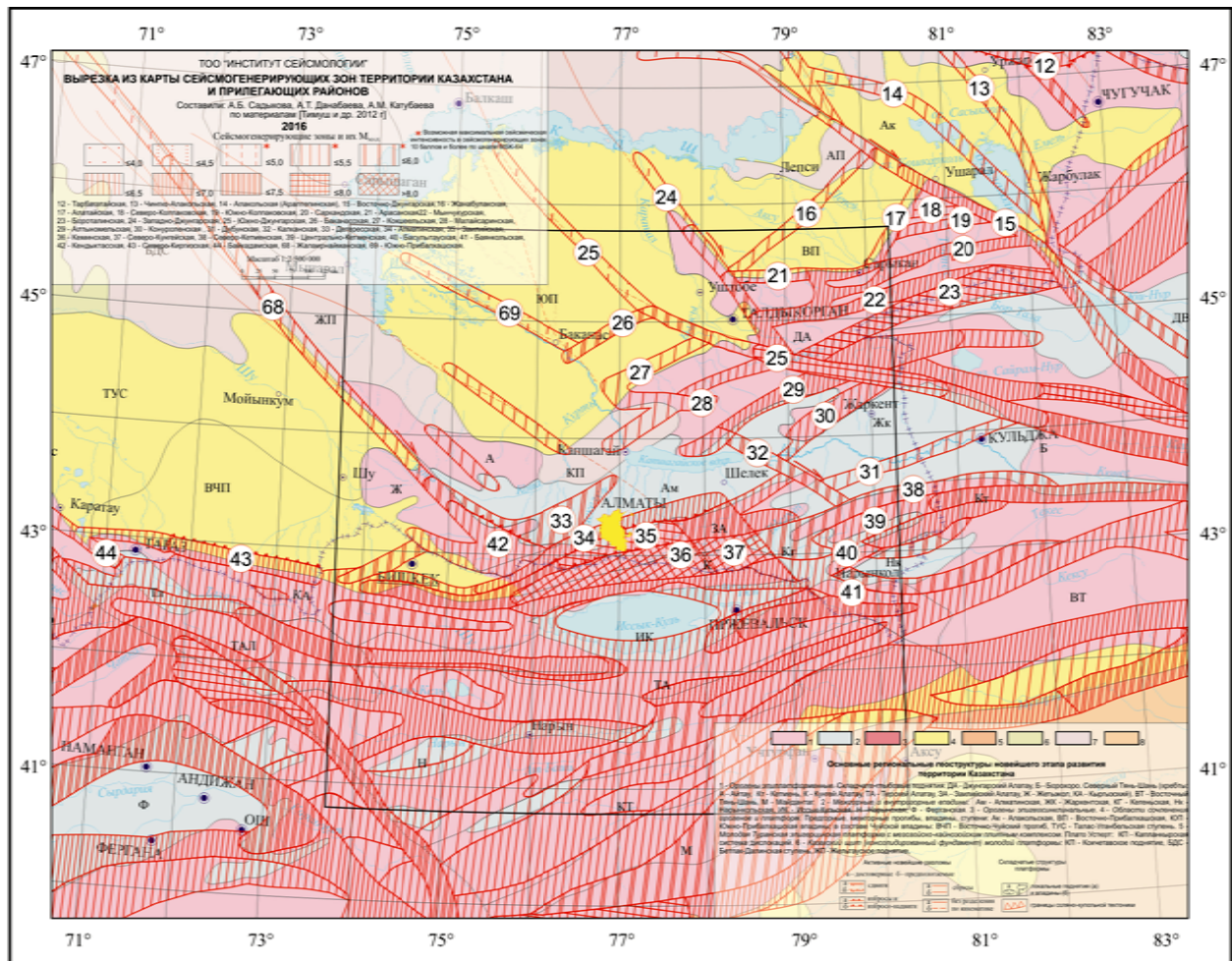


Рисунок 1 – Вырезка из карты сейсмогенерирующих зон Казахстана и прилегающих территорий [7]

Figure 1 – The clipping from the map of seismogenic zones of Kazakhstan and adjacent areas [7]

Идентификация сейсмогенерирующих зон и определение параметров их сейсмического режима является самым сложным и наиболее ответственным звеном в исследованиях по сейсмическому районированию, поскольку от этого зависит надежность всех последующих построений по оценке сейсмической опасности [8-10].

Методика параметризации сейсмогенерирующих зон и их сейсмический режим. Карта сейсмогенерирующих зон исследуемой территории явилась основой для создания генерализованной схемы зон ВОЗ (рисунок 2). На схеме выделено 29 зон, расположенных на расстояниях до 300 км от города, для каждой из которых определялись параметры сейсмического режима, и в каждой расчетной точке города рассчитывалось воздействие от этих сейсмических источников (зон).

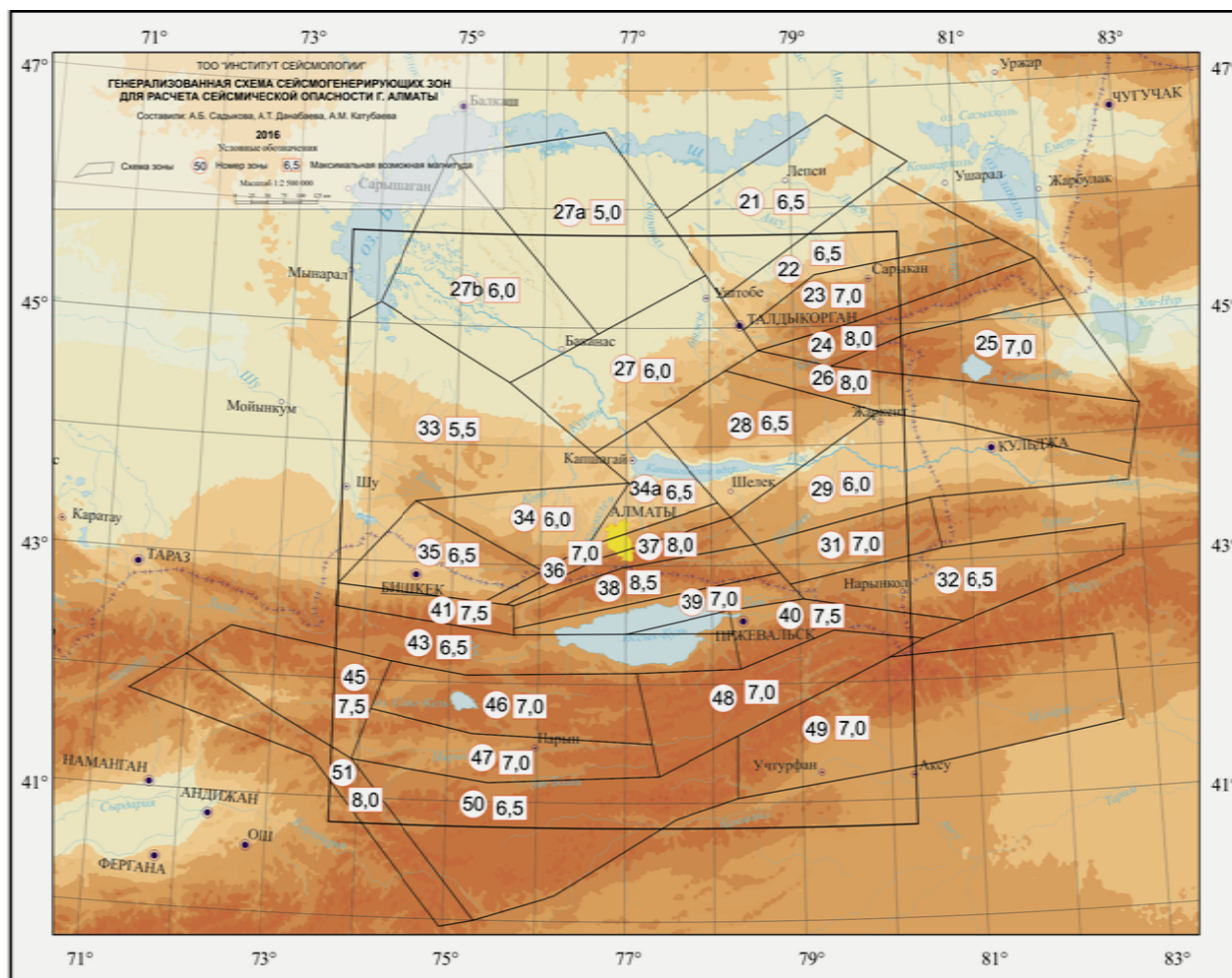


Рисунок 2 – Генерализованная схема сейсмогенерирующих зон для расчета сейсмической опасности г. Алматы

Figure 2 – Generalized scheme of seismogenic zones for calculating the seismic hazard of Almaty city

Обоснованное суждение об уровне сейсмической активности отдельных сейсмогенных зон и сравнение их между собой возможно на основе количественных оценок параметров сейсмического режима – параметризации сейсмогенерирующих зон [10-12]. Решая эту задачу, необходимо установить особенности распределения современной сейсмичности, как по площади, так и по глубине, оценить повторяемость землетрясений и сотрясений, величину максимального возможного землетрясения и т.д.

Информационную основу параметризации сейсмогенерирующих зон составил каталог землетрясений юга и юго-востока Казахстана и сопредельных территорий. Эпицентральные поля исследуемой территории (рисунки 3, 4) описаны в [8-12]. Использовалась магнитуда M_S , переход к которой от энергетического класса K осуществлялся по следующим формулам [9]:

$$K=1.8MLH+4.0 (M<5.5);$$

$$K=1.5MLH+5.6 (M\geq 5.5);$$

$$M_S=1.0MLH-0.1,$$

где $K=\lg E(\text{Дж})$ – энергетический класс; M_S – магнитуда, определяемая по вертикальной составляющей поверхностной волны; MLH – магнитуда, определяемая по максимальным амплитудам горизонтальной составляющей поверхностных волн.

В последние годы для расчета сейсмической опасности все большее распространение получает моментная магнитуда M_W , которая рассчитывается через значения сейсмического момента M_0 . В условиях Северного Тянь-Шаня инструментальное определение сейсмического момента в связи с аппаратурной оснащённостью кратковременно проводилось лишь для 5–10% землетрясений по записям аппаратуры ЧИСС, установленной на двух станциях. Показано, что для сильных и разрушительных землетрясений ($M_S=6,0-8,2$) инструментально определенные значения M_S и M_W в пределах точности их определения совпадают [9], однако, попытка определения магнитуды M_W для землетрясений по различным корреляционным соотношениям приводит к противоречивым результатам. Поэтому на данном этапе для оценки сейсмической опасности г. Алматы в баллах шкалы макросейсмической интенсивности использовалась магнитуда M_S .

Для каждой сейсмогенерирующей зоны (рисунок 2) определены различные параметры сейсмического режима: минимальный уровень представительных землетрясений M_{0i} ; суммарное количество землетрясений – N_{Σ} с $M\geq M_{0i}$; уровень сейсмической активности – a_i ; угол наклона

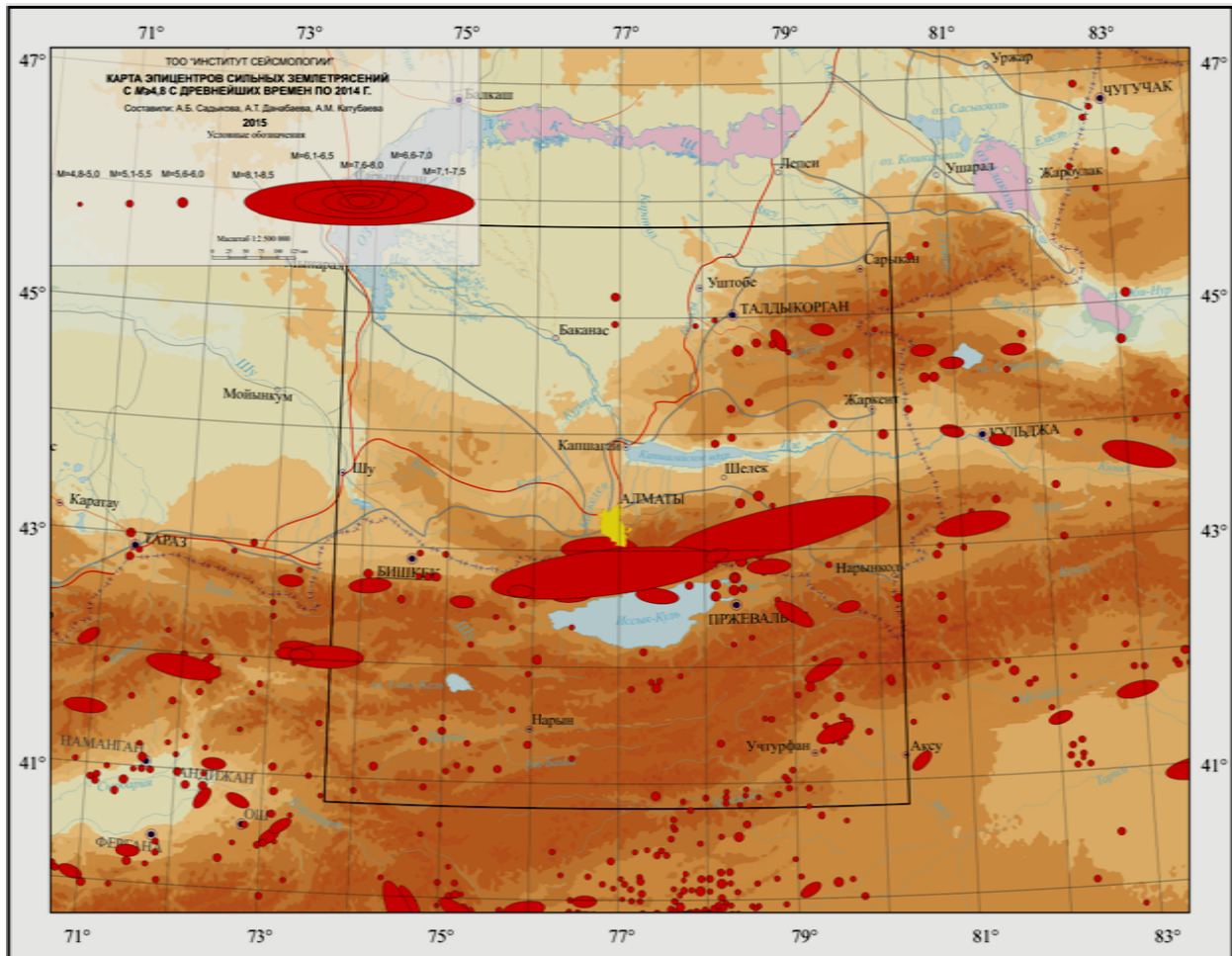


Рисунок 3 – Карта эпицентров землетрясений с $M_S\geq 4,8$ с древнейших времен по 2014 г.

Figure 3 – Map of epicenters of earthquakes with $M_S\geq 4,8$ from ancient time to 2014

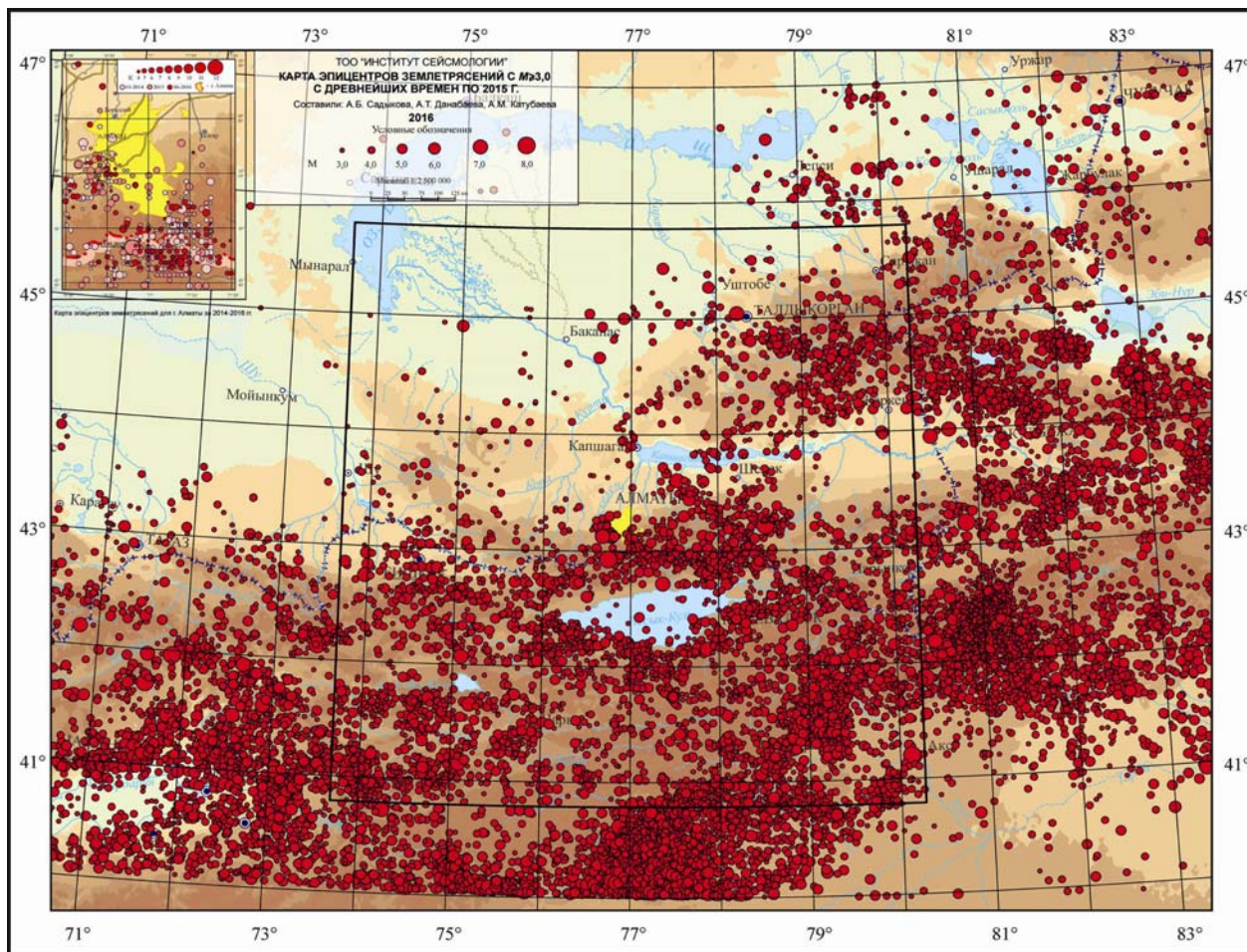


Рисунок 4 – Карта эпицентров землетрясений с $M_S \geq 3,0$ с древнейших времен по 2015 г. (с врезкой всех землетрясений на территории города Алматы с 2014 г. по 06.2016 г.)

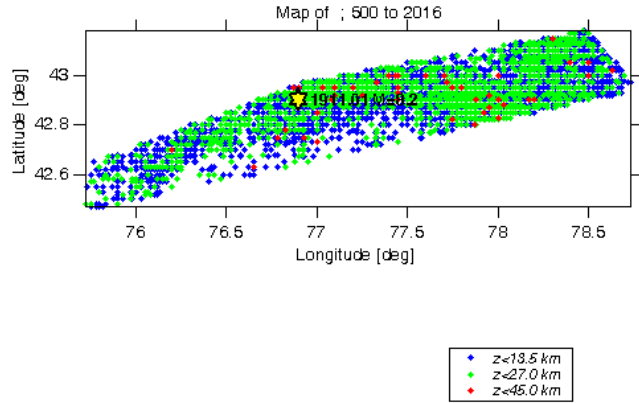
Figure 4 – Map of epicenters of earthquakes with $M_S \geq 3.0$ from ancient time to 2015 (with cutting of all earthquakes in the territory of Almaty from 2014 to 06.2016)

графика повторяемости – b ; величины максимальных возможных землетрясений M_{max} ; величины максимальных наблюдаемых землетрясений $M_{max(набл)}$; минимальные – h_{min} , максимальные – h_{max} и наиболее вероятные – $h_{вер}$ значения глубин очагов землетрясений; количество землетрясений – N_0 с $M \geq M_{max}$; параметры сеймотектонической деформации определены с указанием типа подвижки: сдвиг – SS, сброс – NF, сбросо-сдвиг – NS, взброс – TF, взбросо-сдвиг – TS. Наиболее представительным типом деформированного состояния является взбросовый. Он характерен для всех наиболее сейсмоактивных зон, связанных со структурами Зайлийского, Кунгей и Терской Алатау. Менее представительными являются деформации типа сдвига в геологической интерпретации.

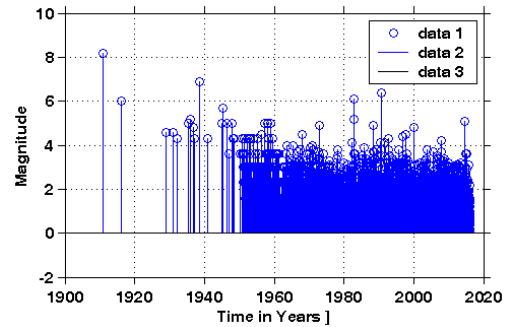
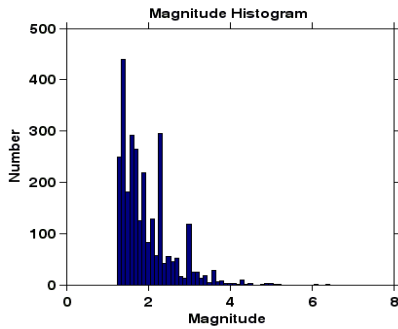
Разработанная методика сейсмологической параметризации сейсмогенерирующих зон [8, 10] проиллюстрирована на примере территории Северного Тянь-Шаня (зона 38) (рисунок 5а-ж). На рисунке 5а показана карта эпицентров землетрясений с $M \geq 1,0$ за период 1951–2015 гг. с указанием глубин очагов. При расчетах исключались афтершоки сильных землетрясений. Период наблюдения выбран исходя из представительной регистрации многочисленных слабых землетрясений.

Для окончательной проверки стационарности сейсмического режима исследовались временные (годовые, месячные и др.) вариации количества землетрясений, а также их кумулятивные графики (рисунки 5б-5ж). Для определения h_{min} , h_{max} и $h_{вер}$ использовались временные вариации глубин, а также гистограммы распределения очагов землетрясений по глубине (рисунки 5а, 5д). Для предварительного выбора значений M_0 – минимальная магнитуда землетрясений для изучения закона повторяемости Гутенберга-Рихтера – исследовались гистограммы распределения очагов

а – Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 1.0$ за 1951-2015 гг. с определенными глубинами очагов (синий – $h \leq 13.5$ км; зеленый – $h \leq 27.0$ км; красный – $h \leq 45.0$ км)

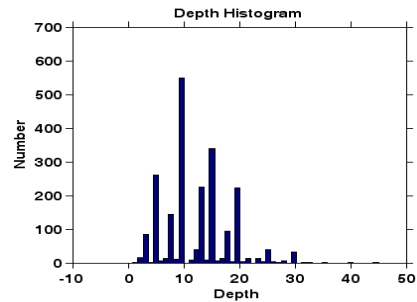
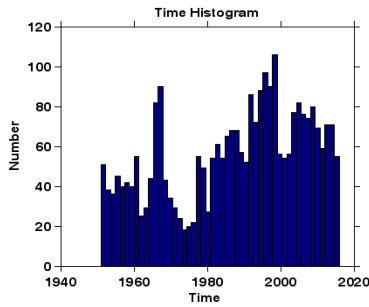


ZMAP 16-Sep-2016



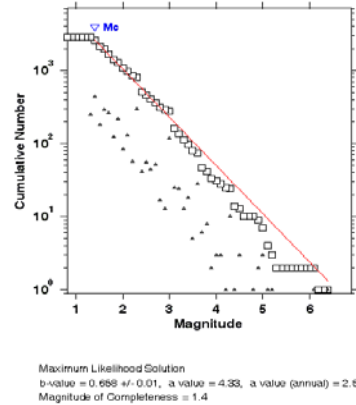
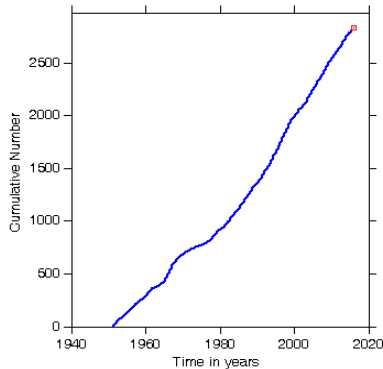
б – Гистограмма распределения землетрясений по магнитудам ($M \geq 1.0$)

с – График распределения магнитуд землетрясений с $M \geq 1.0$ во времени



д – Временные вариации количества землетрясений

д – Гистограмма распределения землетрясений по глубине



Reset

Keep as newcat

е – Кумулятивный график распределения числа землетрясений

ж – График повторяемости землетрясений за период 1951–2015 гг.

Рисунок 5(а-ж) – Сейсмологическая параметризация сейсмогенерирующих зон (зона 38)

Figure 5(a-f) – Seismological parameterization of seismogenic zones (zone 38)

землетрясений за различные периоды наблюдений (рисунки 5б, 5в, 5е). Окончательное определение значения M_0 проводилось по графику повторяемости. График распределения магнитуд землетрясений во времени (рисунок 5в) использовался для определения M_{max} (набл). Для оценки сейсмического эффекта первостепенное значение имеет оценка зависимости минимальной глубины возникновения землетрясений от их энергий. Такие графики, построенные для каждой зоны, показали, что в целом минимальная глубина очагов увеличивается с увеличением энергии землетрясения. Параметры a_1 ; a_2 ; b ; M_0 определены исходя их графика повторяемости (рисунке 5ж). Величина M_{max} оценена по совокупности геолого-геофизических и сейсмологических критериев определения сейсмopotенциала земной коры. Значение N_Σ определено как число землетрясений с $M \geq M_0$, которое использовалось для построения графика повторяемости.

Параметры сейсмического режима, рассчитанные по генерализованной схеме (рисунок 2), приведены в таблице.

Методика вероятностной оценки исходной сейсмичности в баллах шкалы макросейсмической интенсивности MSK-64(К). Расчеты сейсмической опасности для микрорайонирования территории г. Алматы, выполненные ТОО «Институт сейсмологии» МОН РК в 2016 г., впервые осуществлены на основе методологии, соответствующей положениям Еврокода 8 (EN 1998-1:2004) «Проектирование сейсмостойких конструкций», для применения в практике проектирования на территории Казахстана [3, 13-15] и проведены с использованием обновленной экспериментальной базы и на новой методической основе.

Параметры сейсмического режима сейсмогенерирующих зон Алматинского региона (по рисунку 2)

№ зоны	Период наблюдения	N_0	M_0	a_1	$b \cdot \ln 10$	b	M_{0i}	h_{min}	h_{max}	$h_{вер}$	N_Σ	M_{max} набл	M_{max}	Тип подвижки
22	1961-2015	0.11	4.0	3.94	2.06	0.895	1.9	3	30	10	249	4.3	6.5	TS
23	1952-2015	0.34	4.0	3.34	1.31	0.571	1.7	1	28	15	280	5.5	7.0	TS
24	1952-2015	0.49	4.0	3.66	1.42	0.617	2.1	1	30	15	496	6.1	8.0	TS
25	1952-2015	0.89	4.0	3.96	1.45	0.628	2.5	1	35	15	657	6.4	7.0	TF
26	1951-2015	2.00	4.0	4.23	1.39	0.603	1.9	3	48	15	1071	5.9	8.0	TF
27	1951-2015	0.28	4.0	3.48	1.46	0.633	1.7	1	40	15	308	5.8	6.0	TS
27b	1960-2015	0.03	4.0	3.23	1.98	0.859	2.3	10	25	10	37	6.1	6.0	SS
28	1951-2015	0.81	4.0	4.21	1.63	0.709	2.3	3	35	10	547	5.4	6.5	NS
29	1951-2015	0.71	4.0	3.87	1.45	0.629	1.7	2	38	10	798	6.5	6.5	TF
31	1951-2015	0.48	4.0	3.73	1.47	0.637	1.7	1	38	10	541	8.3	7.5	NS
32	1951-2015	0.90	4.0	3.86	1.37	0.596	1.7	3	35	10	481	6.0	6.5	TF
33	1959-2015	0.33	4.0	3.81	1.67	0.725	1.7	5	30	10	375	5.0	5.5	TF
34	1951-2015	0.10	4.0	4.27	2.27	0.984	2.3	3	32	10	309	4.2	6.0	TS
34a	1952-2015	0.15	4.0	4.06	2.01	0.874	2.3	2	30	10	162	4.7	6.5	TF
35	1952-2015	0.30	4.0	4.45	2.08	0.904	2.3	2	35	10	562	6.0	6.5	TF
36	1951-2015	0.25	4.0	3.7	1.63	0.707	1.6	2	30	10	497	7.3	7.5	TF
37	1952-2015	0.49	4.0	3.84	1.53	0.67	1.7	3	30	10	659	6.4	8.0	TF
38	1951-2015	1.65	4.0	4.33	1.51	0.658	1.4	1	45	10	2908	8.2	8.5	TF
39	1950-2015	0.40	4.0	3.81	1.57	0.681	1.7	3	40	15	799	7.0	7.0	TS
40	1953-2015	0.90	4.0	4.02	1.49	0.646	1.7	1	35	15	1389	6.8	7.5	TF
41	1950-2015	0.52	4.0	3.92	1.56	0.679	2.3	2	30	10	315	6.9	7.5	TF
43	1951-2015	1.45	4.0	4.54	1.68	0.731	2.3	1	40	10	1055	6.1	6.5	TF
45	1960-2015	1.19	4.0	4.18	1.55	0.671	2.3	1	38	10	951	7.5	7.5	TF
46	1950-2015	0.96	4.0	3.98	1.43	0.62	1.7	1	35	10	856	5.8	7.0	TS
47	1951-2015	1.16	4.0	3.99	1.39	0.602	1.7	1	58	10	318	5.6	7.0	TF
48	1951-2015	1.53	4.0	4.43	1.60	0.693	2.3	1	52	10	2037	6.7	7.0	TS
49	1951-2015	6.77	4.0	5.38	1.80	0.78	3.0	1	54	10	1842	6.6	7.0	TF
50	1944-2015	3.88	4.0	5.54	2.04	0.884	3.6	3	48	5	329	5.9	6.5	TF
51	1962-2015	2.32	4.0	4.03	1.27	0.55	2.3	1	38	5	519	7.5	8.0	TF

Основные отличительные элементы оценки сейсмической опасности: – расчет сейсмических воздействий на территорию г. Алматы от 29 сейсмогенерирующих зон; – вероятностный подход к расчету сейсмической опасности; – характеристика опасности в количественных параметрах колебаний грунта в дополнение к макросейсмическим характеристикам.

Вероятностный подход позволяет оценивать степень сейсмической опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности. Карты, описывающие сейсмическую опасность с помощью макросейсмических показателей последствий землетрясений – баллов по шкале MSK-64(K), дают информацию о исходной сейсмической опасности территории города и позволяют оценить возможные макросейсмические последствия прогнозируемых землетрясений. Количественные параметры колебаний грунта – пиковые ускорения – необходимы для проведения инженерных расчетов зданий и сооружений, а также мероприятий экономического и социального характера по предотвращению или снижению ущерба. Такие карты иллюстрируют региональные различия в амплитуде колебаний грунта при постоянном периоде повторяемости сейсмических сотрясений (т.е. постоянной вероятности превышения сейсмического эффекта). Они также позволяют быстро и на единой основе сравнивать сейсмическую опасность районов, выделяя наиболее опасные.

Отметим, что в данной работе материалы по расчету количественных параметров колебаний грунта (пиковые ускорения) не приводятся.

Теория, на основании которой проводится анализ и оценка сейсмической опасности, развита в работах [16-23]. Общепринятый подход состоит в построении кривых сейсмической опасности, которые указывают среднюю годовую частоту превышения значений выбранного параметра движения грунта. На основе кривых сейсмической опасности рассчитывается вероятность превышения заданного значения выбранного параметра и, соответственно, величина параметра, относящаяся к заданной вероятности превышения в течение требуемого периода времени.

Входными данными для проведения вероятностной оценки сейсмической опасности (ВОСО) служат:

- модели сейсмогенерирующих зон;
- законы повторяемости землетрясений;
- модели затухания параметров движений грунта в зависимости от магнитуды землетрясения и расстояния до пункта наблюдений.

Выходными результатами являются оценки движения грунта (сотрясаемость I) при заданном периоде времени T . В данной статье (в соответствии с отечественной практикой) представляется магнитудная шкала и в качестве выходного параметра – макросейсмическая интенсивность I шкалы MSK-64(K).

Численные расчеты ВОСО выполнялись на основе комплекса компьютерных программ SEISRISK-III [24] в модификации SRISKnas. Модификация состояла в адаптации данного комплекса для работы с интенсивностью в баллах и использования зависимости интенсивности от параметров сейсмического режима, полученной для территории Северного Тянь-Шаня [9]:

$$I = 1.5M_s - 3.3 \lg R + 3.0,$$

где R – гипоцентральное расстояние, M_s – магнитуда.

Сопоставление результатов работы комплекса компьютерных программ SEISRISK-III и МЗС-2014 (программа, любезно предоставленная Британской геологической службой в рамках международного проекта) показало их хорошее совпадение. Однако расчетное время работы программы МЗС значительно (более суток непрерывного счета) больше, чем у программы SEISRISK-III, поэтому на данном этапе использовалась последняя программа.

Для территории города Алматы ВОСО выполнена в соответствии с современными международными стандартами, на основе новейших научных достижений в области сейсмологии, сеймотектоники, сейсмогеодинамики. При этом учитываются параметры сейсмического режима каждой сейсмогенерирующей зоны (региональной и локальной) и сейсмических воздействий от местных и транзитных землетрясений.

Вероятностная оценка сейсмической опасности основана на выполнении расчетов появления сотрясений (I) той или иной интенсивности в заданном месте. Между сейсмической сотрясаемостью I и вероятностью P_0 существует однозначная связь [17]:

$$P_0 = t/T = tI, t \ll T,$$

где $T = 1/I$ – период повторения соответствующих сотрясений, t – время ожидания (срок службы сооружения).

Программы позволяют оценить вероятность состояния, когда интенсивность I на заданной площадке от землетрясений из окружающих сейсмогенерирующих зон может выйти за граничное значение.

Для численных расчетов вся исследуемая территория г. Алматы в пределах координат $\varphi=43.00^\circ-43.42^\circ$ с.ш. и $\lambda=76.72^\circ-77.19^\circ$ в.д. разбита на элементарные площадки 2×2 км в обоих направлениях, что определяет пространственное разрешение карт. Для каждого элемента матрицы 19×24 (456 площадок) проведены расчеты от всех 29 заданных источников (зон). Для обеспечения нужной минимизации ошибок, в каждом случае выполнялось 15 итераций. Из заданного облака решений выбиралось максимальное значение P_i для каждой заданной элементарной площадки. Оценка сейсмической опасности определялась в величинах значений превышения заданной интенсивности в год. Затем, в соответствии с известными нормативными требованиями, производилось вычисление вероятности превышения каждой заданной интенсивности за 50 лет, для периодов повторяемости землетрясений в 475 и 2475 лет, что соответствует 10% и 2% вероятности.

Для воспроизведения результатов работы программы SRISKnas с помощью известных пакетов графического представления материалов, составлены программные интерфейсы (разработчик – Г.Г. Стихарная): OUTSID, RISKBAL, GEOGR.

OUTSID – программа, позволяющая из всего многообразия выходных данных программы SRISKnas, для каждого узла сетки выбрать векторы риска P , с заданными значениями интенсивности от 5 до 11 баллов с интервалом через 0.5 балла. Для каждой точки исследуемой территории имеется возможность построить график зависимости риска P от значений интенсивности I в баллах – кривую сейсмической опасности. Пример графика для точки с координатами (–39.15 км; –18.36 км) приведен на рисунке 6.

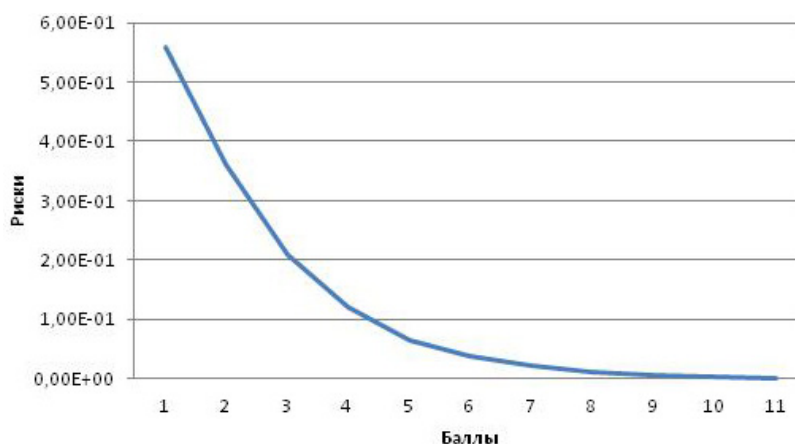


Рисунок 6 – Кривая сейсмической опасности для точки

Figure 6 – Curve of seismic hazard for a point

RISKBAL – программа для вычисления значений интенсивности I в баллах в узлах заданной сетки, при заданном риске, в прямоугольной (километровой) системе координат. Так как в программе SRISKnas расстояния измеряются в километрах, необходимо выполнять перевод входных величин, задаваемых в географической системе координат, в прямоугольную.

Для представления результатов в виде карт исходной сейсмичности, в привычной, географической системе координат, создана программа GEOGR, выполняющая перевод прямоугольных координат в географические (рисунки 7 и 8).

Результаты расчета исходной (фоновой) балльности, представленные на рисунках 7 и 8 в виде изосейст через 0,1 балла, имеют оцифровку от 8,8 до 9,9 для периода повторяемости 475 лет и от 9,4 до 10,8 для периода 2475 лет.

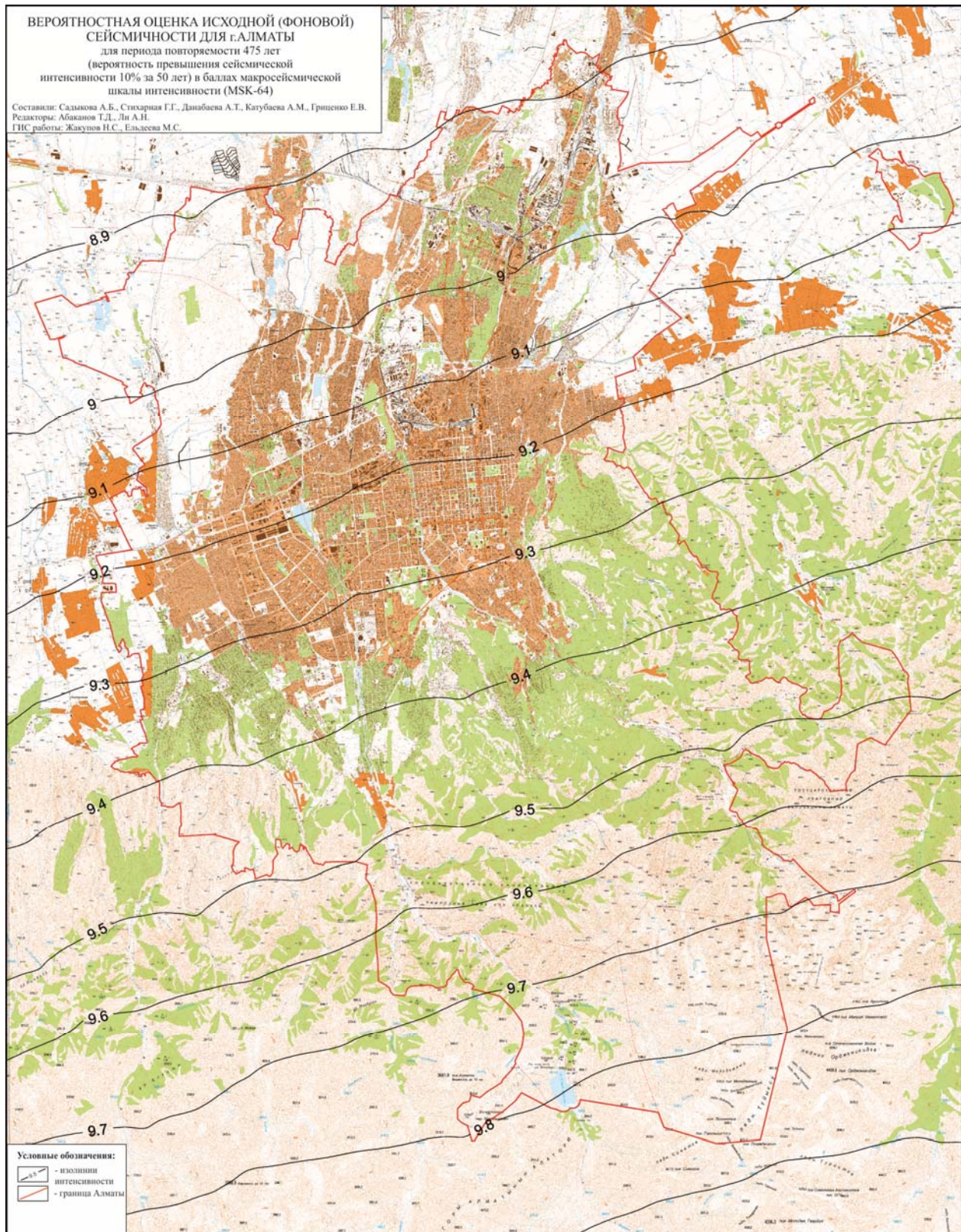


Рисунок 7 – Вероятностная оценка исходной (фоновой) сейсмичности для г. Алматы, для периода повторяемости 475 лет (вероятность превышения 10% за 50 лет) в баллах макросейсмической шкалы интенсивности

Figure 7 – Probabilistic assessment of initial (background) seismicity of Almaty city, for return period of 475 years (the probability of exceeding is 10% for 50 years) in points of macroseismic scale intensity

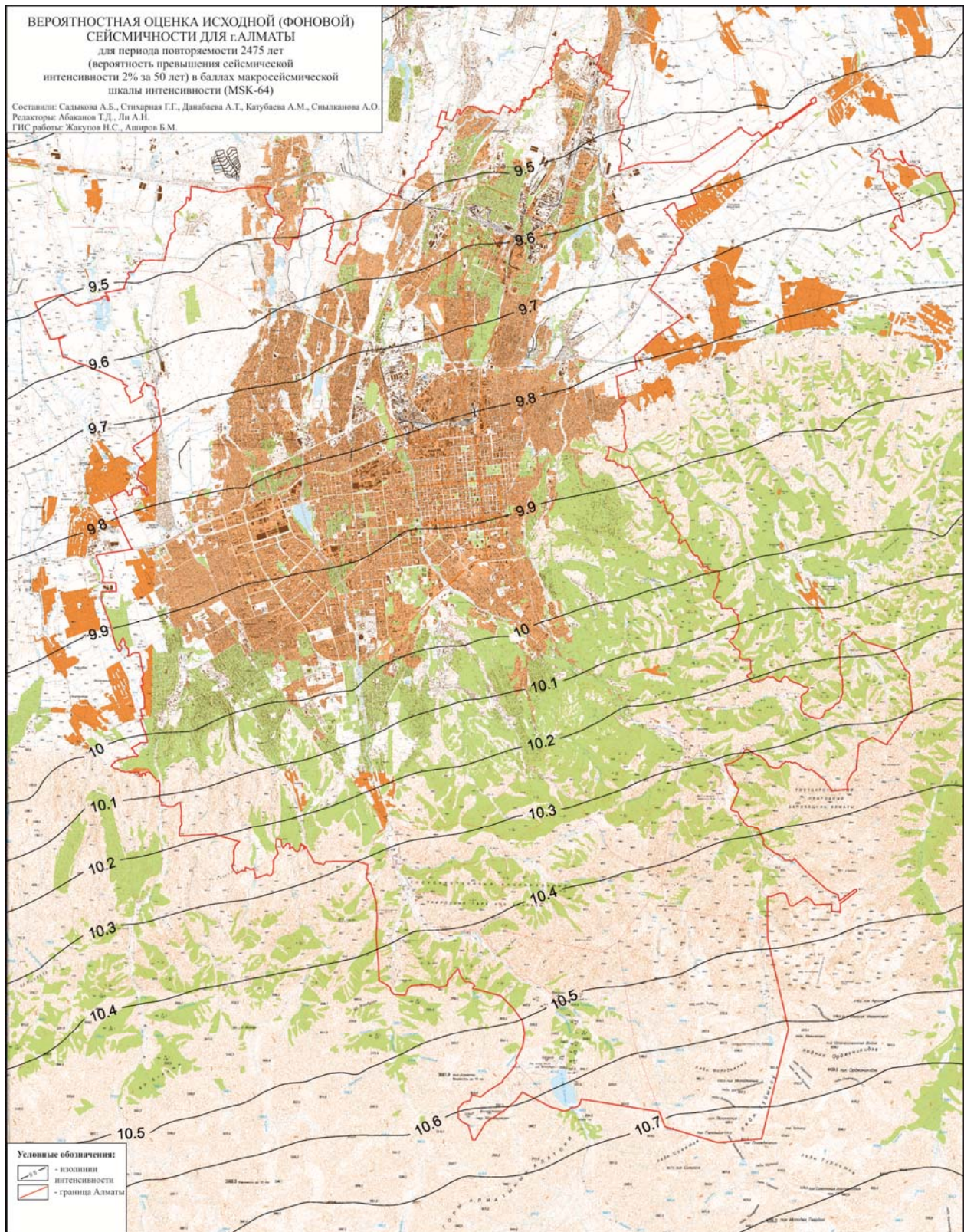


Рисунок 8 – Вероятностная оценка исходной (фоновой) сейсмичности для г. Алматы, для периода повторяемости 2475 лет (вероятность превышения 2% за 50 лет) в баллах макросейсмической шкалы интенсивности

Figure 8 – Probabilistic assessment of initial (background) seismicity of Almaty city, for return period of 2475 years (the probability of exceeding is 2% for 50 years) in points of macroseismic scale intensity

Наиболее опасные зоны исходной сейсмичности со значениями 9, 10 и более баллов, обусловленные Кунгейской, Заилийской, Алматинской и др. сейсмогенерирующими зонами, занимают практически всю территорию города. В северной части города изолинии интенсивности составляют значения 8,8-8,9 балла на карте с периодом повторяемости 475 лет и 9,4–9,5 – с периодом повторяемости 2475 лет. Такие сотрясения могут быть обусловлены как удаленными, так и местными сейсмогенерирующими зонами. В дальнейшем необходима детализация полученных результатов с использованием зависимостей затухания интенсивности сотрясений с расстоянием по различным направлениям.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сейсмическое микрорайонирование территории города Алма-Аты / Ержанов Ж.С., Шацлов В.И., Нурмагамбетов А., Сыдыков А., Абулгазин Р.К. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 112 с.
- [2] Алешин А.С. Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. – М.: Светоч Плюс, 2010. – 304 с.
- [3] Eurocode 8: Conception et dimensionnement des structures pour la résistance au séisme. – Partie 1-1: Règles générales - Actions sismiques et exigences générales pour les structures. – Institut Belge de Normalisation (IBN), 2002.
- [4] Отчет о НИР «Требования к картам общего сейсмического зонирования Республики Казахстан, соответствующим положениям Еврокода 8, для применения в практике проектирования на территории Казахстана». – Алматы: АО «КАЗНИИСА», 2013. – 89 с.
- [5] Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана. – Алматы, 2007. – 411 с.
- [6] Тимуш А.В. Сейсмоструктура литосферы Казахстана. – Алматы: Luxe Media Group, 2011. – 590 с.
- [7] Сейсмогенерирующие зоны Казахстана / Тимуш А.В., Тарадаева Т.В., Степаненко Н.П., Садыкова А.Б., Сыдыков А. – Алматы: Хай Текнолоджи, 2012. – 83 с.
- [8] Садыкова А.Б. Сейсмическая опасность территории Казахстана. – Алматы: Хай Текнолоджи, 2012. – 267 с.
- [9] Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. – Алматы: Гылым, 2004. – 270 с.
- [10] Сыдыков А., Садыкова А.Б., Стихарная Г.Г., Полешко Н.Н., Жунусова А.Ж. Параметризация сейсмогенерирующих зон Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2010. – № 4. – С. 45-52.
- [11] Садыкова А.Б., Данабаева А.Т., Катубаева А.М. К оценке сейсмической опасности Алматинского региона // The Eighth International Symposium on Tianshan Earthquakes. Collection of paper abstracts. – Urumqi, China, 2013. – P. 36-37.
- [12] Садыкова А.Б., Сыдыков А., Стихарная Г.Г., Данабаева А.Т., Гриценко Е.В. Сейсмичность Алматинского региона (к сейсмическому районированию г. Алматы) // Геология и охрана недр. – 2014. – № 4(53). – С. 82-89.
- [13] СНиП РК 2.03-30-2006 Строительство в сейсмических районах. – Алматы, 2006. – 80 с.
- [14] Национальное Приложение к СН РК EN 1998-1:2004/2012 и НТП РК-08-01-2012 «Проектирование сейсмостойких зданий и сооружений. – Часть: Общие положения. Сейсмические воздействия». – Разделы 1-3 СН РК EN 1998-1:2004/2012.
- [15] СН РК 2.03-28-2004. Шкала для оценки интенсивности землетрясений MSK-64(K). – Алматы, 2004.
- [16] Сейсмическое районирование территории СССР (методические основы и региональное описание карты ОСП- 78) / Отв. ред. В. И. Бунэ, Г. П. Горшков. – М., 1980. – 307 с.
- [17] Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды. – М.: Наука, 1985. – 406 с.
- [18] Review of Recommendation for Probabilistic Seismic Hazard Analysis // Guidance on Uncertainty and Use of Experts. National Academy Press. – Washington, DC, 1997. – P. 1-67.
- [19] Cornell C.A. Engineering seismic risk analysis // Seismol. Soc. America Bull. – 1968. – Vol. 58, N 5. – P. 1583-1606.
- [20] Cornell C.A. Probabilistic analysis of damage to structures under seismic loads // In: Dynamic Waves in Civil Engineering. – London, 1971.
- [21] Merz H.A. and Cornell C.A. Seismic risk analysis based on a quadratic magnitude frequency law // Seismol. Soc. America Bull. – 1973. – Vol. 63, N 6. Pt. 1. – P. 1999-2006.
- [22] Уломов В.И. Об основных положениях и технических рекомендациях по созданию новой карты сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – М.: ОИФЗ РАН, 1995. – Вып. 2-3. – С. 9-26.
- [23] Уломов В.И. Сейсмогеодинамика и сейсмическое районирование Северной Евразии // Вулканология и сейсмология. – 1999. – № 4-5. – С. 6-22.
- [24] Bender B., Perkins D. SEISRISK III: a computer program for seismic Hazard Estimation / USGS Technical Report. – N 1772.

REFERENCES

- [1] Sejsmicheskoe mikrorajonirovanie territorii goroda Alma-Aty / Erzhanov Zh.S., Shacilov V.I., Nurmagambetov A., Sydykov A., Abulgazin R.K. Alma-Ata: Nauka, 1982. 112 p. (in Kaz.).
- [2] Aleshin A.S. Sejsmicheskoe mikrorajonirovanie osobo otvetstvennykh ob#ektov. M.: Svetoch Pljus, 2010. 304 p. (in Russ.).
- [3] Eurocode 8: Conception et dimensionnement des structures pour la résistance au séisme. Partie 1-1: Règles générales - Actions sismiques et exigences générales pour les structures. Institut Belge de Normalisation (IBN), 2002.
- [4] Otchet o NIR «Trebovanija k kartam obshhego sejsmicheskogo zonirovanija respublikі Kazahstan, sootvetstvujushhim polozhenijam Evrokoda 8, dlja primenenija v praktike proektirovanija na territorii Kazahstana». Almaty: AO «KAZNIISA», 2013. 89 p. (in Kaz.).
- [5] Geodinamika i sejsmichnost' litosfery Kazahstana. Almaty, 2007. 411 p. (in Kaz.).

- [6] Timush A.V. Sejsmotektonika litosfery Kazahstana. Almaty: Luxe Media Group, 2011. 590 p. (in Kaz.).
- [7] Sejsmogenerirujushhie zony Kazahstana / Timush A.V., Taradaeva T.V., Stepanenko N.P., Sadykova A.B., Sydykov A. Almaty: Haj Teknologdzh, 2012. 83 p. (in Kaz.).
- [8] Sadykova A.B. Sejsmicheskaja opasnost' territorii Kazahstana. Almaty: Haj Teknologdzh, 2012. 267 p. (in Kaz.).
- [9] Sydykov A. Sejsmicheskij rezhim territorii Kazahstana. Almaty: Fylym, 2004. 270 p. (in Kaz.).
- [10] Sydykov A., Sadykova A.B., Stiharnaja G.G., Poleshko N.N., Zhunusova A.Zh. Parametrizacija sejsmogenerirujushhih zon Dzhungaro-Severo-Tjan'-Shan'skogo regiona // Izvestija NAN RK. Serija geologicheskaja. 2010. N 4. P. 45-52. (in Kaz.).
- [11] Sadykova A.B., Danabaeva A.T., Katubaeva A.M. K ocenke sejsmicheskoy opasnosti Almatinskogo regiona // The Eighth International Symposium on Tianshan Earthquakes. Collection of paper abstracts. Urumqi. China, 2013. P. 36-37.
- [12] Sadykova A.B., Sydykov A., Stiharnaja G.G., Danabaeva A.T., Gricenko E.V. Sejsmichnost' Almatinskogo regiona (k sejsmicheskomu rajonirovaniyu g. Almaty) // Geologija i ohrana nedr. 2014. N 4(53). P. 82-89. (in Kaz.).
- [13] SNiP RK 2.03-30-2006 Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah. Almaty, 2006. 80 p. (in Kaz.).
- [14] Nacional'noe Prilozhenie k SN RK EN 1998-1:2004/2012 i NTP RK-08-01-2012 «Proektirovanie sejsmostojkikh zdaniy i sooruzhenij. Chast': Obshhie polozhenija. Sejsmicheskie vozdejstvija». Razdely 1-3 SN RK EN 1998-1:2004/2012. (in Kaz.).
- [15] SN RK 2.03-28-2004. Shkala dlja ocenki intensivnosti zemletrjasenij MSK-64(K). Almaty, 2004. (in Kaz.).
- [16] Sejsmicheskoe rajonirovanie territorii SSSR (metodicheskie osnovy i regional'noe opisanie karty OSR-78) / Otv. red. V. I. Bunje, G. P. Gorshkov. M., 1980. 307 p. (in Russ.).
- [17] Ryzhichenko Ju.V. Problemy sejsmologii. Izbrannye trudy. M.: Nauka, 1985. 406 p. (in Russ.).
- [18] Review of Recommendation for Probabilistic Seismic Hazard Analysis // Guidance on Uncertainty and Use of Experts. National Academy Press. Washington, DC, 1997. P. 1-67.
- [19] Cornell C.A. Engineering seismic risk analysis // Seismol. Soc. America Bull. 1968. Vol. 58, N 5. P. 1583-1606. (in USA).
- [20] Cornell C.A. Probabilistic analysis of damage to structures under seismic loads // In: Dynamic Waves in Civil Engineering. London, 1971. (in Eng.).
- [21] Merz H.A. and Cornell S.A. Seismic risk analysis based on a quadratic magnitude frequency law // Seismol. Soc. America Bull. 1973. Vol. 63, N 6. Pt.1. P. 1999-2006. (in USA).
- [22] Ulomov V.I. Ob osnovnyh polozhenijah i tehniceskikh rekomendacijah po sozdaniyu novoj karty sejsmicheskogo rajonirovaniya territorii Rossijskoj Federacii // Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie Severnoj Evrazii. M.: OIFZ RAN, 1995. Vyp. 2-3. P. 9-26. (in Russ.).
- [23] Ulomov V.I. Sejsmogeodinamika i sejsmicheskoe rajonirovanie Severnoj Evrazii // Vulkanologija i sejsmologija. 1999. N 4-5. P. 6-22. (in Russ.).
- [24] Bender V., Perkins D. SEISRISK III: a computer program for seismic Hazard Estimation / USGS Technical Report. N 1772. (in USA).

А. Б. Садыкова, А. Сыдықов, Г. Г. Стихарная, А. М. Данабаева

Сейсмология институты, Алматы, Қазақстан

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ ТЕРРИТОРИЯСЫНЫҢ БАСТАПҚЫ СІЛКІНГІШТІГІН МИКРОАУДАНДАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ЫҚТИМАЛДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ

Аннотация. Жұмыста 2015 жылғы сеймотектоникалық деформация параметрлері жиынтықтарының Алматы қаласы аумағын микроаудандау үшін сейсмикалық қауіптілікті есептеу ең алғаш рет Еврокод 8 ережелеріне сәйкес (EN 1998-1:2004) «Сейсотөзімді құрылыстарды жобалау» әдістеме негізінде, Қазақстан территориясын жобалау тәжірибесінде қолдану үшін жүзеге асырылды және жаңаланған эксперименттік қорларды қолдану мен жаңа әдістemenің негізінде жасалды.

Бұл жұмыс Алматы қаласын сейсмикалық микроаудандаудың (СМА) алғашқы кезеңі – бастапқы сілкінгіштікті (карта жасау) бағалауға арналған, яғни белгіленген уақыт ішінде (берілген тапсырмаға сәйкес 475 және 2475 жылдар қайталану периодтары үшін) Алматы қ. территориясының орташа жер жағдайлары үшін күтілетін сейсмикалық әсердің сандық сипаттамаларын анықтау. Қарастырылып отырған Алматы қ. Территориясы созылыңқы болып келгендіктен (соңғы деректерге сәйкес қала оңтүстіктен солтүстікке қарай шамамен 80 км арақашықтыққа созылады), бүкіл қала аумағы бойынша арақашықтық сайын қарқындылықтың қалыптасуы бәсеңдеу заңдылықтарының есептері қажет. Бастапқы сілкінгіштікті бағалау әдістемесінің негізгі ерекше элементтері: - Алматы қаласынан 300 км-ге дейінгі арақашықтықта орналасқан 29 сейсмогенді белдемдердің қала аумағына әсер ететін сейсмикалық әсерлері бағаланды; - алғаш рет сейсмикалық қауіптілікті есептеудің ықтималдылық тәсілдемесі жүзеге асырылды; - макросейсмикалық сипаттамаларға қоса жер тербелісінің есептік параметрлерінің сипаттамалары алынды. Берілген жұмыста жер тербелісінің (үдеудің шыңы) сандық параметрлерінің есептері бойынша деректер келтірілмеген.

Алматы қаласының бастапқы сілкінгіштігін бағалаудың 475 және 2475 жж қайталану периодына (50 жыл үшін ықтималдылықтың асуы 10% және 2%) макросейсмикалық қарқындылық шкаласы бойынша балл түрінде ықтималдылық картасы жасалды.

Түйін сөздер: микроаудандау, сейсмогенді белдемдер, сейсмикалық режим, бастапқы сілкінгіштікті бағалау, сейсмикалық әсер.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 93 – 102

V. I. Poryadin¹, **M. K. Absametov¹**, **D. K. Adenova²**

¹U. M. Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology, Almaty, Kazakhstan,

²Kazakh national research technical university named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: viktor.poryadin@mail.ru

MANAGEMENT GROUNDWATER RESOURCES FOR SOLUTIONS WATER SUPPLY OF ECONOMY OF KAZAKHSTAN ON THE LONG-TERM PERIOD

Abstract. Different types of intensive water use in Kazakhstan - from drinking water and sanitation, food and energy, mining and manufacturing industries, contributing to the depletion of operational reserves of underground water, as in the existing water intakes, as well as in areas not governed by self-flowing artesian wells that urgently requires the implementation of management of underground water. Measures for management of groundwater resources can and are being successfully carried out on the territory of Kazakhstan with a water-scarce balance, both in the river valleys, such as Zhartassky and Kotursky infiltration intakes on Sherubai-Nura river in the Akmola region, and in carbonate karst structures Eskula, Janay, Aidos, Uytas, aimed at the water supply of Zhezkazgan mining area in connection with the depletion of them operational groundwater resources and deterioration of their quality. Not less actual problems of groundwater management in transboundary basins that are object of hydrological, hydrogeological, social, economic and environmental interstate relations - with Russia, China, Kyrgyzstan and Uzbekistan.

Keywords: Kazakstan, underground water, resources, management.

УДК 551.4:556.3

В. И. Порядин¹, **М. К. Абсаметов¹**, **Д. К. Аденова²**

¹Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИКИ КАЗАХСТАНА НА ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПЕРИОД

Аннотация. Различные виды интенсивного водопользования в Казахстане – от питья и санитарии, производства продовольствия и энергетики, горнодобывающей и обрабатывающей промышленности, способствуют истощению эксплуатационных запасов подземных вод, как на действующих водозаборах, так и на территориях не регулируемого самоизлива артезианских скважин, что настоятельно требует осуществления управления ресурсами подземных вод. Мероприятия по управлению ресурсами подземных вод могут и

успешно осуществляются на территориях Казахстана с вододефицитным балансом, как в речных долинах, например Жартацкий и Котурский инфильтрационные водозаборы на реке Шерубай-Нура в Акмолинской области, так и в карбонатных карстующихся структурах – Эскула, Жанай, Айдос, Уйтас, нацеленных на водообеспечение Жезказганского горнорудного района в связи с истощением в них эксплуатационных запасов подземных вод и ухудшением их качества. Не менее актуальны проблемы управления ресурсами подземных вод и в трансграничных бассейнах, являющихся объектами гидрологических, гидрогеологических, социальных, экономических и экологических межгосударственных взаимосвязей – с Россией, Китаем, Киргизией и Узбекистаном.

Ключевые слова: Казахстан, подземные воды, ресурсы, управление.

Введение. Водные ресурсы Республики Казахстан представляют собой запасы поверхностных и подземных вод, сосредоточенных в водных объектах, которые используются или могут быть использованы. К водным объектам относятся: моря, реки, приравненные к ним каналы, озера, ледники и другие поверхностные водные объекты и части недр, содержащие подземные воды [1].

Главным источником ежегодного восполнения водных ресурсов суши – поверхностных и подземных вод, являются водяные пары атмосферы (массой в 400 раз меньше ее самой), формирующиеся преимущественно над мировым океаном и образующие атмосферные осадки P , которые составляют приходную часть комплексного дифференцированного уравнения водного баланса речного бассейна уравновешенную расходной его частью:

$$P = R + E,$$

полным речным стоком $R = S + U$ (S – поверхностный, паводочный речной сток, U – подземный сток в реки) и суммарным испарением – эвапотранспирацией E [2].

Речная сеть Казахстана, объединяющая около 85 тыс. рек и временных водотоков средней площадью порядка 30 км², представлена шестью региональными бассейнами поверхностного и подземного водного стока: I. Жайык-Жемским (бассейн Каспийского моря), II. Тобыл-Есильским (бассейн Карского моря), III. Ертисским (бассейн Карского моря), IV. Нура-Тенизским (бассейн озера Тениз, бессточный), V. Балкаш-Алакольским (бассейн озер Балкаш и Алаколь, бессточный), VI. Арало-Сырдаринским (бассейн Аральского моря, бессточный) [3].

Ресурсы речного стока Казахстана периода наблюдения 1974–2008 гг. составляли 91,3 км³/год (50% обеспеченности), из которых 44,3 км³/год поступало из сопредельных государств (России, Китая, Узбекистана и Киргизии), а 47,0 км³/год составлял местный сток. Таким образом, по состоянию на 2016 год за счет хозяйственной деятельности ресурсы речного стока Казахстана уменьшились на 23,8 км³/год: трансграничного на 15,9 км³/год, местного на 7,9 км³/год [4].

Стратегия устойчивого водообеспечения Казахстана в условиях высокой степени уязвимости природной среды и отраслей экономики к возможным изменениям речного стока республики должна ориентироваться на неблагоприятное сочетание двух дестабилизирующих факторов: климатически обусловленного изменения местного стока (10–20%) и антропогенного сокращения трансграничного стока (до 50%).

При неблагоприятном сочетании климатических и трансграничных гидрологических угроз в перспективе реально уменьшение ресурсов речного стока в целом по Казахстану к 2020 г. до 81,6 км³/год, в том числе трансграничного – до 33,2 км³/год, местного – до 48,3 км³/год; к 2030 г. – соответственно 72,4; 22,2 и 50,2 км³/год при величине нормы стока всех рек Казахстана, согласно современному уровню изученности поверхностных вод, равной 102,3 км³/год, из которых 57,6 км³/год формируется на территории республики, а 44,7 км³/год – в сопредельных государствах (20,4 км³/год – в Китае, 14,4 км³/год – в Узбекистане, 7,01 км³/год – в России, 2,59 км³/год – в Киргизии) [3,4].

Согласно дифференцированному уравнению водного баланса подземный сток в реки формирует естественные ежегодно возобновляемые ресурсы подземных вод величиной 48,3 км³/год [5], соответствующей 50% общего и 100 % местного речного стока республики периода 1974–2008 гг., подтвержденной экосистемной оценкой естественных водных ресурсов недр Казахстана [6, 7].

Учитывая гидравлическую взаимосвязь поверхностного и подземного стоков в перспективе следует ожидать в целом по Казахстану к 2020 г. сохранение естественных ресурсов подземных вод на уровне 48,3 км³/год, а к 2030 г. даже их увеличение – до 50,2 км³/год.

На площади распространения грунтовых и артезианских вод республики 2,7 млн. км² средняя величина слоя (модуля) подземного стока – величина ежегодного возобновления естественных ресурсов подземных вод, составляет 17–18 мм в год (0,54–0,57 л/с·км²) с вариацией этой величины по территории республики в пределах 1–857 мм в год (0,03–27 л/с·км²): минимум отвечает пустынным территориям Казахстана, максимум – горным территориям востока и юго-востока республики [5].

Ресурсный потенциал подземных вод Казахстана характеризуется, как, прогнозными ресурсами – потенциальной возможностью использования подземных вод, основную долю которых (до 100%) составляют естественные ресурсы подземных вод (подземный сток), так и эксплуатационными запасами (ЭЗ) месторождений и участков подземных вод (МПВ). Суммарная величина прогнозных ресурсов подземных вод в целом по Казахстану по разным оценкам кардинально не различается: от 61,8 км³/год [8] до 64,3 км³/год [9].

Основная масса прогнозных ресурсов пресных подземных вод (75%) сосредоточена в южном и восточном регионах Казахстана: Алматинской, Жамбылской, Кызылординской, Южно-Казахстанской и Восточно-Казахстанской областях. В центральном регионе республики: Акмолинской, Карагандинской и Павлодарской области, сосредоточено 19%; в западном регионе: Актюбинской, Атырауской, Мангистауской и Западно-Казахстанской областях – 6%; в северном регионе: Костанайской и Северо-Казахстанской областях – 1,2%. Наиболее ограничены в ресурсах пресных подземных вод Атырауская, Северо-Казахстанская, Мангыстауская, Костанайская и Акмолинская области.

Материалы и методы исследования. По состоянию на 2016 год в Казахстане разведано 2905 месторождений и участков водозаборов подземных вод с эксплуатационными запасами 15,6 км³/год – 24 % общих прогнозных ресурсов (65 км³/год) и 38 % прогнозных ресурсов пресных вод (40,44 км³/год), при этом пресные воды разведанных запасов составляют 13,19 км³/год (85 % общего их количества). По целевому назначению разведанные эксплуатационные запасы подземных вод распределяются следующим образом (км³/год): хозяйственно-питьевое водоснабжение (ХПВ) – 6,1; производственно-техническое водоснабжение (ПТВ) – 1,1; орошение земель (ОРЗ) – 8,4; бальнеологическое водоснабжение, минеральные воды (МВ) – 0,015 [9].

Для целей ХПВ в Казахстане в настоящее время эксплуатируются 814 МПВ с общими запасами 31,56 млн. м³/сут (~0,01 км³/год), составляя лишь ~7% разведанных эксплуатационных запасов, что свидетельствует об огромном резерве ресурса ХПВ республики. Действительно, согласно Генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов Республики Казахстан, общие потребности в воде отраслей экономики республики на уровне 2040 года могут составить 23,1 км³ и будут покрываться, главным образом, за счет поверхностных источников (84%), остальной объем – 16 % (3,7 км³/год), преимущественно за счет подземных вод [10], которые являются основным источником ХПВ республики, поскольку в отличие от поверхностных вод характеризуются устойчивым качеством. Этот объем подземных вод не превысит 24% ныне разведанных ЭЗПВ (15,6 км³/год).

С учетом роста населения республики до 18 596 406 млн. человек к 2020 г. и до 20 330 057 млн. человек к 2030 г. потребности ХПВ могут составить 2,2 км³ к 2020 году и 2,3 км³ к 2030 году относительно 2,4 км³ в 2015 году при среднесуточном водопотреблении (л/сут·чел.) 371 (2015г.), 320 (2020г.) и 318 (2030г.) [11].

Месторождения подземных вод Казахстана составляют ряд типов, отражающих комплекс геолого-гидрогеологических и физико-географических факторов, определяющих специфику формирования эксплуатационных запасов подземных вод (ЭЗПВ). Наиболее значительная масса эксплуатационных запасов МПВ – 7,28 км³/год (47,4 % разведанных), сосредоточена на конусах выноса Южного и Юго-Восточного Казахстана – здесь располагаются наиболее крупные по эксплуатационным запасам МПВ, превышающих 500 тыс. м³/сут (0,18 км³/год).

Следующими по величине суммарных эксплуатационных запасов – 4,19 км³/год (27,3 % разведанных), являются МПВ (всего 625) в многочисленных платформенных и межгорных артезианских бассейнах Казахстана. Средняя величина эксплуатационных запасов этих МПВ составляет 18 тыс. м³/сут (0,0067 км³/год).

Сравнительно небольшие, но исключительно ценные для хозяйственно-питьевого водоснабжения МПВ (всего 346) приурочены к речным долинам и располагаются преимущественно в безводных районах Казахстана, где за пределами речных долин практически отсутствуют пресные подземные воды. Общие эксплуатационные запасы этих МПВ довольно значительны, составляя 3,25 км³/год (21 % разведанных).

На долю МПВ (всего 384), приуроченных к массивам трещинных и трещинно-карстовых образований, приходится 0,57 км³/год (4 % разведанных запасов). Этот тип МПВ распространен в Центральном, Восточном и Северном Казахстане.

Наименее распространены в Казахстане МПВ в песчаных массивах (всего 55). Эксплуатационные запасы данного типа месторождений составляют лишь 0,05 км³/год. Все они располагаются преимущественно в пустынной зоне Западного и Южного Казахстана, однако имеют огромное значение в хозяйственно-питьевом водоснабжении населения и обводнении пастбищ этих территорий.

Распределение эксплуатационных запасов по территориям административных областей неравномерно и в большей степени зависит от гидрогеологических условий, что отразилось на степени обеспеченности областей водами хозяйственно-питьевого назначения. Наибольшие величины эксплуатационных запасов подземных вод (6,029; 2,310; 1,696; 1,399; 1,039 км³/год) характерны для Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской, Павлодарской и Карагандинской областей, соответственно, а наименьшие (0,152; 0,127; 0,099; 0,088; 0,064 км³/год) – для Акмолинской, Западно-Казахстанской, Мангыстауской, Атырауской и Северо-Казахстанской областей, соответственно. Такое различие объясняется, с одной стороны, неблагоприятными гидрогеологическими условиями формирования ЭЗПВ в северных и западных областях республики, а с другой – сравнительно низкой потребностью в источниках водоснабжения при наличии больших величин прогнозных ресурсов подземных вод в большинстве южных и восточных областей Казахстана.

Основное количество месторождений подземных вод разведано для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а в ряде случаев совместно: для хозяйственно-питьевого и для других целей - орошения земель, технического водоснабжения и как минеральные воды (таблица). Основным потребителем вод хозяйственно-питьевого назначения является население городов и рабочих поселков. На сельское население приходится порядка 26% общего водопотребления. Удельный расход воды колеблется в очень широких пределах, что связано с уровнем благоустройства жилой застройки и техническим состоянием систем [11].

Распределение эксплуатационных запасов подземных вод по водохозяйственным бассейнам по целевому назначению

Водохозяйственный бассейн	Эксплуатационные запасы подземных вод по целевому назначению, км ³ /год					
	ХПВ	ПТВ	ОРЗ	МВ	всего	в том числе до 1 г/л
Арало-Сырдаринский	0,835	0,124	0,170	0,003	1,160	0,691
Балкаш-Алакольский	1,544	0,184	5,380	0,004	7,143	7,004
Ергисский	1,052	0,176	1,669	0,001	2,971	2,795
Есильский	0,122	0,034	0,023	0,001	0,189	0,049
Жайык-Каспийский	0,476	0,235	0,268	0,002	0,979	0,635
Нура-Сарысуский	0,506	0,168	0,127	0,0004	0,821	0,497
Тобыл-Торгайский	0,382	0,042	0,000	0,001	0,481	0,208
Шу-Таласский	0,900	0,138	0,778	0,001	1,861	1,647
Итого по РК	6,078	1,102	8,414	0,049	15,64	13,186

Наибольшее использование подземных вод для ХПВ отмечено в Алматинской, Восточно-Казахстанской, Южно-Казахстанской и Карагандинской областях – от 498 до 163 тыс. м³/сут вод, соответственно, характеризующихся высоким потенциалом естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод. Наименьший водоотбор осуществляется в Северо-Казахстанской, Западно-Казахстанской, Мангыстауской и Атырауской областях – от 44 до 2 тыс. м³/сут, соответ-

ственно, отличающихся низким потенциалом, как естественных ресурсов, так и эксплуатационных запасов подземных вод, поэтому многие населенные пункты этих областей испытывают дефицит в качественной питьевой воде [9].

Результаты и обсуждение. В условиях глобальных климатически и антропогенно обусловленных изменений водных ресурсов и окружающей среды решение проблем водообеспечения экономики Казахстана на долгосрочный период с целью повышения эффективности водопользования, обеспечения устойчивого развития и экологической безопасности республики [10, 11] побуждает необходимость осуществления управления ресурсами подземных вод, являющегося составной неотъемлемой частью интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) – комплекса приоритетных действий по созданию благоприятных правовых условий, формированию организационной среды и развитию инструментов ИУВР [12].

Интегрированное управление водными ресурсами является в настоящее время наиболее прогрессивной технологией и входит в число международного приоритета действий десятилетия "Вода для жизни" (2005–2015 гг.). Глобальным Водным Партнерством (Global Water Partnership, 1996г.) ИУВР определен как процесс, способствующий скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными с ними ресурсами, с целью максимизировать показатели социального и экономического развития на равноправной основе без нарушения устойчивости жизненно важных экосистем. Это новая стратегическая цель международного сообщества во имя человека, во имя жизни [12].

Важнейшими, определяющими аспектами интегрированного управления ресурсами подземных вод являются, несомненно, социально-экономический – спрос, порождающий возможное, но не обязательное, изменение количества и качества водных ресурсов недр, функционально связанный с гидрогеологическим – ресурсами подземных вод. Эти эффекты могут быть, как кратковременными и обратимыми, так и долговременными и необратимыми [13].

С точки зрения управления спросом на подземные воды, важно иметь в виду, что цели социального развития оказывают сильное влияние на водопользование, особенно, когда речь идет об орошаемом земледелии и обводнении пастбищ, связанных с производством продовольствия, либо ростом городских агломераций, сопровождающихся значительным увеличением потребления – оправданного или не такового, подземных вод, как правило, на питьевые и коммунальные нужды.

Как гидрогеологические, так и социально-экономические аспекты зависят от особенностей конкретной территории, следовательно, не может быть готового рецепта для управления подземными водами. Вместе с тем, регулирование, базирующееся на водном законодательстве, и экономические инструменты (тарифы на воду) являются универсальным инструментом эффективного управления в любом регионе. При этом положения о регулировании не должны выходить за рамки того, что правительство может реализовать, а водопользователь может и должен соблюдать [13].

Ключевыми проблемами интегрированного управления ресурсами подземных вод являются, как специфическая восприимчивость водоносных гидрогеологических системы к негативным воздействиям при водоотборе, так и гидродинамическое взаимодействие между подземными и поверхностными водами, проявляющееся в наибольшей степени в инфильтрационных водозаборах речных долин и приводящее к возникновению ущерба поверхностному стоку. В частности, при возможном водоотборе всех ныне разведанных эксплуатационных запасов подземных вод в объеме 15, 5 км³ ущерб поверхностному стоку может составить 5 км³ [14].

В большинстве ситуаций управления подземными водами с точки зрения экономического аспекта от действий по управлению необходимо сохранение баланса между затратами и прибылью, принимая во внимание возможную деградацию гидрогеологических систем и интересы водопользователей, включая как глобальные, так и региональные экосистемные проблемы конкретных территорий. В этой связи следует выделять ряд стадий состояния ресурсов подземных вод в эксплуатируемом водоносном горизонте конкретного МПВ и соответствующие им инструменты управления [13].

Начальная стадия состояния МПВ характеризуется наличием ресурса подземных вод адекватного качества, достаточного либо превосходящего спрос и не требующая активных управленческих мероприятий, кроме регистрации и картирования ресурсов.

Следующая стадия состояния ресурса подземных вод МПВ характеризуется ростом водоотбора, существенно не влияющего на количество и качество подземных вод и запросы водопотребителей, включая экосистемы.

Дальнейший, быстро растущий, водоотбор, сопровождающийся воздействием на естественный режим и ресурсы подземных вод МПВ, составляет стадию, требующую осуществления регулирующих управленческих мероприятий, базирующихся на всесторонней оценке ресурсов и внешних связей гидрогеологических систем МПВ с окружающей средой с позиций восполнения эксплуатационных ресурсов, обеспечивающих запросы водопотребителей, включая запросы экосистем.

Избыточный, не контролируемый водоотбор, сопровождающийся необратимыми изменениями водного и солевого режима водоносных систем МПВ, нарушающий интересы водопользователей, составляет стадию дестабилизации естественного режима подземных вод МПВ, когда уровни подземных вод имеют тенденцию непрерывного продолжительного спада (переэксплуатация водоносных систем). Эта стадия требует управленческого вмешательства путем осуществления регулирования спроса и искусственного восполнения ресурсов подземных вод приемлемыми методами и средствами, составляющими систему управления питанием подземных вод – намеренного регулирования питания подземных вод в целях увеличения их ресурсов и улучшение качества вод в подземных горизонтах [15], включающую экономические инструменты, например, ужесточение тарифной политики, способствующей, согласно международной практике, экономии воды на 20–30%.

Не контролируемый водоотбор сопровождается, как правило, негативными последствиями обратимого и необратимого характера: гидрогеологическими – сокращением дебита скважин и истощением водоносных систем МПВ, проявляющимся уменьшением или прекращением родникового стока, наиболее ярко выраженного динамикой функционирования речных систем типа «карасу» на конусах выноса предгорий юго-востока Казахстана, а также интрузией минерализованных и загрязненных вод, в том числе сточных; экологическими – стрессом фреатофитов и их сукцессией на ксерофиты и даже галофиты; инженерно-геологическими – уплотнением и проседанием земли.

Выводы. Управление использованием ресурсов подземных вод не менее актуально, как и поверхностных вод. Различные виды потенциального водопользования, начиная от питья и санитарии и заканчивая производством продовольствия, энергетикой, горнодобывающей и обрабатывающей промышленностью, обычно требуют различных объемов и качества воды.

Однако, глобальное антропогенное потепление климата, начавшееся в постиндустриальную эпоху – вызванное парниковым эффектом, представляет определенную угрозу для среды обитания современного человека. Оценки Всемирной метеорологической организации свидетельствуют, что глобальное повышение температур может достигнуть 2,7-3,5 градусов к концу XXI века.

Возможные изменения климата Казахстана к 2030, 2050 и 2085 годам по среднегодовой температуре воздуха, относительно 1961–1990 годов, могут повыситься на 1,4 °С, 2,7 °С и 4,6°С, соответственно. Годовое количество осадков также увеличится на 2%, 4% и 5% соответственно [11]. Между тем, более половины (55%) территории республики представлены пустынями и полупустынями, поэтому повышение температуры в условиях уже существующей засухливости еще более усугубит ситуацию: усилится риск развития засух, пыльных бурь, подвижных песков и уменьшения водных ресурсов. Потепление климата приведет к изменению ситуации с доступностью водных ресурсов страны, поэтому управление водными ресурсами и водопользованием как никогда ранее становится актуальным и будет играть важнейшую роль в процессах адаптации к изменением климата и совместно с осуществлением концепции «зеленой» экономики [16] обеспечивать устойчивое развитие Казахстана.

Система управления ресурсами подземных вод может использоваться для решения таких задач как: накопление водных ресурсов в подземных емкостях для последующего их использования; приведение режима водных ресурсов в соответствии с требованиями на воду; стабилизация уровня подземных вод с целью предупреждения истощения их ресурсов или подъема уровня грунтовых вод, сопровождающегося заболачиванием и засолением земель; как альтернатива строительству поверхностных водохранилищ при отсутствии благоприятных для этого условий; сокращение

затрат водных ресурсов на непроизводительное испарение и отвод в водоприемники (поверхностные и подземные), из которых вода не может быть изъята для производительного использования; как мера предупреждения последствий негативного проявления поверхностного стока – паводков и селей [15].

Наиболее эффективны в системе управления ресурсами подземных вод мероприятия по управлению питанием подземных вод, включающие: регулирование естественного питания подземных вод; искусственное восполнение запасов подземных вод за счет поверхностных вод; водосбережение с целью сокращения питания подземных вод минерализованными водами из зоны аэрации; отбор подземных вод с целью усиления инфильтрации из русла рек, саев, каналов и коллекторно-дренажной сети; альтернативное земледелие и др. [15].

Искусственное восполнение эксплуатационных запасов подземных вод (ИВЭЗПВ) в Казахстане применяют в районах массивированного эксплуатационного водоотбора, способствующего сработке ЭЗПВ и сопровождающегося снижением уровней подземных вод, приводящего к неприемлемым экологическим последствиям – иссушению земель и деградации растительности, а также просадкам земной поверхности.

Наиболее целесообразно ИВЭЗПВ применять на действующих водозаборах, если водоотбор не обеспечивается естественными источниками формирования эксплуатационных запасов, когда в процессе эксплуатации предполагается или уже происходит перепонижение уровней в водозаборных скважинах. При этом возможны два подхода: расширение действующего водозабора на флангах, если нет проблем с землеотводом, организацией зоны санитарной охраны, взаимодействия с соседними водозаборами и т.п., либо применять ИВЭЗПВ, в том числе с целью повышения производительности МПВ для покрытия возрастающей водопотребности. Искусственное восполнение эксплуатационных запасов подземных вод осуществляется путем подачи воды извне в водоносные горизонты с помощью специальных инженерных мероприятий [17-19].

Мероприятия по ИВЭЗПВ могут и успешно осуществляются на засушливых территориях Казахстана с вододефицитным балансом, как в речных долинах, например, на Жартаасском и Котурском инфильтрационных водозаборах на реке Шерубай-Нура в Акмолинской области, так и в карбонатных карстуемых структурах, например, Эскулинской, Жанайской, Айдосской, Уйтаской и др., нацеленных на водообеспечение Жезказганского горнорудного района в связи с истощением в последних ЭЗПВ и ухудшением их качества [19].

В условиях распространения на территории Казахстана в многочисленных его артезианских бассейнах напорных подземных вод существует свыше трех тысяч артезианских скважин (некоторые фонтанируют 40–50 лет), вода которых либо не находит применения, либо используется в небольших объемах. Суммарный дебит фонтанирования артезианских скважин достигает 0,4 км³/год (10 % разведанных запасов). Бесконтрольное не регулируемое фонтанирование артезианских скважин наносит существенный ущерб запасам подземных вод, прежде всего пресных, а в случаях вскрытия вод повышенной минерализации – негативно влияет на экологическую обстановку, приводя к засолению почв, сукцессиям растительности и заболачиванию территорий. Все это требует адекватных управленческих решений по предотвращению указанных негативных явлений путем перевода скважин на крановый режим или их тампонаж.

Интегрированный подход к управлению водными ресурсами недр, который многие страны, в том числе и Казахстан, ввели в свои национальные политики, является основой управления трансграничными бассейнами подземных вод республики, располагающихся в бассейнах основных речных систем Казахстана – Иле, Сырдария, Жайык, Ертис, Тобыл, Есиль, и образующих многочисленные трансграничные бассейны подземных вод грунтового и артезианского типов на границах с Россией, Китаем, Киргизией и Узбекистаном. Трансграничные водоносные горизонты являются объектами, где возникают гидрологические, гидрогеологические, социальные, экономические и экологические взаимосвязи и где интегрированное управление водными ресурсами недр актуально, экосистемно и должно быть успешным [12, 20]. Примеров интегрированного подхода к управлению трансграничными водными ресурсами недр, выполненных в Казахстане в рамках Международной Гидрологической Программы ЮНЕСКО на сегодняшний день немного.

В 2014 году по инициативе КНР на территории Казахстана и Китая проведены оценки емкостных запасов, возобновляемых ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод четвертичных

водоносных горизонтов в Зайсанском (бассейн реки Ертис), Алакольском (бассейн озер Балкаш-Алаколь), Жаркентском и Текесском (бассейн реки Иле) трансграничных бассейнах подземных вод, формирующихся за счет фильтрации поверхностных вод, подземного стока со стороны горных обрамлений и инфильтрации атмосферных осадков. Выполненные оценки являются продолжением предыдущих исследований трансграничных водоносных горизонтов в Азиатско-Тихоокеанском регионе [21], нуждающихся в дальнейшей своей активизации.

Другим примером ИУВР является Пилотный проект «Приташкентский трансграничный водоносный горизонт», выполненный для Казахской части Приташкентского трансграничного водоносного горизонта (ТГВГ), расположенного в приграничной зоне Казахстана с Узбекистаном в бассейне реки Келес –притоке р. Сырдарии [22]. Основным источником хозяйственно-питьевого водообеспечения ТГВГ является подземные воды верхнемелового (сеноман) водоносного горизонта (94% водопотребления), обнаруженного в 1947 году глубокими скважинами, из которых впервые получена минеральная вода, впоследствии получившая наименование «Сарыагашская» (в Казахстане) и «Ташкентская» (в Узбекистане). ТГВГ представляет собой уникальный источник глубоко залегающих пресных подземных вод в Центральной Азии и относится к водоносным горизонтам с невозполняемыми ресурсами (возраст подземных вод, установленный изотопными методами, составляет 6000 лет). Однако, рост населения региона, увеличение количества лечебных санаториев и количества предприятий по разливу минеральной воды приводит к ненормированному водозабору, что может привести к истощению ресурсов подземных минеральных вод ТГВГ. Вместе с тем, интенсивная эксплуатация подземных вод ТГВГ в целях ХПВ, в несколько раз превышающая величину их питания, способствует невозможной сработке емкостных запасов ТГВГ, что должно акцентировать внимание руководящих органов Казахстана и Узбекистана на незамедлительном решении проблемы истощения запасов подземных вод ТГВГ, тесно увязывая ее с общей для региона проблемой ИУВР. Казахстан и Узбекистан являются Сторонами Конвенции ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992 г.). Однако совместные казахстано-узбекские организации по управлению ресурсами Приташкентского ТГВГ отсутствуют. Есть надежда, что реализация Проекта ГГРЕТА будет способствовать улучшению научно-технической базы и осуществлению научно-обоснованного управления ресурсами ТГВГ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Водный кодекс Республики Казахстан (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.04.2016 г.).
- [2] Водный баланс СССР и его преобразование. – М.: Наука, 1969. – 338 с.
- [3] Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы. – Алматы: VIT BRAND, 2010. – 150 с.
- [4] Абишев И.А. и др. Водные ресурсы Казахстана и их использование // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». 28.04.2016 г. – Алматы, Казахстан, 22–24 сентября 2016 г. – Кн. 1. – С. 9-18.
- [5] Формирование подземного стока на территории Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 148 с.
- [6] Порядин В.И. Экосистемные ресурсы подземных вод Казахстана: методология оценки // Изв. НАН РК. Серия геол. и техн. наук. – 2014. – № 5. – С. 47-57.
- [7] Порядин В.И., Акынбаева М.Ж., Аденова Д.К. Воднобалансовый метод оценки восполнения ресурса подземных вод речного бассейна // Вестник НАН РК. – 2016. – № 4. – С. 78-83.
- [8] Ахмедсафин У.М. и др. Территориальное распределение ресурсов подземных вод Казахстана. – Алматы: Наука, 1979. – 152 с.
- [9] Смоляр В.А., Исаев А.К. Прогнозные ресурсы и эксплуатационные запасы подземных вод и их распределение по территории Казахстана // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, Казахстан, 22–24 сентября 2016 г. – Кн. 2. – С. 238-246.
- [10] Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов. Утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200. – Астана. 2016. – 79 с.
- [11] Основные положения Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан. Утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан 30 декабря 2013 года. № 1434.
- [12] Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в трансграничных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов. – Париж: Французское агентство развития, 2012. – 117 с.
- [13] Шапиров А.М. Устойчивое управление подземными водами: концепции и инструменты. Публикация Тренингового центра МКВК. – Вып. 7. – Ташкент, 2004. – 72 с.

- [14] Смоляр В.А. и др. Водные ресурсы Казахстана. Справочник. – Алматы: Ғылым, 2002. – 596 с.
- [15] Каримов А. Примеры управления питанием подземных водоносных горизонтов и необходимость сотрудничества в Центральной Азии // Семинар по правовым, институциональным и техническим аспектам управления трансграничными подземными водами. – Алматы: 29–31 мая 2012 года. Международный Институт Управления Водными Ресурсами. Офис по Центральной Азии. Ташкент.
- [16] Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике. Утверждено Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577. – Астана, 2013. – 52 с.
- [17] Штенгелов Р.С. Искусственное пополнение эксплуатационных запасов подземных вод. // Курс лекций «Поиски и разведка подземных вод». – М.: МГУ, 2016. – 24 с.
- [18] Антоненко В.Н., Кульдеев Е.И., Тынбаев М.М. Гидрогеологические основы magazинирования подземных вод // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2012. – № 3. – С. 145-148.
- [19] Жапарханов С.Ж., Жуматаев Б.К. Искусственное восполнение запасов подземных вод аридных районов Центрального Казахстана. – Алматы: КазНТУ, 2012. – 175 с.
- [20] Типовые положения по трансграничным подземным водам. – Нью-Йорк-Женева: ЕЭК ООН, 2014. – 16 с.
- [21] Вторая оценка трансграничных рек, озер и подземных вод // ЕЭК ООН. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. – Нью-Йорк-Женева, 2011. – 432 с.
- [22] Приташкентский водоносный горизонт. Отчет о результатах оценки. // Управление ресурсами подземных вод трансграничных горизонтов (ГПРЕТА. Фаза 1). – Париж: МГП. ЮНЕСКО, 2016. – 156 с.

REFERENCES

- [1] Vodnyj kodeks Respubliki Kazahstan (s izmenenijami i dopolnenijami po so-stojaniju na 28.04.2016 g.).
- [2] Vodnyj balans SSSR i ego prebrazovanie. M.: Nauka, 1969. 338 p.
- [3] Nacional'nyj atlas Respubliki Kazahstan. Vol. 1: Prirodnye uslovija i resursy. Almaty: VIT BRAND, 2010. 150 p.
- [4] Abishev I.A. i dr. Vodnye resursy Kazahstana i ih ispol'zovanie // Vodnye resursy Central'noj Azii i ih ispol'zovanie. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj podvedeniju itogov objavlennogo OON desjatiletija «Voda dlja zhizni». 28.04.2016 g. Almaty, Kazahstan, 22–24 sentjabrja 2016 g. Book 1. P. 9-18.
- [5] Formirovanie podzemnogo stoka na territorii Kazahstana. Alma-Ata: Nauka, 1970. 148 p.
- [6] Porjadin V.I. Jekosistemnye resursy podzemnyh vod Kazahstana: metodologija ocenki // Izv. NAN RK. Serija geol. i tehn. nauk. 2014. N 5. P. 47-57.
- [7] Porjadin V.I., Akynbaeva M.Zh., Adenova D.K. Vodnobilansovyy metod ocenki vospolnenija resursa podzemnyh vod rechnogo bassejna // Vestnik NAN RK. 2016. N 4. P. 78-83.
- [8] Ahmedsafin U.M. i dr. Territorial'noe raspredelenie resursov podzemnyh vod Kazahstana. Almaty: Nauka, 1979. 152 p.
- [9] Smoljar V.A., Isaev A.K. Prognoznye resursy i jekspluatacionnye zapasy podzemnyh vod i ih raspredelenie po territorii Kazahstana // Vodnye resursy Central'noj Azii i ih ispol'zovanie. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj podvedeniju itogov objavlennogo OON desjatiletija «Voda dlja zhizni». Almaty, Kazahstan, 22–24 sentjabrja 2016 g. Book 2. P. 238-246.
- [10] General'naja shema kompleksnogo ispol'zovanija i ohrany vodnyh resursov. Utverzhdeno postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 8 aprelja 2016 goda N 200. Astana, 2016. 79 p.
- [11] Osnovnye polozhenija General'noj shemy organizacii territorii Respubliki Kazahstan. Utverzhdeno postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan 30 dekabrja 2013 goda. N 1434.
- [12] Rukovodstvo po integrirovannomu upravleniju vodnymi resursami v transgranichnyh bassejnah rek, ozer i vodonosnyh gorizontov. Parizh: Francuzskoe agentstvo razvitija, 2012. 117 p.
- [13] Shapirov A.M. Ustojchivoje upravlenie podzemnymi vodami: koncepcii i instrumenty. Publikacija Treningovogo centra MKVK. Vyp. 7. Tashkent, 2004. 72 p.
- [14] Smoljar V.A. i dr. Vodnye resursy Kazahstana. Spravochnik. Almaty: Fylym. 2002. 596 p.
- [15] Karimov A. Primery upravlenija pitaniem podzemnyh vodonosnyh gorizontov i neobhodimost' sotrudnichestva v Central'noj Azii // Seminar po pravovym, institucional'nym i tehničeskim aspektam upravlenija transgranichnymi podzemnymi vodami. Almaty: 29-31 maja 2012 goda. Mezhdunarodnyj Institut Upravlenija Vodnymi Resursami. Ofis po Central'noj Azii. Tashkent.
- [16] Koncepcija po perehodu Respubliki Kazahstan k «zelenoj» jekonomike. Utverzhdeno Ukazom Prezidenta Respubliki Kazahstan ot 30 maja 2013 goda № 577. Astana, 2013. 52 p.
- [17] Shtengelov R.S. Iskusstvennoe popolnenie jekspluatacionnyh zaspos podzemnyh vod // Kurs lekcij «Poiski i razvedka podzemnyh vod». M.: MGU, 2016. 24 p.
- [18] Antonenko V.N., Kul'deev E.I., Tynbaev M.M. Gidrogeologicheskie osnovy magazinirovanija podzemnyh vod // Vestnik KazNTU. Almaty, 2012. N 3. P. 145-148.
- [19] Zhaparhanov S.Zh., Zhumataev B.K. Iskusstvennoe vospolnenie zaspos podzemnyh vod aridnyh rajonov Central'nogo Kazahstana. Almaty: KazNTU, 2012. 175 p.
- [20] Tipovye polozhenija po transgranichnym podzemnym vodam. N'ju-Jork-Zheneva: EJeK OON, 2014. 16 p.
- [21] Vtoraja ocenka transgranichnyh rek, ozer i podzemnyh vod // EJeK OON. Konvencija po ohrane i ispol'zovaniju transgranichnyh vodotokov i mezhdunarodnyh ozer. N'ju-Jork-Zheneva, 2011. 432 p.
- [22] Pritashkentskij vodonosnyj gorizont. Otchet o rezul'tatah ocenki // Upravlenie resursami podzemnyh vod transgranichnyh gorizontov (GGRETA. Faza 1). Parizh: MGP. JuNESKO, 2016. 156 p.

В. И. Порядин¹, **М. К. Абсаметов¹**, **Д. К. Аденова²**

¹У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан,

²Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭКОНОМИКАСЫН ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ КЕЗЕҢДЕ
СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ПРОБЛЕМАЛАРЫН ШЕШУ ҮШІН
ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ**

Аннотация. Қазақстандағы суды қарқынды пайдаланудың әралуан түрлері - ауыз су мен санитарлықтан бастап, азық-түлік пен энергетика өндірістері мен тау-кен және өндіретін өнеркәсіптердің бәрі, жұмыс жасап тұрған су бөгеттерінде де, реттелмейтін өздігінен төгілетін артезиан ұңғымалары аумағында да жерасты суларын пайдалану қорының таусылуына ықпал ететіндіктен, жерасты суларының ресурстарын басқаруды жүзеге асыруды қажет етеді. Жерасты суларының ресурстарын басқару бойынша шараларды Қазақстан аумағында су тапшылығы балансымен, өзен аңғарларында да, мысалы Ақмола облысындағы Шерубай-Нура өзеніндегі Жартас және Қотыр сіңбе суқабылдағыштарында да және сондай-ақ, ондағы жерасты суларын пайдалану қорының таусылуы мен олардың сапасының нашарлауына байланысты, Жезқазған тау-кен өндірісінің ауданын сумен қамтамасыз етуге бағытталған Ескула, Жанай, Айдос, Ұйтас сияқты карбонатты карсты құрылымдарда да табысты жүзеге асыруға болады. Жерасты суларының ресурстарын және трансшекаралық алаптарды басқарудағы тағы бір өзекті мәселе, Ресей, Қытай, Қырғыстан және Өзбекстанмен гидрологиялық, гидрогеологиялық, әлеуметтік, экономикалық және экологиялық мемлекетаралық өзара байланыс нысандары болып табылады.

Тірек сөздер: Қазақстан, жерасты сулары, жерасты сулар ресурстары, жерасты суларының ресурстарын басқару.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 103 – 108

O. Kalugin, R. Iskanderov

LLP «Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafin», Almaty, Kazakhstan

INDICATOR MINERALIZATION OF GROUND WATER AS INDICATOR UNDERFLOODING OF INDUSTRIAL TERRITORIES

Abstract. In this work are presented results of research carried out in autumn 2015 to identify the causes flooding industrial and municipal facilities in Zhanaozen, on the basis of which have been developed recommendations on localization negative impacts of groundwater. Monitoring condition of groundwater district, conducted by well regime network and wells drilled during the experimental hydrogeological work, and included: reconnoitering examination areas location wells; monitoring change level and temperature of groundwater; determination chemical composition of groundwater; determination content and composition pollutants normalized by the MPC with allocation the main components of pollutants; identification centers of flooding and pollution, study degrees impact of industrial and economic activities on the groundwater. Studies have shown that the construction development of territories and operation of buildings, structures and other facilities c. Zhanaozen located on weakly permeable soils are almost everywhere accompanied by the accumulation of moisture in the thickness of the ground and the rise of the groundwater level even in those cases when, prior to the development of the territory were absent.

Keywords: groundwater, industrial territories, underflooding.

УДК 556.3, 553.7; 624.131.1

О.А. Калугин, Р.Р. Искандеров

ТОО « Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан

ПОКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД КАК ИНДИКАТОР ПОДТОПЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных в осенний период 2015 г. по выявлению причин подтопления коммунальных и промышленных объектов г. Жанаозен, на основе которых были разработаны рекомендации по локализации негативного воздействия подземных вод. Мониторинг состояния подземных вод района проводился по скважинам режимной сети и скважинам, пробуренным в ходе опытных гидрогеологических работ и включал: рекогносцировочное обследование участков расположения скважин; наблюдения за изменением уровня и температуры подземных вод; определение химического состава подземных вод; определение содержания и состава загрязняющих веществ, нормируемых по ПДК с выделением основных компонентов загрязнителей; выявление очагов подтопления и загрязнения; изучение степени влияния производственно-хозяйственной деятельности на подземные воды. Исследования показали, что строительное освоение территорий и эксплуатация зданий, сооружений и других объектов г. Жанаозен, расположенных на слабопроницаемых грунтах, практически повсеместно сопровождается накоплением влаги в толще грунтов и подъемом уровня грунтовых вод даже в тех случаях, когда до начала освоения территории грунтовые воды вообще отсутствовали.

Ключевые слова: грунтовые воды, промышленные территории, подтопление.

Введение. Территория обследования расположена в пределах Мангистау-Устюртского гидрогеологического бассейна. По условиям образования и залегания подземные воды Южного Мангышлака, в который входит территория исследований, относятся к двум гидродинамическим

этажам: верхнему, где получили развитие грунтовые воды, и нижнему, характеризующемуся распространением высоконапорных подземных вод. К верхнему этажу относятся водоносные горизонты миоценовых и четвертичных отложений. К нижнему – водосодержащие толщи палеозоя, триаса, юры и мела, в разрезе которого выделяются два гидрогеологических яруса: триас-палеозойский и юрско-нижне-туронский.

В литологическом отношении на территории выделяются две характерные толщи: карбонатная (верхняя) и песчано-глинистая (нижняя). Карбонатная толща сложена отложениями неогена, палеогена и верхнего мела (датский и сеноманский ярусы), содержит, в основном, трещинные, трещинно-поровые и пластовые подземные воды с низкой производительностью скважин. Песчано-глинистая толща представлена отложениями турона, сеномана, верхнего и среднего альба, содержит поровые и пластово-поровые воды с различной минерализацией и производительностью скважин. Водоносные горизонты объединены в более крупные комплексы.

Подземные воды грунтового типа вскрываются на глубинах от 2,7 до 28,4 м в зависимости от гипсометрического положения скважин. В местах выклинивания породы сармата (Узеньская и Карамандыбасская антиклинали) безводные. Минерализация подземных вод изменяется в широких пределах от весьма пресных на севере территории до 22,5 г/дм³ (родник в юго-западной части впадины Узень). По химическому составу подземные воды горизонта хлоридно-сульфатные натриевые.

Питание горизонта происходит преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков. Направление потока грунтовых вод, согласно данным гидрогеологической съемки, ориентировано на юго-запад, разгрузка горизонта осуществляется частично в бортах впадин, но с учетом погружения водоносных отложений к югу, основная разгрузка осуществляется в бассейн Каспийского моря в 60–70 км к юго-юго-западу от площади месторождения Узень.

Одним из основных методов, использованных для решения поставленных задач, был гидрогеохимический [1].

В силу значительной раскрытости отложений сармата (наличие трещин выветривания, карстовых полостей), содержащиеся в породах воды подвержены интенсивному загрязнению продуктами производственной деятельности на месторождениях нефти [2].

Состояние окружающей среды территории представлено по данным систематических наблюдений национальной гидрометеорологической службы и результатам маршрутных обследований.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в городе ведутся на 2 автоматических постах, обеспечивающих автоматическое измерение таких компонентов как: взвешенные частицы (PM-10), диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, озон, сероводород, суммарных углеводороды и метан. Превышения ПДК по средним и максимально-разовым концентрациям не выявлено.

Почвенный покров является одним из важнейших компонентов окружающей среды. От его состояния в определяющей степени зависит состояние растительности, а также степень влияния на другие сопредельные среды – поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, биоту.

Рассматриваемая территория находится в пределах северной части почвенной подзоны южной пустыни и соответственно в почвенном районе Центрально-Мангышлакского плато с серо-бурыми солонцеватыми и солончаковатыми почвами.

Пониженные участки территории заняты солончаковыми такырами, лишенными высшей растительности. Почвы серо-бурые, различной степени солонцеватости. Много солончаковых родов с близким залеганием солевых горизонтов (гипса). Изредка по небольшим западинам, получающим дополнительное поверхностное увлажнение, развиваются лугово-бурые почвы, а также солонцы лугово-пустынные и солончаки луговые.

Анализ проб почв исследуемой территории, проведенный в химической лаборатории Института гидрогеологии и геоэкологии имени У. М. Ахмедсафина, не выявил превышения ПДК для нефтепродуктов. Загрязнение почв тяжелыми металлами, по данным Казгидромета, не установлено.

Измерения гамма-фона (мощности экспозиционной дозы) на территории Мангистауской области проводятся ежедневно на 3 метеорологических станциях в городах Актау, Жанаозен и

Форт-Шевченко. По данным наблюдений, средние значения радиационного гамма-фона приземного слоя атмосферы по населенным пунктам находились в пределах 0,08–0,22 мк³/ч. В среднем по области радиационный гамма-фон составил 0,13 мк³/ч и находился в допустимых пределах [3,4].

Большинство видов, произрастающих на территории, являются пустынными, остальные относятся к видам переувлажненных местообитаний, паразитирующим и сорным. Основная часть видов, произрастающих на территории, являются однолетними, за ними по количеству представителей следуют травянистые многолетние, полукустарники и кустарники.

Растительность формируется в экстремальных условиях недостатка влаги, высоких температур, сильного засоления и маломощности почв, что ограничивает ее разнообразие. Здесь доминируют ксерофитные и галофитные виды растений – главным образом, полыни и многолетние солянки с незначительным участием других видов.

В подзоне средних пустынь растительность равнин с суглинистыми и супесчаными почвами представлена преимущественно сообществами многолетней солянки – биюргуна солончакового и полыни белоземельной, слагающими различные комплексы.

Региональной особенностью является широкое распространение фитоценозов, образованных полынью гурганской – видом, эндемичным для Мангышлака и плато Устюрт.

Значительные площади в регионе занимают гемипетрофитные (приуроченные к щебнистым почвам) и петрофитные (приуроченные к каменистым маломощным почвам и выходам пород) варианты растительности, имеющие преимущественно комплексную структуру.

Мониторинг состояния подземных вод района, проводился по скважинам режимной сети и скважинам, пробуренным в ходе опытных гидрогеологических работ, и включал: рекогносцировочное обследование участков расположения скважин; наблюдения за изменением уровня и температуры подземных вод; определение химического состава подземных вод; определение содержания и состава загрязняющих веществ, нормируемых по ПДК с выделением основных компонентов загрязнителей; выявление очагов подтопления и загрязнения, изучение степени влияния производственно-хозяйственной деятельности на подземные воды. Лабораторные анализы проб воды и грунта выполнялись в аккредитованной лаборатории г. Алматы в соответствии с [5].

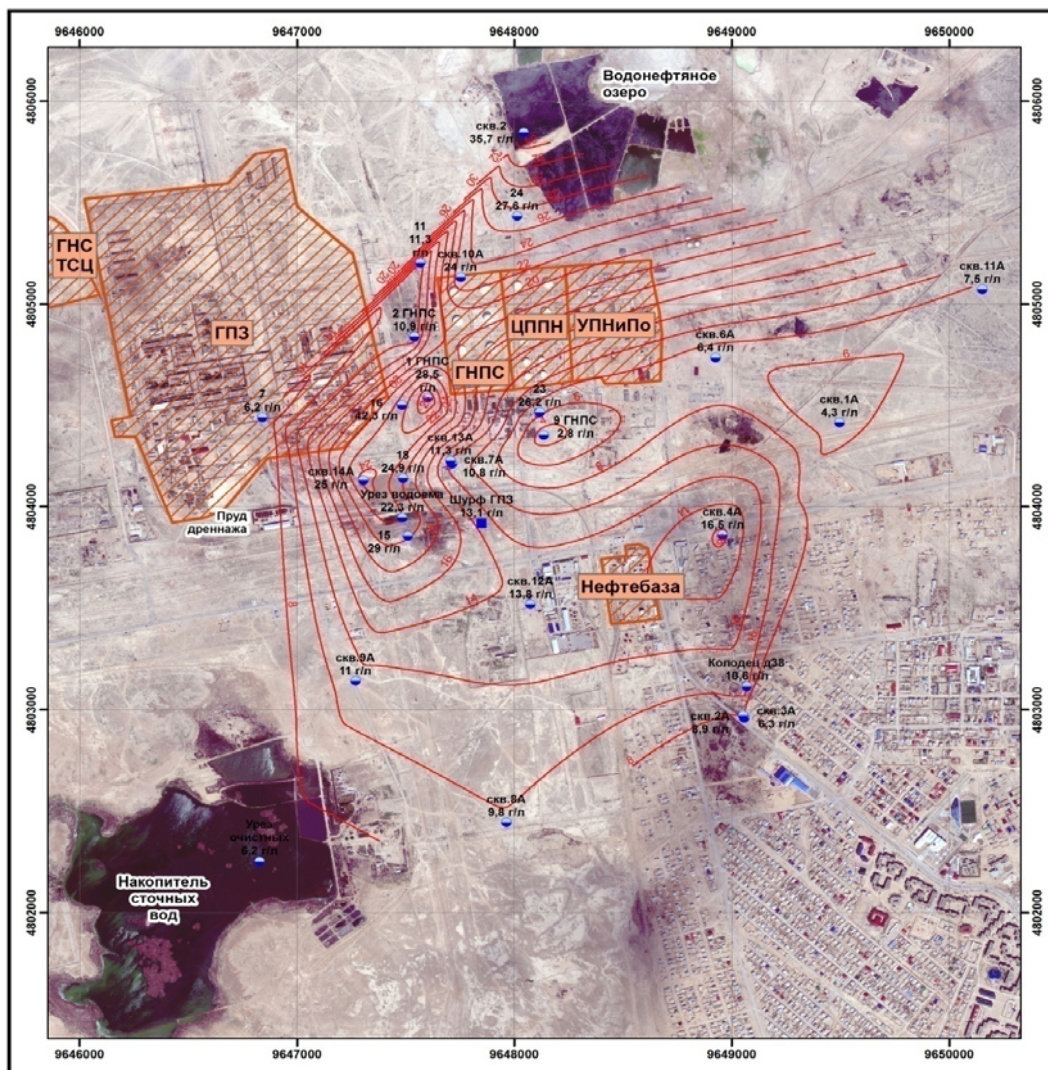
С целью определения фактического литологического строения грунтов и их инженерно-геологических характеристик, выявления направления, характера обводнения и наличия путей сосредоточенной фильтрации проводились геофизические исследования.

Аналитические работы велись на основе ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования земли [6]. Был сформирован банк данных объектов с их пространственной привязкой.





Проведено компьютерное построение карт уровня подземных вод, определены локальные изменения направлений движения подземных вод, вызванные разгрузками и питанием водоносных горизонтов, а также построены гидрогеохимические карты. Обработаны космические снимки и данные мониторинга за состоянием подземных вод. В ходе работ для получения прямой информации о характере рельефа, техногенных объектах, гидрографической сети, участках распространения загрязненных почв, свалках металлолома, ореолах прямого техногенного воздействия на почвенный покров и геологическую среду использовались цветные космоснимки различной разрешающей способности [7].

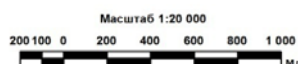
Ситуационный анализ карты уровня грунтовых вод показал следующее. Поток грунтовых вод направлен в запад-юго-западном направлении, абсолютные отметки уровня в восточной и центральной части территории плавно меняются от 190 м до 180 м (рисунок). В северной части исследуемой территории отмечается фильтрация вод амбара-хвостовика в грунтовые воды. Абсолютная отметка уреза водонефтяной смеси в амбаре-хвостовике составляет 180,57 м.

В западной части исследуемой территории отмечены локальные изменения УГВ, в районе Казахского газоперерабатывающего завода отмечена депрессия (минимальный уровень в скв. 7 составляет 172,26 м), а на северо-восточной оконечности накопителя сточных вод отмечено локальное поднятие УГВ (максимальный уровень в скв. 9а – 181,29 м), обусловленное поднятием кровли водоупора, подстилающего водоносный горизонт, что в свою очередь вызывает подпор УГВ и является причиной подтопления в районе железной дороги. Необходимо отметить, что наряду с изменением уровня режима грунтовых вод происходит изменение химического



Условные обозначения

-  объекты нефтепромысла
-  8 изолинии минерализации, г/л
-  скв. 8А 9,8 г/л скважины: номер и значения минерализации на скважинах
-  шурф



Карта минерализации подземных вод

Map mineralization of groundwater

состава подземных вод, влажности и поглощенного комплекса пород зоны аэрации, а также снижение несущей способности грунтов [3].

Ситуационный анализ карты минерализации грунтовых вод показал:

- наивысшая степень минерализации (свыше 26 г/л) наблюдается на территории, прилегающей к водонефтяной емкости (нефтяному амбару) при общей тенденции снижения в радиальном направлении от него во все возможные направления миграции грунтовых вод с генеральным направлением – на юго-запад;
- наименьшая степень минерализации наблюдается на территории, прилегающей к скважинам 1А и 11А (от 4,3 до 7,5 г/л), грунтовые воды которых не могут быть подтоплены из нефтяного амбара по условиям отметки подошвы покровного слоя водоупорных глин, а также на территориях, прилегающих к площадке строительства мечети (6,3 г/л) и к накопителю сточных вод комплекса очистительных сооружений (8,0 г/л).

Такая картина распределения минерализации и направление уклона кровли водоупорных глин даёт основание сделать однозначный вывод, что одной из причин подтопления рассматриваемой территории является водонефтяная емкость (нефтяной амбар), а также утечки за счёт фильтрации из накопителя КОС, разбавляющей своей достаточно пресной водой фильтрат из нефтяного амбара [8].

Открытой остается причина подтопления района мкр. Бостандык и площадки строительства мечети. Карта изогипс, указывает на наличие источника подтопления, находящегося северо-восточнее рассматриваемой территории. Мечеть г. Жанаозен в геоморфологическом отношении расположена на дне естественного понижения, которое является зоной разгрузки грунтовых вод, что и вызывает подтопление данного участка. Увеличение значений минерализации подземных вод на этой территории объясняется повышенным испарением в зоне выклинивания грунтовых вод, что приводит к росту минерализации и засолению почв.

Рассмотрим химический состав и степень минерализации грунтовых вод скважин 1А, и 11А, которые явно не могут быть следствием фильтрации из нефтяного амбара, а также скважин 3А и 8А, отметка уровня грунтовых вод которых почти совпадает с отметкой уреза в нефтяном амбаре при расстоянии между ними 2,64 км (нет градиента, нет поставки фильтрата). Ниже приведены результаты анализов в форме, удобной для сопоставления с химическим составом поверхностного слоя воды Каспийского моря в р – не г. Актау, полученном из фоновых источников (таблица).

Содержание солей и общая минерализация воды

The contents of salts and general минерализация of water

Объект	Содержание солей, % от их суммы			Минерализация, г/л
	карбонаты CaCO ₃	сульфаты CaSO ₄ , MgSO ₄	хлориды NaCl, KCl, MgCl ₂	
Скв. 1А	3,31	50,2	46,49	4,8
Скв. 3А	4,12	52,89	42,99	6,03
Скв. 8А	2,5	36,50	61,0	8,73
Скв. 11А	1,43	42,93	55,64	7,74
Среднее	2,84	45,63	51,53	6,82
Каспийское море	2,55	43,74	53,71	5,75

Приведенные результаты сопоставления химических анализов грунтовых вод на территории, находящейся выше возможного подтопления из нефтяного амбара, и возможных утечек из городских систем водоснабжения и канализации привело к необходимости поиска источника, который:

- расположен выше указанных скважин и г. Жанаозен;
- имеет уклон покровных мергелистых глин в сторону подтапливаемой территории;
- имеет значительный расход поступления воды из Каспийского моря и использует его в технологических целях;
- территория источника имеет тот же слой водовмещающего трещиноватого ракушечника, способного поставлять протечки технологически несовершенного заводнения газоносных пластов в целях поддержания пластового давления при добыче природного газа.

Существующее эксплуатируемое Озенское газоконденсатное месторождение отвечает всем этим условиям.

Следует отметить, что строительное освоение территорий и эксплуатация зданий, сооружений и других объектов г. Жанаозен, расположенных на слабопроницаемых грунтах, практически повсеместно сопровождаются накоплением влаги в толще грунтов и подъемом уровня грунтовых вод даже в тех случаях, когда до начала освоения территории грунтовые воды вообще отсутствовали. Содержание большого количества углеводов в замазученных грунтах и повышенное содержание тяжелых металлов определяет их роль в процессе антропогенного подтопления [9].

Такой процесс техногенного подтопления возникает и развивается вследствие нарушения сложившегося природного динамического равновесия в водном балансе территории.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Никаноров А.М. Принципы актуализации состава и методов инженерно-геологических изысканий для оценки степени техногенеза на подтопляемых территориях (юг России) / А.М. Никаноров, О.Б. Барцев, Е.Н. Бакаева, Д.Н. Гарькуша // Сергеевские чтения. – Вып. 12. Матер. годичной сессии науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М.: РУДН, 2010. – С. 156-161.
- [2] Геоэкологическая съемка на территории месторождений ПФ «УзеньмунайГаз»/АОНК «РД КазМунайГаз». – Алматы: ТОО «Консалдинговый Центр «NEDRA», 2005. – 125 с.
- [3] Рагозин А.Л. Оценка и картографирование опасности и риска от природных и техно-природных процессов (история, методология, методика и примеры) // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М., 1993. – Вып. 3. – С. 16-41.
- [4] Природно-климатические особенности территории и режим хозяйственного использования сильно ограничивают биологическое разнообразие растительности района / Дроздова О.А., Кононова Н.Д. Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – Т. 1. – 383 с.
- [5] Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Ч. 1 / Под ред. Л. В. Боевой. – Ростов-на-Дону: НОК, 2009. – 1044 с.
- [6] Сеннов А.С., Шварц А.А. Геоинформационные системы в гидрогео [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www/twirpx.com>.
- [7] Востокова Е. А. Использование аэрокосмических фотоснимков при гидрогеологических обследованиях в пустынях [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.goraknig.org>.
- [8] Нормы технологического проектирования газоперерабатывающих заводов» СНиП 2. 06. 15- 85 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления.
- [9] Анпилов В.С. Формирование и прогноз режима грунтовых вод на застраиваемых территориях. – М.: Недра, 1976. – 183 с.

REFERENCES

- [1] Nikanorov A.M. The principles actualization of composition and methods engineering and geological surveys to assess the degree to technogenesis flooded areas (south of Russia) // A.M. Nikanorov, O.B. Bartsev, E.N. Bakaeva, D.N. Garkusha // Sergiev readings. Issue 12. Mater. annual scientific session. Council of RAS on the problems of geo-ecology, geology and hydrogeology. M.: RUDN, 2010. P. 156-161.
- [2] Geocological shooting on the territory PF deposits "Uzenmunay Gas" / CASS "RD KazMunay Gas". Almaty: LLP "Consulting Center« NEDRA», 2005. 125 p.
- [3] Ragozin A.L. Assessment and mapping of danger and risk from natural and techno-natural processes (history, methodology, methods and examples) // Problems of safety in emergency situations. M., 1993. Vol. 3. P. 16-41.
- [4] Natural and climatic features of the territory and the regime of economic use severely limit the biological diversity of the vegetation of the area / Drozdova O.A., Kononeva N.D. Handbook of Climate SSSR Leningrad: Hydrometeo-izdat. 1976. Vol. 1. 383 p.
- [5] Guidance on chemical analysis of surface waters. Part 1 / Ed. L. V. Boevoi. Rostov-on-Don: NOC, 2009. 1044 p.
- [6] Sennov A.S., Schwartz A.A. Geoinformation systems in hydrogeology: www/twirpx.com.
- [7] Vostokova E.A. Using of aerospace photographs in hydrogeological investigations in the deserts [Electronic resource] / Access mode: [goraknig.org](http://www.goraknig.org).
- [8] The norms of technological design of gas processing plants "snip 2. 06. 15 85" Engineering protection of territories from flooding and flooding
- [9] Anpilov V.S. Formation and forecast of groundwater regime in the built-up territory. M.: Nedra, 1976. 183 p.

О. А. Калугин, Р. Р. Искандеров

«У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты», ЖШС, Алматы, Қазақстан

ГРУНТ СУЛАРЫ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ КӨРСЕТКІШТЕРІ ӨНЕРКӘСПТІК АЙМАҚТЫҢ СУ ДЕҢГЕЙІНІҢ КӨТЕРІЛУ ИНДИКАТОРЫ РЕТІНДЕ

Аннотация. Жаңаөзен қаласының өнеркәсіптік және коммуналдық нысандарында су деңгейінің көтерілу себебі анықталуы бойынша, яғни соның негізінде жерасты суларының жағымсыз әсерлері шектеу бойынша ұсыныстар әзірленген, 2015 ж. күзгі мерзімінде жүргізілген зерттеу нәтижелері мақалада ұсынылған. Тәжірибелік гидрогеологиялық жұмыстары барысында бұрғыланған ұңғымалардың тәртіптік тораптары және ұңғымалар бойынша ауданның жерасты суларының жағдайына бақылау жүргізілген, сонымен қатар қамтылған: ұңғымалардың орналасу аймақтарын рекогносцирлік тексеру; жерасты суларының температурасы мен деңгейінің өзгеруін бақылау; жерасты суларының химиялық құрамын анықтау; АМШ бойынша нормаланған ластаушы негізгі компоненттерді бөліп алу, ластаушы заттардың құрамы мен мөлшерін анықтау; ластанған және су деңгейінің көтерілу ошақтары анықталған, жерасты суларына өндірістік-шаруашылық әрекеттердің ықпал деңгейін зерттеу. Жаңаөзен қаласы нашар өткізгіш топырақтарында орналасқан ғимараттарды, құрылыстарды және басқа нысандарды пайдалану және аймақтың құрылыс жұмысына тартылуы іс жүзінде түгел грунт қалыңдығында ылғалдың жиналуымен қабаттас болады және грунт суларының деңгейінің көтерілуі, тіпті кей жағдайларда аймақты игеруге дейін грунт сулары мүлдем болмағанын зерттеу жұмыстары дәлелдеді.

Түйін сөздер: грунт сулары, өнеркәсіптік аймақтар, су деңгейінің көтерілуі.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 109 – 120

A. R. Medeu, I. M. Malkovskiy, L. S. Toleubayeva

Institute of Geography LLP, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: ingeo_2009@mail.ru, listoleu@mail.ru

THE TRANSKAZAKHSTAN CHANNEL – STRATEGIC PRIORITIES OF STEADY WATER SUPPLY REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. Water threats of the Republic of Kazakhstan of global, regional and national levels which consequences of realization can be a failure of programs of social and economic development and formation of zones of ecological instability are shown. Objective prerequisites of formation of Uniform system of water supply of the Republic of Kazakhstan (USWS RK) on the basis of development of the existing and perspective interbasin and cross-border water management linkages are given. The updated scheme of the Transkazakhstan channel (TKC) "Ertis-Syrdariya" for increase in water security of regions of the Central, Northern and Southern Kazakhstan is offered. The prime link of TKC has recommended "The Astana branch" for providing the republic of Astana with water of the capital and 30 settlements, creation of a new recreational zone and irrigation of lands. The updated scheme of mutually advantageous use of a drain of the Russian rivers in the direction Upper Katun is offered. Within the offered scheme potential volumes of transfer taking into account social-and-ecological restrictions are specified and also alternative tunnel and pump options of overcoming the Argut-Buktyrminsky watershed are considered. The possibility of use of a part of the route TKC for transit of a drain of the Russian rivers to basins of the Syrdariya and Amudariya Rivers is shown. It is shown that the Transkazakhstan channel together with use of modern water-conservation technologies in branches of economy, improvement of the interstate water relations, use of underground waters will promote the solution of tasks of steady water supply of Kazakhstan.

Keywords: water threats of the Republic of Kazakhstan, water supply, cross-border pools, Uniform system of water supply of the Republic of Kazakhstan (USWS RK), Transkazakhstan channel (TKC), Astana branch, interbasin and cross-border transfers of a drain.

УДК 556.5:504.4.062.2(574)

A. P. Медеу, И. М. Мальковский, Л. С. Толеубаева

ТОО «Институт географии», Алматы, Казахстан

ТРАНСКАЗАХСТАНСКИЙ КАНАЛ – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПРИОРИТЕТ УСТОЙЧИВОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. Показаны водные угрозы Республики Казахстан глобального, регионального и национального уровней, следствиями реализации которых могут стать срыв программ социально-экономического развития и формирование зон экологической нестабильности. Приведены объективные предпосылки форми-

рования Единой системы водообеспечения Республики Казахстан (ЕСВОРК) на основе развития существующих и перспективных межбассейновых и трансграничных водохозяйственных связей. Предложена обновленная схема Трансказахстанского канала (ТКК) «Ертис-Сырдария» для повышения водообеспеченности районов Центрального, Северного и Южного Казахстана. Первоочередным звеном ТКК рекомендована «Астанинская ветка» для обеспечения водой столицы республики г. Астаны и 30 населенных пунктов, создание новой рекреационной зоны и орошения земель. Предложена обновленная схема взаимовыгодного использования стока российских рек по Верхне-Катунскому направлению. В рамках предложенной схемы уточнены потенциальные объемы переброски с учетом социально-экологических ограничений, а также рассмотрены альтернативные туннельный и насосный варианты преодоления Аргут-Буктырминского водораздела. Показана возможность использования части трассы ТКК для транзита стока российских рек в бассейны рек Сырдарии и Амударии. Показано, что Трансказахстанский канал совместно с применением современных водосберегающих технологий в отраслях экономики, совершенствованием межгосударственных водных отношений, использованием подземных вод будет способствовать решению задач устойчивого водообеспечения Казахстана.

Ключевые слова: водные угрозы Республики Казахстан, водообеспечение, трансграничные бассейны, Единая система водообеспечения Республики Казахстан (ЕСВОРК), Трансказахстанский канал (ТКК), Астанинская ветка, межбассейновые и трансграничные переброски стока.

Введение. Острота проблемы водообеспечения Казахстана обусловлена ограниченностью располагаемых водных ресурсов, неравномерностью распределения их по территории, значительной изменчивостью во времени, высокой степенью загрязнения. В перспективе следует ожидать обострения ситуации с водообеспечением республики в связи с сокращением речного стока с территории сопредельных государств, а также с климатически обусловленным уменьшением ресурсов местного стока. Потенциальные последствия изменений ресурсов речного стока представляют реальную угрозу устойчивому социально-экономическому развитию и экологической безопасности Казахстана.

В Послании народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050» в числе 10 глобальных вызовов XXI века Глава государства четвертым отметил «острый дефицит воды». Президентом страны поставлены задачи: «На первом этапе к 2020 году решить проблему обеспечения населения питьевой водой, к 2040 – орошения, к 2050 году раз и навсегда решить проблему водообеспечения Казахстана» [1].

В рамках сформулированных Президентом задач Институтом географии разработаны стратегические основы устойчивого водообеспечения страны на период до 2050 г., ориентированные на выявление водных угроз глобального, регионального, национального уровней и обоснование путей их преодоления [2-4].

Методика. Представленные в статье обобщения основаны на результатах многолетних исследований, выполненных институтом географии и соисполнителями в рамках государственных научно технических программ и международных проектов в области обеспечения водной безопасности Республики Казахстан [5].

Водные угрозы Республики Казахстан.

Глобальный уровень. По прогнозам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) к середине третьего десятилетия численность людей, испытывающих перманентную нехватку воды, превысит 4 млрд. человек. Данная ситуация ухудшится в предстоящие 50 лет вследствие роста населения, глобального потепления, изменения осадков и деградации оледенения. Недостаток воды и загрязнение водных объектов скажутся на каждом жителе планеты. На фоне глобального потепления в Казахстане ожидается дальнейшее повышение температуры приземного воздуха и изменение возобновляемых ресурсов поверхностных вод (рисунок 1) [6-8].

Региональный уровень. Почти половину возобновляемых водных ресурсов страны составляет неконтролируемый трансграничный сток, что обусловлено невыгодным географическим положением Казахстана в низовьях трансграничных бассейнов. В перспективе следует ожидать обострения проблемы водообеспечения страны в связи с сокращением речного стока с территории сопредельных государств (рисунок 2) [7-10].

Суммарные ресурсы поверхностных вод Республики Казахстан (бытовой сток) за период наблюдений 1974–2008 гг. составляют 91,3 км³/год (50% обеспеченности), из которых 44,3 км³ поступает из сопредельных государств, 47,0 км³ составляет местный сток. За счет хозяйственной

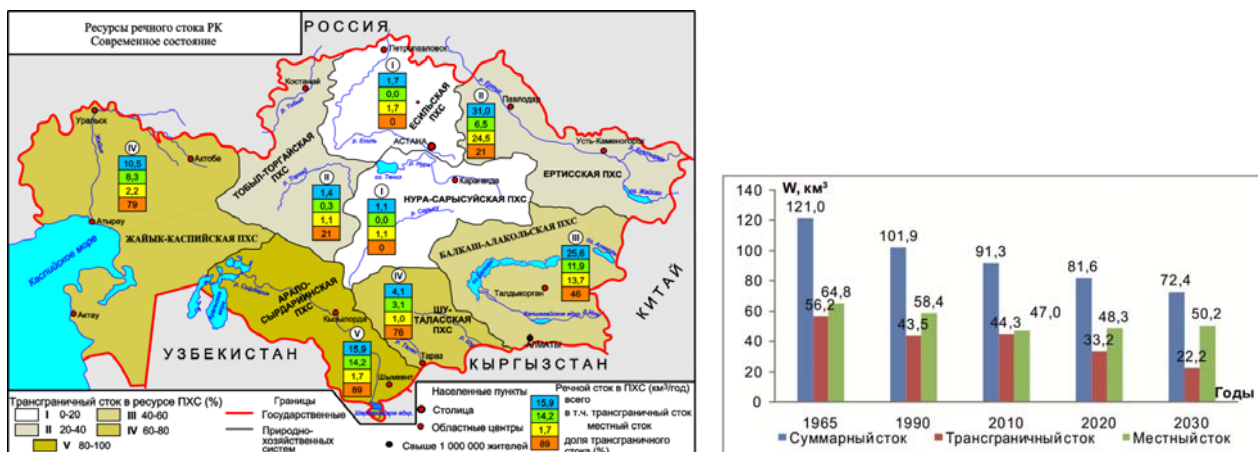


Рисунок 1 – Ресурсы речного стока Казахстана: а) современное состояние; б) прогноз

Figure 1 – Resources of a river drain of Kazakhstan: a) current state; b) forecast

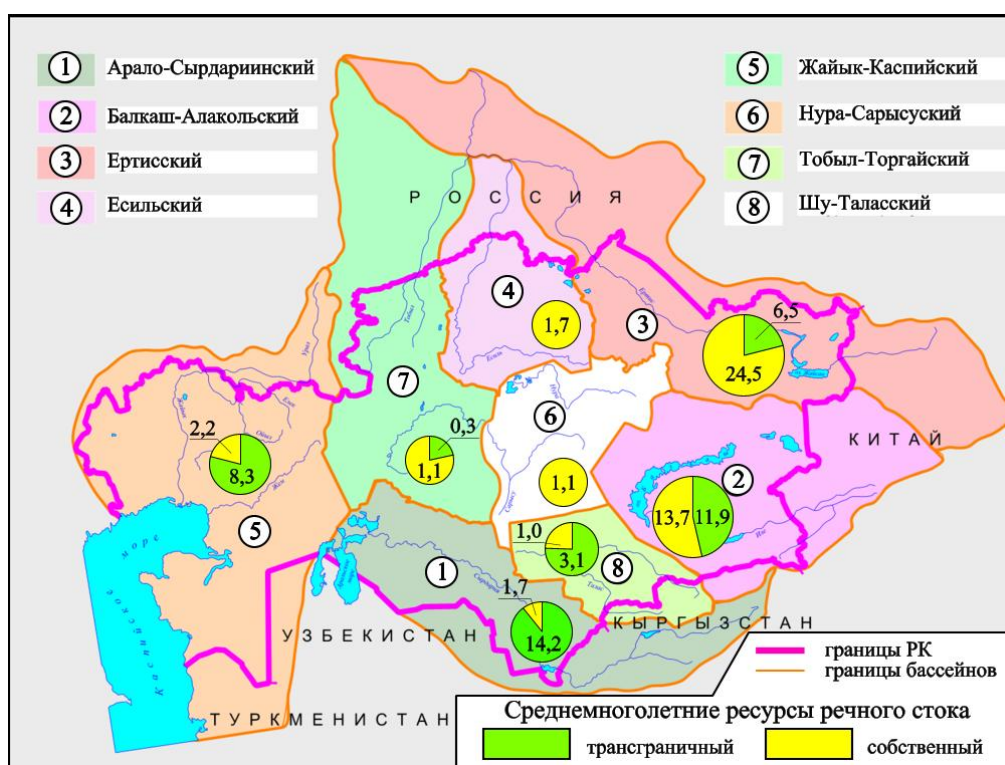


Рисунок 2 – Трансграничные водно-ресурсные угрозы в бассейнах Казахстана

Figure 2 – Cross-border water-resource threats in the basins of Kazakhstan

деятельности ресурсы речного стока Республики Казахстан уменьшились на 23,8 км³/год (на 21%), в том числе трансграничного стока – на 15,9 км³/год (на 26%), местного стока – на 7,9 км³/год (на 14%).

Исходя из возможности неблагоприятной реализации климатических и трансграничных гидрологических угроз в перспективе реально уменьшение ресурсов речного стока в целом по Казахстану к 2050 г. до 72,4 км³/год, в том числе трансграничного – до 22,2 км³/год (рис. 1) [7-10].

Национальный уровень. Острота проблемы водообеспечения республики связана с использованием водозатратных технологий и несовершенством технических средств водорегулирования и водораспределения. Высокие оросительные нормы и низкий КПД оросительных систем приводят к непроизводительным потерям воды в размере до 3,0 тыс м³ на каждый гектар пашни [11].

Крупным водопотребителем Республики Казахстан являются природные объекты – озеро Балкаш и Северное Аральское море, озерные системы и водно-болотные угодья, речные поймы и дельты, глубокое водоограничение которых чревато развитием зон экологической нестабильности (рисунки 3, 4) [9, 10, 12, 13].



Рисунок 3 – Водно-экологические угрозы в бассейнах Казахстана: а) оценка, б) прогноз

Figure 3 – Water-ecological threats in the basins of Kazakhstan: a) assessment, b) forecast

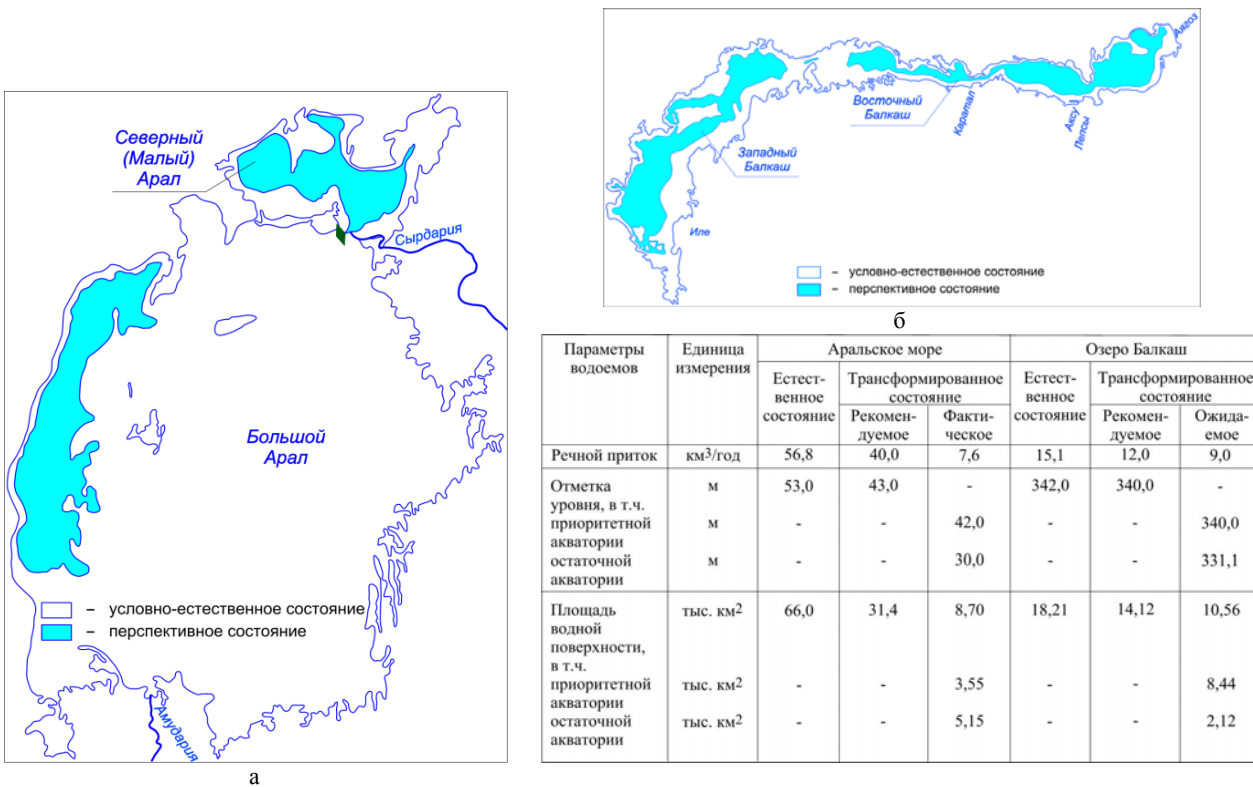


Рисунок 4 – Балкаш – угроза повторения Арала: а) Аральское море, б) озеро Балкаш

Figure 4 – Balkash – threat of repetition of the Aral Sea: a) Aral Sea, b) lake Balkash

Пути решения. Анализ состояния водных проблем в Казахстане показывает объективную необходимость формирования Единой системы водообеспечения Республики Казахстан (ЕСВО РК) как совокупности водисточников и водопользователей страны с объединяющей их водохозяйственной инфраструктурой [14]. Основная цель создания и развития ЕСВО РК – гарантированное снабжение водой населения и производства, а также восстановление и сохранение водных объек-

тов, обеспечивающее благоприятные условия жизнедеятельности. При этом в понятие ЕСВО РК вкладывается не только объединение речных бассейнов гидравлическими связями, а организация всей системы управления водными ресурсами страны на основе новой, предложенной Институтом географии, водной парадигмы, сочетающей «управление ресурсами» и «управление спросом» на воду. Новая парадигма предполагает внедрение экосистемного подхода при котором природа рассматривается как равноправный партнер при использовании водных ресурсов.

В условиях асинхронности стока речных бассейнов развитие трансграничных (внешних) и межбассейновых (внутренних) водохозяйственных связей в Казахстане будут созданы предпосылки для уменьшения контрастности в водообеспечении регионов путем маневрирования имеющимися водными ресурсами страны.

Великие переброски: прошлое и будущее. Территориальное перераспределение речного стока, давно используемое человеком, получило в последние десятилетия широкое распространение в мире. Мероприятия по переброскам части стока рек из одних районов в другие обоснованы природными факторами формирования водных ресурсов, их распределением по территории, характером использования. Великий китайский канал, который строился почти две тысячи лет с VI века до н.э. до XIII века н.э. Канал соединяет реки Хуанхэ и Янцзы, включая русла других рек, а также несколько озер. Длина канала 2470 км. Ширина от 40 до 350 м (рисунок 5-а).

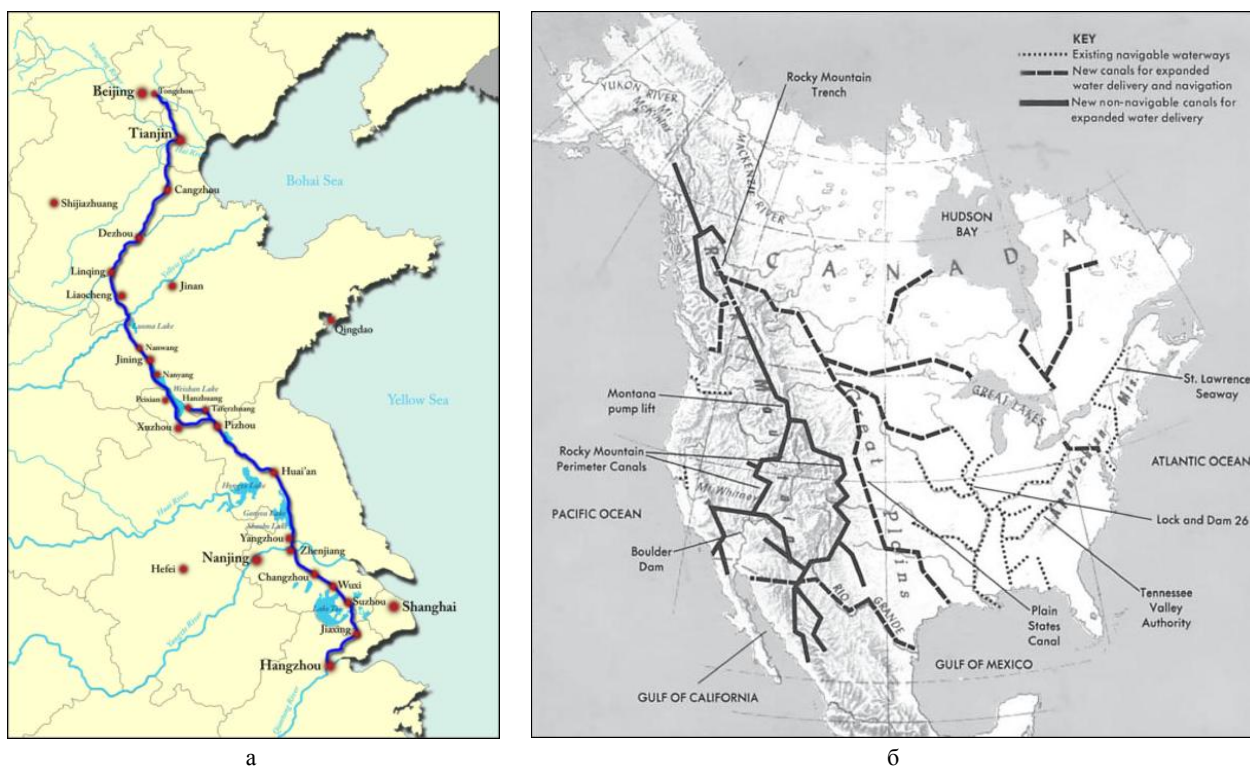


Рисунок 5 – Великие переброски: прошлое и будущее: а) великий канал в Китае; б) Проект NAWAPA в США

Figure 5 – Great transfers: past and future: a) the great channel in China; b) The NAWAPA project in the USA

В 1970–1980-е гг. в разных странах мира было разработано много проектов территориального перераспределения водных ресурсов, но большинство их не было реализовано из-за недостаточного экологического обоснования, отсутствия финансовых и технических ресурсов, а главное, крайне негативного в то время отношения широкой общественности ко всем крупномасштабным водохозяйственным проектам.

В перспективе по мере роста потребностей в воде, технических и экономических возможностей, масштабы мероприятий по территориальному перераспределению водных ресурсов в мире, несомненно, будут увеличиваться. Стоимость мероприятий по переброскам стока зависит от

многих факторов и по обобщенным данным колеблется в пределах от 100 до 800 млн. долларов на 1 км³ перебрасываемого стока [15-19].

К настоящему времени системы переброски стоков рек действуют во множестве стран, причем объем перебросок составляет более 500 км³ в год, а к 2020 г. ожидается его увеличение до 800–1200 км³ [16].

В Китае, взвесив прогнозы об ухудшении водообеспечения в длительной перспективе, специалисты разработали проекты переброски части стока вод реки Янцзы в северные регионы. После 50 лет исследований было выдвинуто для выбора более 50 вариантов.

В США водно-энергетический союз NAWAPA запроектировал гигантскую систему перераспределения стока рек Аляски и Канады. Предполагается перекрыть их плотинами и направить часть вод на юг для использования в ряде провинций Канады, ряде штатов США, а также в Мексике (рисунок 5-б).

Аналогичные варианты рассматривались в Индии – воду нескольких притоков Ганга решили направить в засушливые районы. Свой «проект века» есть и в Африке [16].

К настоящему времени на разной стадии разработанности имеется более 50 вариантов трасс межбассейновых соединений, представляющих интерес для Казахстана.

Эти проработки направлены на решение различных водохозяйственных и водно-экологических проблем и планировали различные объемы перебрасываемого стока от одного до десятка кубокилометров в год. Степень готовности и детальность разработок весьма различная: от схематических предпроектных разработок до подробных технико-экономических обоснований и рабочих проектов.

Наиболее изученным и обоснованным является проект переброски части стока сибирских рек в Казахстан и Центральную Азию в объеме 24,6 км³/год из которых Казахстану выделялось 9,1 км³/год (в том числе северным областям – 3,4 км³/год, южным – 5,7 км³/год). Подача воды предполагалась по Сибирь-Аральскому каналу протяженностью 2273 км с водозабором из реки Ертиса в створе г. Тобольска [20, 21].

Переброски в Казахстане. Крупным достижением Казахстана в области территориального перераспределения водных ресурсов является канал Ертис – Караганда (канал им. К. И. Сатпаева), введенный в эксплуатацию в 1974 г. Длина канала составляет 458 км, пропускная способность – 75 м³/с, геодезическая высота подъема воды – 416 м. На канале построены 22 насосные станции с установленной мощностью 350 МВт и проектным годовым потреблением электроэнергии 2200 ГВт·ч.

Канал является основным водоисточником для Экибастузского и Караганды-Темиртауского промышленных районов, а с 2001 г. используется для дополнительного водообеспечения г. Астаны. В то же время водопотребление из канала с 90-х годов снизилось в 4 раза вследствие высокой доли эксплуатационных затрат на электроэнергию, а также физического и морального износа оборудования.

Объективной предпосылкой дальнейшего территориального перераспределения водных ресурсов в Казахстане является резко выраженная пространственная неравномерность распределения речного стока и спроса на воду природно-хозяйственных систем. Наибольшие объемы речного стока формируются в Ертисской природно-хозяйственной системе (до 33% общих ресурсов и 45% местных). В Нура-Сарысуской, Есильской и Тобыл-Торгайской природно-хозяйственных системах формируется менее 6% речного стока, причем в маловодные годы местный сток меньше среднего примерно в 10 раз (рисунок 6) [9, 10].

Речной сток южных и западных регионов республики в наибольшей степени подвержен неконтролируемым антропогенным изменениям в связи с хозяйственной деятельностью в сопредельных странах (Россия, Китай, Узбекистан, Кыргызстан). В то же время в данном регионе размещены наиболее водоемкие производства и крупные экологически важные водные объекты. Изложенные объективные факторы создают реальную угрозу формирования глубоких дефицитов воды в южных, северных, центральных и западных регионах Казахстана, чреватых тяжелыми экономическими ущербами и недопустимыми нарушениями природной среды.

Одним из стратегических направлений в решении проблемы дефицита воды в Казахстане в рамках формирования ЕСВОРК является территориальное перераспределение водных ресурсов, включающее развитие межбассейновых и трансграничных водохозяйственных связей [22].



Рисунок 6 – Потенциальные направления межбассейновых перебросок стока р. Ертис

Figure 6 – Potential directions of interbasin transfers drain of the Ertis River

Трансказахстанский канал. Основой формирования Единой системы водообеспечения Республики Казахстан станет Трансказахстанский канал, который объединит существующие и перспективные межбассейновые водохозяйственные связи, обеспечивая повышение эффективности использования ресурсов речного стока для достижения социальных, экологических и экономических целей развития страны [9, 10, 22, 23].

Институтом географии предложена обновленная схема самотечного Трансказахстанского канала (ТКК) «Ертис – Сырдария» с водозабором из Шульбинского водохранилища (вторая очередь) в объеме 5–7 км³/год для повышения водообеспеченности бассейнов рек Есиль, Нура, Тобыл, Сырдария [9, 10, 22]. Преимуществами данной схемы относительно имеющихся альтернативных предложений использования ертысского стока с насосным водоподъемом являются:

- более низкие энергозатраты транспортировки ертысской воды;
- возможность использования трассы канала на Тобыл-Торгайском и Арало-Сырдаринском участках для транзита стока российских рек в Центральную Азию;
- возможность использования начального участка ТКК для первоочередного строительства «астанинской ветки» канала;
- перспектива формирования судоходного пути «Россия – Казахстан – Узбекистан» по каналу «Обь – Амудария» с использованием части трассы ТКК;
- перспектива формирования на базе ТКК Единой системы водообеспечения Республики Казахстан.

Самотечный (северный) вариант представляет собой искусственную реку и обеспечивает на всем протяжении самотечную подачу воды. Имея большую длину, северный вариант является более надежным по сравнению с центральным и южным вариантами, так как не требует больших операционных затрат, связанных с потреблением электроэнергии и эксплуатацией насосных станций, каждая из которых представляет собой сложное гидротехническое сооружение. Это определяется тем, что северный вариант, в отличие от других исключает необходимость насосного подъема на водораздел всего объема перебрасываемой воды (таблица).

Предполагаемая трасса канала пройдет по пересеченной местности с различными геоморфологическими и геологическими условиями рельефа, пересекая как сооружения инфраструктуры (автомобильные и железные дороги, трубопроводы, ЛЭП), так и природные образования в виде

Сравнительная характеристика вариантов трассы канала

Название трассы переброски стока	Тип канала	Объем переброски, км ³ /год	Длина канала, км	Высота водоподъема, м	Параметры насосных станций	
					мощность, МВт	энергопотребление, ТВт ч/год
Северная	Самотечный (искусственная река)	7,0	3100	0	0	0
Центральная	С машинным водоподъемом	7,0	2300	235	423	4,48
Южная	С машинным водоподъемом	7,0	1400	480	873	9,24

русел рек, озер, логов. Всего на трассе канала предусмотрено 145 пересечений, в том числе 133 сооружения [22].

Первоочередным звеном развития ТКК может стать «Астанинская ветка» с водозабором из Шидертинского водохранилища (места пересечения ТКК с каналом им. Сатпаева) и подачи воды в русло реки Есиль для повышения водообеспеченности столицы республики г. Астаны (рисунок 7) [9, 10, 22].

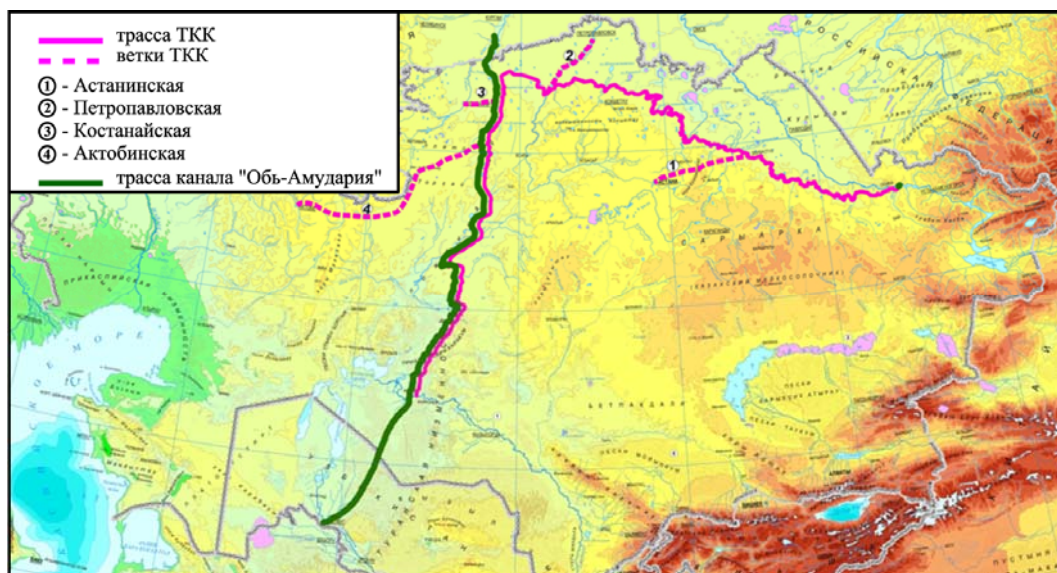


Рисунок 7 – Предполагаемая трасса ТКК «Ертіс-Сырдария»

Figure 7 – Expected route of the TKC «Ertis-Syrdariya»

Пилотный проект Астанинской ветки был разработан около 40 лет назад КазНИИЭнергетики им. Ш.Ч. Чокина под названием «Целиноградская ветка канала Иртыш-Караганда». Идея проекта была реанимирована Институтом географии на новой концептуальной основе при выполнении научно-технической программы «Оценка ресурсов и прогноз использования природных вод Казахстана в условиях антропогенно и климатически обусловленных изменений», получившей одобрение Совета Безопасности РК (протокол от 6 марта 2012 г.). Объем переброски стока «Астанинской ветки» составит около одного кубокилометра в год, длина трассы 340 км. Канал позволит образовать новую рекреационную зону вблизи Астаны, обеспечить водой 30 населенных пунктов и увеличить площадь орошаемых земель на 100 тыс. га. Следует подчеркнуть, что данный проект решают очень важную проблему устойчивого водообеспечения столицы г. Астаны. На последующих стадиях развития Трансказахстанского канала предполагается строительство Петропавловской, Костанайской, Актобинской и других веток для повышения водообеспеченности районов Центрального, Северного и Южного Казахстана (рисунок 6).

Перспективы развития ТКК. Безусловно, забор воды в больших количествах из Ертиса негативно отразится на нижерасположенной Омской области Российской Федерации. В этих усло-

виях еще во времена СССР был предложен ряд проектов пополнения водных ресурсов реки Ертис за счет переброски части стока реки Оби. Интересам Казахстана наиболее отвечает вариант переброски части стока Катунь (приток Оби) в Буктырминское водохранилище. Предложена обновленная схема взаимовыгодного использования стока реки Катунь в объеме до 4,5 км³/год, позволяющая России компенсировать сокращение Ертисского притока в Омскую область в связи с водозабором в Китае и Казахстане. Эффект схемы повышается возможностью освоения гидроэнергоресурсов на трассе переброски. Переброска стока, решая проблему водообеспечения Омской области, позволяет Казахстану увеличить выработку электроэнергии Ертисским каскадом ГЭС, а также улучшить условия судоходства и обводнения поймы. В рамках предложенной схемы уточнены потенциальные объемы переброски с учетом социально-экологических ограничений, а также рассмотрены альтернативные туннельный и насосный варианты преодоления Аргут-Буктырминского водораздела, исключающие сооружение высоконапорной плотины и затопление обширных территорий (рисунок 8) [9, 22].

В целях развития идей евразийской интеграции, принадлежащих Первому Президенту Казахстана [1], территория республики может быть использована для транзита стока российских рек в бассейны рек Сырдарии и Амударии. Как отмечал Президент РК, проблемы переброски стока сибирских рек в Центральную Азию нельзя исключать. В связи с ростом населения, особенно у нашего южного соседа Узбекистана, дефицит воды постоянно обостряется и может стать фактором региональной нестабильности. В Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. констатируется необходимость «реализации конкурентных преимуществ водоресурсного потенциала РФ путем участия страны в формировании мирового водного рынка», рекомендуется «активизировать участие в решении водохозяйственных проблем Центральной Азии». Часть ТКС на Тобыл-Торгайском и Арало-Сырдаринском участках общей протяженностью около 1200 км может быть использована для переброски части стока российских рек в бассейн Амударии при наличии соответствующих межгосударственных соглашений между Россией, Казахстаном и Узбекистаном. Заинтересованность Казахстана в этом случае заключается в получении экономической выгоды за счет транзита воды по своей территории.

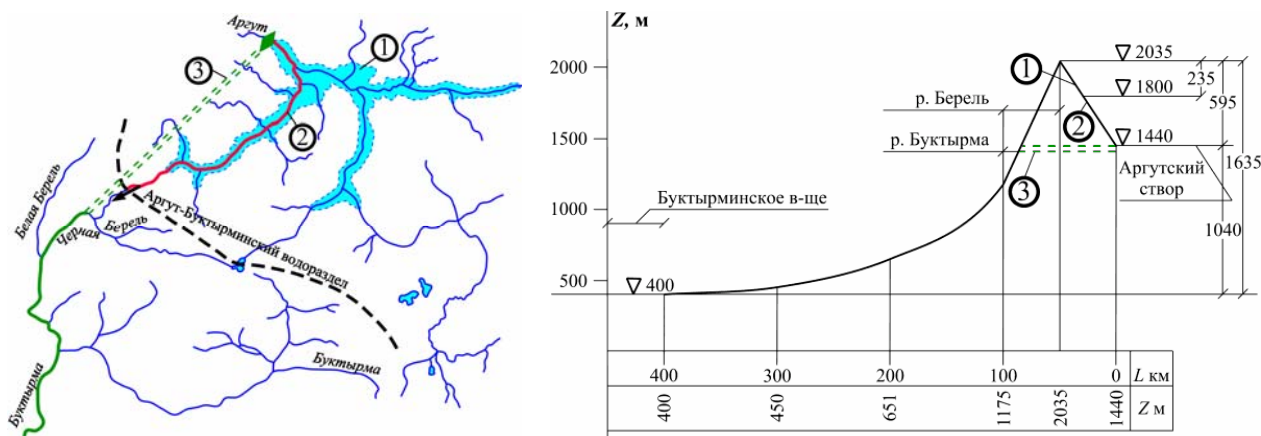


Рисунок 8 – Схема преодоления водораздела Аргут – Буктырма: а) план; б) профиль

Figure 8 – The scheme of overcoming a watershed Argut – Buktyrma: a) plan; b) profile

Выводы. Переброска речного стока Ертиса для покрытия ожидаемых дефицитов воды в бассейнах рек Есиль, Нура, Тобыл, Сырдария обеспечит успешное решение критических национальных проблем:

- снижения бедности за счет повышения уровня занятости трудоспособного населения путем развития орошения и получения гарантированной продукции животноводства;
- сокращения миграции населения из районов, подверженных опустыниванию, и формирования рациональной (наиболее равномерной) системы расселения в республике;
- сохранения биологического разнообразия за счет восстановления нарушенного водно-ресурсного равновесия территории;

– охраны и рационального использования ресурсов пресной воды, в том числе предотвращения загрязнения рек и озер, восстановления природной способности водных объектов к самоочищению и самовосстановлению.

Трансказахстанский канал совместно с применением современных водосберегающих технологий в отраслях экономики, совершенствованием межгосударственных водных отношений, использованием подземных вод будет способствовать решению задач устойчивого водообеспечения Казахстана, сформулированных Президентом республики в Послании народу Казахстана [1].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства. Послание Президента Республики Казахстан – Лидера Нации Н. А. Назарбаева народу Казахстана. – Астана, 14 декабря **2012** г.
- [2] Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: состояние и перспективы устойчивого водообеспечения (на русс. и англ.) // Материалы МНПК «Евро-Азиатская безопасность после 2010 года: вызовы и перспективы сотрудничества», Алматы, 24-25 марта 2011 г. – Алматы: «Жибек жолы», **2011**. – С. 196-210.
- [3] Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Казахстана: проблемы и решения // Роль географии в изучении и предупреждении природно-антропогенных стихийных явлений на территории СНГ и Грузии / Отв. ред. В. М. Котляков, О. Б. Глейзер. – М.: Медиа-Пресс, **2015**. – С. 242-253.
- [4] Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Алимкулов С.К. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения. – Алматы, **2015**. – 582 с.
- [5] Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (30-ти томная монография). – Алматы, **2012**.
- [6] Т. 5: Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов (30-ти томная монография) / Под науч. ред. В. Г. Сальникова. – Алматы, **2012**. – 430 с.
- [7] Т. 7: Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана (30-ти томная монография) / Под науч. ред. Р. И. Гальперина. – Алматы, **2012**. – 684 с.
- [8] Т. 7: Ресурсы речного стока Казахстана. – Кн. 2: Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана (30-ти томная монография). – Алматы, **2012**. – 360 с.
- [9] Т.1: Медеу А.Р. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) (30-ти томная монография). – Алматы, **2012**. – 94 с.
- [10] Т.4: Медеу А.Р. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Искаков Н.А. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы и решения (30-ти томная монография). – Алматы, **2012**. – 200 с.
- [11] Т. 3: Сатенбаев Е.Н., Ибатуллин С.Р., Балгабаев Н.Н. Водопотребление отраслей экономики Казахстана: оценка и прогноз (30-ти томная монография). – Алматы, **2012**. – 262 с.
- [12] Т. 9: Внутренние и окраинные водоемы Казахстана (Арал, Балкаш, Каспий). – Кн. 1: Шиварева С.П., Ли В.П., Ивкина Н.И. Оценка современной и прогнозной динамики гидрологического режима озера Балкаш, Каспийского и Аральского морей (30-ти томная монография). – Алматы, **2012**. – 456 с.
- [13] Мальковский И.М. Географические основы водообеспечения природно-хозяйственных систем Казахстана. – Алматы, **2008**. – 248 с.
- [14] Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. К формированию единой системы водообеспечения Республики Казахстан // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, **2010**. – № 2. – С. 19-23.
- [15] Экономические и территориальные аспекты управления водохозяйственным комплексом России / Под ред. В. И. Данилов-Данильян, В. Г. Пряжинская. – М.: РАСХН, **2013**. – 311 с.
- [16] Водные ресурсы России и их использование – СПб.: Государственный гидрологический институт, **2008**. – 650 с.
- [17] Данилов-Данильян В.И. Глобальная проблема дефицита пресной воды // Век глобализации. – **2008**. – № 1. – С. 45-56.
- [18] Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегии водопользования. – М.: Научный мир, **2010**. – 232 с.
- [19] Шикломанов И.А., Бабкин В.И., Балонишников Ж.А. Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки // Водные ресурсы, **2011** – № 2. – С. 131-141.
- [20] Герарди И.А. Проблема переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан / Проблемы территориального перераспределения стока рек: Сб. научных трудов всесоюзного объединения «Союзводпроект». – М., **1978**. – № 49. – С. 40-58.
- [21] Еремеев А.Н., Малисов Ю.М. Основные положения водохозяйственного обоснования переброски части стока Оби в Среднюю Азию и Казахстан / Проблемы территориального перераспределения стока рек: Сб. научных трудов всесоюзного объединения «Союзводпроект». – М., **1978**. – № 49. – С. 58-73.
- [22] Т. 18: Территориальное перераспределение водных ресурсов Казахстана: возможность и целесообразность (30-ти томная монография) / Под науч. ред. И. М. Мальковского. – Алматы, **2012**. – 414 с.
- [23] Бектурганов Н.С., Пивоваров А.Н., Мальковский И.М. Водная безопасность Республики Казахстан: трансказахстанский канал «Ертис-Сырдария» // Известия НАЕН. – Астана, **2013** г. – № 4. – С. 4-9.

REFERENCES

- [1] Strategy Kazakhstan-2050: a new political policy of the taken place state. The message of the President of the Republic of Kazakhstan – the Leader Nation of N.A. Nazarbayev to the people of Kazakhstan [Strategija «Kazakhstan-2050»: novyj politicheskij kurs sostojavshegosja gosudarstva. Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan – Lidera Nacii N. A. Nazarbaeva narodu Kazahstana]. Astana. December 14, **2012** (In Russian).
- [2] Medeu A.R., Malkovskij I.M., Toleubaeva L.S. Water security of the Republic of Kazakhstan: status and prospects for sustainable water supply // Materials of the International scientific-practical conference on the topic “Euro-Asian Security after 2010: challenges and prrspectives of cooperation”, Almaty, 24th-25th of March 2011. Almaty: Zhibek Zholy, **2011**. P. 174-193.
- [3] Medeu A.R., Malkovsky I.M., Toleubayeva L.S. Water safety of Kazakhstan: problems and decisions [Vodnaja bezopasnost' Kazahstana: problemy i reshenija] // A geography Role in studying and prevention of the natural and anthropogenic spontaneous phenomena in the territory of the CIS and Georgia. Editor-in-chief V.M. Kotlyakov, O.B. Glazer. M.: Media Press, **2015**. P. 242-253. (In Russian).
- [4] Medeu A.R., Malkovsky I.M., Toleubayeva L.S., Alimkulov S.K. Water safety of the Republic of Kazakhstan: problems of steady water supply [Vodnaja bezopasnost' Respubliki Kazahstan: problemy ustojchivogo vodoobespechenija]. Almaty, **2015**. 582 p. (In Russian).
- [5] Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management [Vodnye resursy Kazahstana: ocenka, prognoz, upravlenie] (30 languid monograph). Almaty, **2012**. (In Russian).
- [6] T. 5. Climate of Kazakhstan – a basis of formation of water resources [Klimat Kazahstana – osnova formirovanija vodnyh resursov] (30 languid monograph) / Under the scientific managemen of Salmikov V.G. Almaty, **2012**. 430 p. (In Russian).
- [7] T. 7. Resources of a river drain of Kazakhstan [Resursy rechnogo stoka Kazahstana]. Book 1. Renewable resources of a surface water of the Western, Northern, Central and East Kazakhstan [Vozobnovljaemye resursy poverhnostnyh vod Zapadnogo, Severnogo, Central'nogo i Vostochnogo Kazahstana] (30 languid monograph) / Under the scientific managemen of Galperin R.I. Almaty, **2012**. 684 p. (In Russian).
- [8] T. 7. Resources of a river drain of Kazakhstan [Resursy rechnogo stoka Kazahstana]. Book 2. Dostaj Zh.D., Alimkulov S.K., Saparova A.A. Renewable resources of a surface water of the South and southeast of Kazakhstan [Vozobnovljaemye resursy poverhnostnyh vod juga i jugo-vostoka Kazahstana] (30 languid monograph). Almaty, **2012**. 360 p. (In Russian).
- [9] T. 1. Medeu A.R., Malkovsky I.M., Toleubayeva L.S. Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management (concept) [Vodnye resursy Kazahstana: ocenka, prognoz, upravlenie (konceptcija)] (30 languid monograph). Almaty, **2012**. 94 p. (In Russian).
- [10] T. 4. Medeu A.R., Malkovsky I.M., Toleubayeva L.S., Iskakov N.A. Water safety of the Republic of Kazakhstan: problems and decisions [Vodnaja bezopasnost' Respubliki Kazahstan: problemy i reshenija] (30 languid monograph). Almaty, **2012**. 200 p. (In Russian).
- [11] T. 3. Satenbayev E.N., Ibatullin S.R., Balgabayev N.N. Water consumption of branches of economy of Kazakhstan: assessment and the forecast [Vodopotreblenie otraslej jekonomiki Kazahstana: ocenka i prognoz] (30 languid monograph) Almaty, **2012**. 262 p. (In Russian).
- [12] T. 9. Internal and suburban reservoirs of Kazakhstan (Aral Sea, Balkash, Caspian Sea) [Vnutrennie i okrainnye vodoemy Kazahstana (Aral, Balkash, Kaspij)]. Book 1. Shivareva S.P., Li V.P., Ivkina N.I. Assessment of modern and expected dynamics of the hydrological mode of the lake Balkash, Caspian and Aral seas [Ocenka sovremennoj i prognoznoj dinamiki gidrologicheskogo rezhima ozera Balkash, Kaspijskogo i Aral'skogo morej] (30 languid monograph) Almaty, **2012**. 456 p. (In Russian).
- [13] Malkovsky I.M. Geographical bases of water supply of natural and economic systems of Kazakhstan [Geograficheskie osnovy vodoobespechenija prirodno-hozjajstvennyh sistem Kazahstana] Almaty, **2008**. 248 p. (In Russian).
- [14] Malkovsky I.M., Toleubayeva L.S. To formation of uniform system of water supply of the Republic of Kazakhstan [K formirovaniju edinoj sistemy vodoobespechenija Respubliki Kazahstan] // Questions of geography and geocology. Almaty, **2010**. N 2. P. 19-23. (In Russian).
- [15] Economic and territorial aspects of management of a water management complex of Russia [Jekonomicheskie i territorial'nye aspekty upravlenija vodohozjajstvennym kompleksom Rossii]. Under the editorship of V.I. Danilov-Danilyan, V.G. Pryazhinskaya M.: Russian Academy of Agrarian Sciences, **2013**. 311 p. (In Russian).
- [16] Water resources of Russia and their use [Vodnye resursy Rossii i ih ispol'zovanie] SPb.: State hydrological institute, **2008**. 650 pages (In Russian)
- [17] Danilov-Danilyan V.I. Global problem of deficiency of fresh water [Global'naja problema deficita presnoj vody] // Century of globalization. **2008**. N 1. P. 45-56 (In Russian).
- [18] Danilov-Danilyan V.I., Hranovich I.L. Water resources management. Coordination of strategy of water use [Upravlenie vodnymi resursami. Soglasovanie strategii vodopol'zovanija]. M.: Scientific world, **2010**. 232 p. (In Russian).
- [19] Shiklomanov I.A., Babkin V.I., Balonishnikova Zh.A. Water resources, their use and a vodoobespechenost in Russia: modern and perspective estimates [Vodnye resursy, ih ispol'zovanie i vodoobespechenost' v Rossii: sovremennye i perspektivnye ocenki] // Water resources, **2011**. N 2. P. 131-141 (In Russian).
- [20] Gerardi I.A. A problem of transfer of a part of a drain of the Siberian rivers to Central Asia and the Kazakhstan [Problema perebroski chasti stoka sibirskih rek v Srednjuju Aziju i Kazahstan] / Problem of territorial redistribution of a drain of the rivers. Collection of scientific works of Soyuzvodproyekt all-union association. M., **1978**. N 49. P. 40-58 (In Russian).
- [21] Yeremeyev A.N., Malisov Yu.M. Basic provisions of water management justification of transfer of a part of a drain of Ob to Central Asia and the Kazakhstan [Osnovnye polozhenija vodohozjajstvennogo obosnovanija perebroski chasti stoka Obi v Srednjuju Aziju i Kazahstan] / Problem of territorial redistribution of a drain of the rivers. Collection of scientific works of Soyuzvodproyekt all-union association. M., **1978**. N 49. P. 58-73 (In Russian).

[22] Т. 18. Territorial redistribution of water resources of Kazakhstan: an opportunity and expediency [Territorial'noe pereraspredelenie vodnyh resursov Kazahstana: vozmozhnost' i celesoobraznost'] (30 languid monograph) / Under the scientific management of Malkovsky I.M. Almaty, 2012. 414 p. (In Russian).

[23] Bekturganov N.S., Pivovarov A.N., Malkovsky I.M. Water safety of the Republic of Kazakhstan: transkazakhstan channel «Ertis-Syrdariya» [Vodnaja bezopasnost' Respubliki Kazahstan: transkazahstanskij kanal «Ertis-Syrdarija»] // NANS News. Astana, 2013. N 4. P. 4-9 (In Russian).

А. Р. Медеу, И. М. Мальковский, Л. С. Төлеубаева

География институты, Алматы, Қазақстан

ТРАНСҚАЗАҚСТАНДЫҚ КАНАЛ – ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫН ТҰРАҚТЫ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ СТРАТЕГИЯЛЫҚ ПРИОРИТЕТІ

Аннотация. Қазақстан Республикасының ғаламдық, аймақтық және ұлттық деңгейдегі су қаупі көрсетілген, бұл қауіптердің жүзеге асу салдарынан әлеуметтік-экономикалық даму бағдарламаларының бұзылуы және экологиялық тұрақсыз зоналар қалыптасуы мүмкін. Қазірде бар және болашағы бар алапаралық және трансшекаралық су шаруашылық байланыстарын дамытудың негізінде, Қазақстан Республикасын сумен қамтамасыз етудің біртұтас жүйесін (ҚРСҚБЖ) қалыптастырудың объективті алғышарттары келтірілген. Орталық, Солтүстік және Оңтүстік Қазақстанның аудандарын сумен қамтамасыз етуді жоғарлату үшін, «Ертіс-Сырдария» Трансқазақстан каналының (ТҚК) жаңартылған үлгісі ұсынылған. ТҚК ең бірінші кезектегі звеносы ретінде, жерді суару және жаңа рекреациялық зоналарды құру мақсатында, республиканың астанасы Астана қаласы мен 30 елді мекенді сумен қамтамасыз ету үшін «Астана тармағы» ұсынылды. Жоғарғы Қатын бағыты бойынша Ресей өзендерінің ағындарын пайдаланудың өзара тиімді жаңартылған үлгісі ұсынылды. Ұсынылған үлгі шегінде әлеуметтік-экологиялық шектеу есебінен ағынды жіберуді ескере отырып, потенциалды көлемі анықталды және де Арғұт-Бұқтырма суайрығынан өткізудің туннельді және насостық балама нұсалары қарастырылды. Сырдария және Амудария өзендері алаптарына ресей өзендерінің ағындарын тасымалдау үшін ТҚК трассасының бөліктерін пайдалану мүмкіндігі көрсетілген. Трансқазақстандық каналды экономика салаларындағы қазіргі кездегі су үнемдейтін технологиялармен бірге қолдану, мемлекет аралық су қарым-қатынастарын жетілдіру, жерасты суларын пайдалану, Қазақстандағы тұрақты сумен қамтамасыз етудің міндеттерін шешуде мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Қазақстан Республикасының су қаупі, сумен қамтамасыз ету, трансшекаралық алаптар, Қазақстан Республикасын сумен қамтамасыз етудің біртұтас жүйесі (ҚРСҚБЖ), Трансқазақстандық канал (ТҚК), Астана тармағы, ағындыны алап аралық және трансшекаралық ауыстыру.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 121 – 131

M. K. Absametov¹, M. P. Onoshko², L. V. Shagarova¹, M. M. Muratova¹

¹Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, Almaty, Kazakhstan,

²State Enterprise "SPC on Geology", Minsk, Belarus.

E-mail: igg_gis-dzz@mail.ru

DEVELOPMENT AND USE OF A PILOT EXPERT SYSTEM FOR REHABILITATION OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT CONTAMINATED WITH PETROLEUM PRODUCTS

Abstract. The expert system for rehabilitation of the geological environment contaminated with petroleum products was developed based on principles of self-organization in a unified information system of the CIS member states. Participants from Belarus and Kazakhstan on their test sites test the prototype of the system in parallel. The prototype of the expert system enables us to determine the possible contamination sites and the zone of accumulation of pollutants: to calculate the area and radius of oil spreading, as well as the amount of adsorbed contaminant and its concentration in groundwater. The use of the expert system will extend the range of tasks in the field of environmental protection, in the development and implementation of plans for eliminating the consequences of oil pollution, the development of integrated schemes for the regions of intensive extraction of hydrocarbon raw materials in the Republic of Kazakhstan, taking into account environmental risks.

Keywords: prototype of the expert system, geological environment, groundwater horizon, oil, oil products.

УДК 504.064: 556.3

М. К. Абсаметов¹, М. П. Оношко², Л. В. Шагарова¹, М. М. Муратова¹

¹ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан,

²Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИЛОТНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Аннотация. Разработка экспертной системы по реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации выполнена в единой информационной системе государств-участников СНГ, при этом тестирование прототипа системы осуществляется участниками из Беларуси и Казахстана параллельно на своих тестовых участках. Прототип экспертной системы позволяет определить возможные территории загрязнения и зоны аккумуляции загрязняющих веществ: рассчитать площадь и радиус распространения нефтепродукта, а также количество адсорбированного и концентрацию загрязнителя, попавшего в грунтовые воды. Использование экспертной системы позволит расширить круг решаемых задач в области охраны окружающей среды, при разработке и реализации планов ликвидации последствий

нефтяных загрязнений, разработке комплексных схем развития регионов интенсивной добычи углеводородного сырья Республики Казахстан с учетом экологических рисков.

Ключевые слова: прототип экспертной системы, геологическая среда, горизонт грунтовых вод, нефть, нефтепродукты.

Введение. Казахстан является одной из нефтедобывающих стран мира, на территории которого функционируют многочисленные нефтяные компании и интенсивно эксплуатируются природные запасы углеводородного сырья. Антропогенная нагрузка на почвы и грунты способствует загрязнению геологической среды, а в случае аварийных ситуаций миграция нефтепродуктов до грунтовых вод, что недопустимо, так как подземные воды представляют важный стратегический ресурс Республики Казахстан – одной из вододефицитных стран Евразийского континента. По экспертным оценкам, представленных в Концепции по переходу Казахстана к «зеленой экономике», к 2030 году ожидается дефицит воды в размере 13 км³, а к 2050 году он может достигнуть величины 20 км³, что составляет 70% от потребности в водных ресурсах.

В государственных программах Казахстана по охране окружающей среды и рационального природопользования определены основные направления природоохранной деятельности, поставлены задачи сохранения природных ресурсов и улучшения состояния окружающей среды. Для успешного решения экологических проблем в республике привлечен международный опыт в рамках выполнения совместных программ и проектов. Одним из таких проектов является работа ученых Казахстана и Белоруссии по разработке прототипа экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территорий государств-участников СНГ.

Прототип представляет собой программную реализацию архитектуры экспертной системы, математических моделей и алгоритмов аналитического решения задач по миграции нефти/нефтепродуктов в геологической среде от зоны аэрации до грунтовых вод.

Тестирование системы – один из основных этапов любого программного обеспечения. В широком понимании, тестирование – это одна из техник контроля качества, включающая в себя планирование работ (Test Management), проектирование тестов (Test Design), выполнение тестирования (Test Execution) и анализ полученных результатов (Test Analysis). В данном случае тестирование необходимо для проверки прототипа ЭС на удобство и адекватность интерфейсов ввода-вывода, адекватности и корректности рассчитываемых прогнозов, качества проверочных примеров, корректности базы знаний и возможности ее экспертного наполнения, а также концептуальное тестирование системы в целом.

С учетом того, что ЭС представляет из себя набор взаимосвязанных модулей:

- модуль прогнозирования последствий загрязнения территории в результате аварийного разлива нефтепродуктов,

- модуль оценки результатов прогнозирования с учетом норм ПДК,

- модуль классификации состояния геологической среды на основе оценки результатов прогнозирования последствий инцидента,

- модуль выбора технологий и технических средств реабилитации геологической среды на основе результатов оценки и классификации ее прогнозируемого состояния),

- проведено двухуровневое тестирование системы:

1. Компонентное тестирование (Unit Testing). На этом уровне проверяется функциональность и поиск ошибок в модулях системы, которые могут быть протестированы по-отдельности.

2. Интеграционное тестирование (Integration Testing). Проверяется взаимодействие между модулями системы после проведения компонентного тестирования.

В случае выявления ошибок в подходе и/или реализации прототипа вырабатываются рекомендации по доработке системы.

В качестве объекта тестирования при проверке соответствия между реализованным и ожидаемым поведением системы, осуществляемой на наборе тестов, выбрана территория Первомайской нефтебазы, где проведены мониторинговые исследования, изучены геологические и гидрогеологические особенности, собрана информация, необходимая для моделирования и прогнозирования. Важность выбора данного объекта в качестве тестового определяется тем, что он располагается в

EGH Техногенные объекты Текущее время: 11 июля 2017 15:12 Главное меню -
Последнее обновление: 11.7.2017 10:08

Создать Экспорт-формат

Наименование: Первомайская нефтебаза

Тип техногенного объекта: Нефтебаза

Адрес:

Область: Казахстан-Алматинская

Район: Илийский

Город(населенный пункт),улица,дом: Алматы, Первомайский пер.38

Телефон: +7(727)3842844

Факс:

Электронный адрес: call@sinooil.kz

Объем резервуаров для хранения нефтепродуктов, м³:

Наземные: 1000

Подземные: 0

Наличие очистных сооружений:

Для дождевого стока:

Резервуар для сбора проливов:

Дата ввода в эксплуатацию: 01.01.1960

Дата последней реконструкции: 01.01.2016

Географические координаты:

Широта: 43 21 7,00

Долгота: 76 54 59,99

Отобразить карту по координатам

Карта Спутник Вверх

Геологические данные:

Категория земли: Земли промышленности, транспорта, связи,

Грунт: Тест Суглинок

Глубина грунтовых вод, м: 665,00

Высота над уровнем моря, м: 685,00

Изменить Отказаться

EGH © Государственное предприятие "НПЦ по геологии"(Беларусь) & Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (Казахстан)

Рисунок 1 – Тестирование ПЭС, ввод информации по техногенным объектам

Figure 1 – Testing of PES, input of information on technogenic objects

контуре Алма-Атинского месторождения подземных вод. На рисунке 1 приведен интерфейс вкладки задания объекта в качестве техногенного.

В «Земельном кодексе Республики Казахстан» определены следующие категории земель:

- Земли сельскохозяйственного назначения;
- Земли населенных пунктов;
- Земли промышленности, транспорта, связи, для нужд космической деятельности, обороны, национальной безопасности и иного несельскохозяйственного назначения;
- Земли особо охраняемых природных территорий, земли оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения;
- Земли водного фонда;
- Земли запаса.

При этом в нормативных документах РК не установлен и не закреплён максимально допустимый уровень содержания нефти и нефтепродуктов в Казахстане в почвах ни для одной из указанных категорий земель.

Так, в актуальном документе «Гигиенические нормативы к безопасности окружающей среды (почве)», утвержденном Министерством Национальной экономики от 25 июня 2015 года №452, предельно-допустимая концентрация (ПДК) для нефтепродуктов отсутствует. Только в совместном приказе Министра здравоохранения Республики Казахстан от 30 января 2004 года № 99 и Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 27 января 2004 года № 21-п «Об утверждении Нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву» определены ПДК нефти отдельных месторождений в количестве 100 мг/кг.

Да, ПДК нефтепродуктов в почвах зависит от многих факторов: типа, состава и свойства почв и грунтов, климатических условий, состава нефтепродуктов и даже от типа растительности. Но ... эти нормативы необходимы в качестве исходных данных для корректной работы прототипа экспертной системы, ведь значение ПДК, устанавливающей безопасный уровень достижения нефтепродукта в грунте, влияет на результаты прогнозирования миграции загрязнения в целом и на выбор технологии очистки нефтезагрязненного грунта в частности.

В Беларуси нормативы ПДК установлены для всех категорий земель. У нас же лишь для воды. Так, в соответствии с Санитарными правилами "Санитарно-эпидемиологические требования к водоемам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов" по Приказу Министра национальной экономики Республики Казахстан от 16 марта 2015 года № 209 установлена ПДК содержания нефтепродуктов в воде 0,1 мг/л.

С учетом вышеизложенной проблемы, при тестировании прототипа ЭС для Казахстана, рассматривался только прогноз возможностей достижения нефтепродуктами горизонта грунтовых вод и распространения загрязнителя в зонах аэрации.

Для расчета параметров распространения нефтепродуктового загрязнения в геологической среде учитываются физико-химические свойства нефти и нефтепродуктов, представленные в блоке «Химический состав нефтей» (рисунок 2).

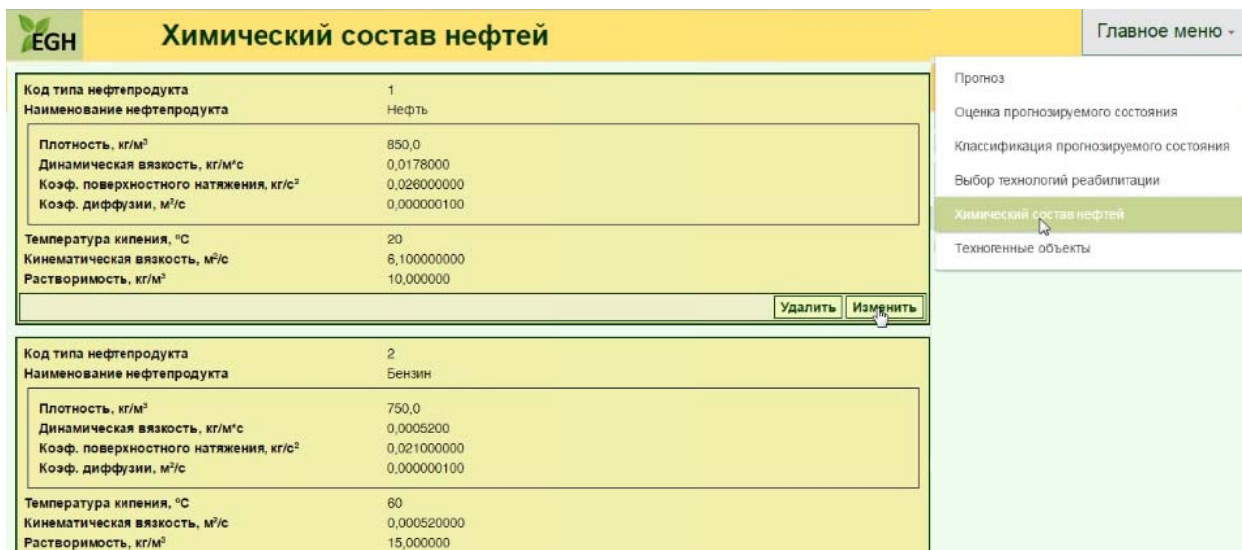


Рисунок 2 – Интерфейс экспертной системы по химическому составу нефти

Figure 2 – The interface of the expert system for the chemical composition of oil

Определение параметров разлива нефти и нефтепродуктов рассчитывается следующим образом:

1. Объем разлива

Для расчета потерянных нефтепродуктов ($V_{НП}$) используется формула 1:

$$V_{НП} = V_r + V_B + V_T, \tag{1}$$

где V_T – содержание нефтепродуктов в почвогрунте в адсорбированной форме, m^3 ; V_B – содержание нефтепродуктов в растворенной форме, кг; V_T – техногенные запасы нефтепродуктов в зоне насыщения (линзе), кг.

Масса утерянных нефтепродуктов в очаге сосредоточения вычисляется по формуле 2:

$$V_T = h_L \cdot F_L \cdot e_a \cdot \eta_0 \cdot \rho_{НП}, \quad (2)$$

где h_L – средняя мощность зоны насыщения в очаге загрязнения, м; F_L – площадь линзы нефтепродуктов, m^2 ; e_a – коэффициент активной пористости почвогрунтов в интервале залегания зоны; η_0 – коэффициент нефтенасыщенности грунтов в интервале залегания зоны; $\rho_{НП}$ – плотность утерянных нефтепродуктов, kg/m^3 .

Содержание нефтепродуктов в растворенной форме определяется по формуле 3:

$$V_B = 10^{-3} \Delta h_{cp} \cdot F_{cp} \cdot e_0 \cdot C_{НП}, \quad (3)$$

где Δh_{cp} – интервал глубины залегания почвогрунтов, в пределах которого определяется содержание растворенных нефтепродуктов, м; F_{cp} – площадь ореола растворимых нефтепродуктов, m^2 ; e_0 – коэффициент свободной пористости почвогрунтов; $C_{НП}$ – средняя концентрация растворенных нефтепродуктов, mg/dm^3 .

Содержание нефтепродуктов, адсорбированных на скелете почвогрунтов, определяется по формуле 4:

$$V_T = 10^{-6} \Delta h_T \cdot F_T \cdot \rho_{ск} \cdot C_{НП}(1-e), \quad (4)$$

где Δh_T – интервал глубины залегания почвогрунтов, в пределах которого определяется содержание адсорбированных нефтепродуктов, м; F_T – площадь подсчета, m^2 ; e – коэффициент средней пористости почвогрунтов в интервале; $C_{НП}$ – среднее содержание нефтепродуктов в интервале почвогрунтов, mg/kg ; $\rho_{ск}$ – плотность скелета грунта, kg/m^3 .

Расчетные параметры устанавливаются с учетом информации по физико-механическим свойствам почвогрунтов и геометрическим характеристикам области загрязнения.

2. Время миграции загрязнения определяется по формуле 5.

$$T = \frac{Ln_a}{K_{ф}J} \quad (5)$$

где L – расстояние от очага загрязнения подземных вод, м; p_a – активная пористость водовмещающих отложений грунтовых вод, м; J – уклон потока грунтовых вод, $K_{ф}$ – коэффициент фильтрации.

Совокупность приведенных выше параметров, а также данные, содержащиеся в базе данных экспертной системы, используются для выполнения прогнозных расчетов распространения нефтепродуктового загрязнения.

В случае, когда масса потерянного загрязнителя больше его возможной адсорбированной массы в слоях почвы и грунтов, прогнозируется попадание нефтепродуктов в грунтовые воды, при этом рассчитывается ожидаемая дата достижения нефтепродуктом уровня грунтовых вод через почвенный слой и зону аэрации.

Для каждой контрольной точки в систему введены следующие параметры: географические координаты; абсолютная отметка поверхности контрольной точки в Балтийской системе высот; абсолютная отметка уровня грунтовых вод; литологический состав пород зоны аэрации.

В ходе тестирования системы по имитации разливов нефтепродуктов при разгерметизации резервуара их хранения получены прогнозы последствий аварии. Пример результатов расчетов при разливе нефти в объеме $1000 m^3$ представлен на рисунке 3.

Пример результатов расчетов при разливе бензина в объеме $10\,000 m^3$ представлен на рисунке 4.

Пример результатов расчетов при разливе дизельного топлива в объеме $1000 m^3$ из наземного резервуара представлен на рисунке 5.

Карта стока, характеризующая направление миграции загрязнителя представлена на рисунке 6.

Таким образом, прототип экспертной системы протестирован в виде пилотного проекта на Первомайской нефтебазе.

Прогноз

Текущее время: 12 июля 2017 21:21
 Последнее обновление: 11.7.2017 10:08

[Главное меню](#)

ОТЧЕТ-ПРОГНОЗ

Наземное пятно

Общие данные

Плотность нефтепродукта (Тест Нефть) (кг/м ³)	850
Масса пролива (кг)	850000
Коэффициент разлива (1/м)	5
Площадь разлива (м ²)	5000
Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2
Радиус разлива (м)	39,89423

Опорные точки в зоне наземного пятна загрязнения

ОО-31: координаты: 43,351944 76,916664 расстояние: 0 (м) высота: 665 (м) угол: 0 глубина гр.вод: 665

Максимальная масса нестеппродукта, кот. может быть адсорбирована гунтом

Средняя глубина грунтовых вод (м)	665
Площадь разлива (м ²)	5000
Плотность воды	998,29
Грунт	Тест Суглинок
Пористость грунта	0,48
Капиллярная влагоемкость грунта	0,14
Динамическая вязкость нефтепродукта	0,0178
Козф. пов. натяжения воды	0,073
Козф. пов. натяжения нефтепродукта	0,026
Вязкость воды	0,001003
Макс. масса НП, кот. может быть адсорбирована грунтом (кг)	19724468224

Средняя концентация нефтепродукта в грунтах зоны азрации

Адсорбированная масса нефтепродукта (кг)	850000
Глубина проникновения нефтепродукта в грунтах (м)	0,03
Площадь разлива (м ²)	5000
Средняя плотность грунта (кг/м ³)	1750
Средняя концентация нефтепродукта в грунтах зоны азрации (кг/кг)	3,349754

Скорость проникновения нефтепродукта в глуть грунта

Динамическая вязкость нефтепродукта	0,0178
Плотность воды	998,29
Вязкость воды	0,001003
Влажность грунта	0,44
Капиллярная влагоемкость грунта	0,14
Плотность нефтепродукта (Тест Нефть) (кг/м ³)	850
Скорость проникновения нефтепродукта в глуть грунта (м/с)	1,86268E-08 = 0,001609355 (м/сут)

Дата достижения усредненной концентрации нефтепродукта в грунте

Глубина проникновения нефтепродукта в грунте (м)	0,03
Скорость проникновения нефтепродукта в глуть грунта (м/с)	1,86268E-08 = 0,001609355 (м/сут)
Время достижения усредненной концентрации (с)	1556897 = 18,01964 (сут)
Дата достижения усредненной концентрации	28.07.2017

Дата достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом

Скорость проникновения нефтепродукта в глуть грунта (м/с)	1,86268E-08 = 0,001609355 (м/сут)
Средняя глубина грунтовых вод (м)	665
Время достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	----
Дата достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	----

Дата достижения максимальной концентрации на уровне грунтовых вод

Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2
Пористость грунта	0,48
Скорость проникновения нефтепродукта в глуть грунта (м/с)	1,86268E-08 = 0,001609355 (м/сут)
Время довытекания нефтепродукта в грунт (с)	----
Время достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	----
Время достижения макс. конц. на уровне грунтовых вод (с)	----
Дата достижения макс. конц. на уровне гр. вод	----

Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод

Масса пролива (кг)	850000
Масса нефтепродукта достигшая уровня грунтовых вод (кг)	0
Радиус разлива (м)	39,89423
Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2
OZ-поправка (м)	0
Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод (кг/м ³)	0

Очаг загрязнения грунтовых вод

Природоохранные объекты

Средняя глубина грунтовых вод (м)	665
Глубина проникновения нефтепродукта в грунте (м)	0,03
Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод (кг/м ³)	0
Радиус поиска природоохранных объектов (м)	---

Вверх

Вниз

© Государственное предприятие "НПЦ по геологии"(Беларусь) & Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (Казахстан)

Рисунок 3 – Отчет-прогноз (загрязнитель – нефть)

Figure 3 – The forecast report (pollutant-oil)

EGH Прогноз		Текущее время: 13 июля 2017 16:19 Последнее обновление: 13.7.2017 09:00	Главное меню ▾
Дата инцидента	13.07.2017		
Дата регистрации	13.07.2017		
Тип нефтепродукта	Тест Бензин ▾		
Тип инцидента	Резервуар наземный ▾		
Объем пролива (м³)	10000		
Техногенный объект			
Идентификатор	31		
Наименование	Первомайская 606-009		
Адрес	Алматы, Первомайский пер.38		
Координаты. Широта	43° 21' 40.80"		
Координаты. Долгота	78° 51' 15.79"		
Координаты в градусах	43.36301° 78.85439°		
<input type="button" value="Повторить поиск"/>			
ОТЧЕТ-ПРОГНОЗ			
Наземное пятно			
Общие данные			
Плотность нефтепродукта (Тест Бензин) (кг/м³)	750		
Масса пролива (кг)	750000		
Коэффициент разлива (1/м)	5		
Площадь разлива (м²)	5000		
Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2		
Радиус разлива (м)	39,89423		
Оперикус точки в зоне наземного пятна загрязнения			
OO 31: координаты: 43.36305 78.854385 (ссылка); О (м) высота: 681 (м) угол: 0 (м) глубина провд: 7,8			
Максимальная масса нефтепродукта, кот. может быть адсорбирована грунтом			
Средняя глубина грунтовых вод (м)	7,8		
Площадь разлива (м²)	5000		
Плотность воды	998,29		
Грунт	Тест Суглинок		
Пористость грунта	0,48		
Капиллярная влагоемкость грунта	0,14		
Динамическая вязкость нефтепродукта	0,00052		
Коеф. пов. натяжения воды	0,073		
Коеф. пов. натяжения нефтепродукта	0,021		
Вязкость воды	0,001003		
Макс. масса НП, кот. может быть адсорбирована грунтом (кг)	244455		
Средняя концентрация нефтепродукта в грунтах зоны аэрации			
Адсорбированная масса нефтепродукта (кг)	244455		
Глубина проникновения нефтепродукта в грунтах (м)	7,8		
Площадь разлива (м²)	5000		
Средняя плотность грунта (кг/м³)	1750		
Средняя концентрация нефтепродукта в грунтах зоны аэрации (кг/кг)	0,003581708		
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта			
Динамическая вязкость нефтепродукта	0,00052		
Плотность воды	998,29		
Вязкость воды	0,001003		
Влажность грунта	0,11		
Капиллярная влагоемкость грунта	0,14		
Плотность нефтепродукта (Тест Бензин) (кг/м³)	750		
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	5,625966E-07 = 0,04800835 (м/сут)		
Дата достижения усредненной концентрации нефтепродукта в грунте			
Глубина проникновения нефтепродукта в грунте (м)	7,8		
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	5,625966E-07 = 0,04800835 (м/сут)		
Время достижения усредненной концентрации (с)	1,386429E+07 = 160,4663 (сут)		
Дата достижения усредненной концентрации	12/20/2017		
Дата достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом			
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	5,625966E-07 = 0,04800835 (м/сут)		
Средняя глубина грунтовых вод (м)	7,8		
Время достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	1,386429E+07 = 160,4663 (сут)		
Дата достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	12/20/2017		
Дата достижения максимальной концентрации на уровне грунтовых вод			
Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2		
Пористость грунта	0,48		
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	5,625966E-07 = 0,04800835 (м/сут)		
Время довытекания нефтепродукта в грунт (с)	740913,6 = 8,571917 (сут)		
Время достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	1,386429E+07 = 160,4663 (сут)		
Время достижения макс. конц. на уровне грунтовых вод (с)	1,402487E+07 = 169,0082 (сут)		
Дата достижения макс. конц. на уровне гр. вод	12/29/2017		
Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод			
Масса пролива (кг)	750000		
Масса нефтепродукта достигшая уровня грунтовых вод (кг)	500000,449		
Радиус разлива (м)	39,89423		
Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2		
OZ-поправка (м)	0,134812		
Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод (кг/м³)	298,2007		

Рисунок 4 – Отчет-прогноз (загрязнитель – бензин)

Figure 4 – The forecast report (pollutant - gasoline)



ОТЧЕТ-ПРОГНОЗ

Максимальная масса нефтепродукта, кот. может быть адсорбирована грунтом

Средняя глубина грунтовых вод (м)	673,1
Площадь разлива (м ²)	5000
Плотность воды	998,29
Грунт	Тест Суглинок
Пористость грунта	0,48
Капиллярная влагоемкость грунта	0,14
Динамическая вязкость нефтепродукта	0,0032
Козф. пов. натяжения воды	0,073
Козф. пов. натяжения нефтепродукта	0,0308
Вязкость воды	0,001003
Макс. масса НП, кот. может быть адсорбирована грунтом (кг)	544709760

Проникновение в грунт

Адсорбированная масса нефтепродукта (кг)	795000
Масса нефтепродукта достигшая уровня грунтовых вод (кг)	0
Глубина проникновения нефтепродукта в грунте (м)	0,98

Средняя концентрация нефтепродукта в грунтах зоны аэрации

Адсорбированная масса нефтепродукта (кг)	795000
Глубина проникновения нефтепродукта в грунтах (м)	0,98
Площадь разлива (м ²)	5000
Средняя плотность грунта (кг/м ³)	1750
Средняя концентрация нефтепродукта в грунтах зоны аэрации (кг/кг)	0,09252255

Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта

Динамическая вязкость нефтепродукта	0,0032
Плотность воды	998,29
Вязкость воды	0,001003
Влажность грунта	0,44
Капиллярная влагоемкость грунта	0,14
Плотность нефтепродукта (Тест Дизельное топливо) (кг/м ³)	795
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	9,690726E-08 = 0,008372787 (м/сут)

Дата достижения усредненной концентрации нефтепродукта в грунте

Глубина проникновения нефтепродукта в грунте (м)	0,98
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	9,690726E-08 = 0,008372787 (м/сут)
Время до достижения усредненной концентрации (с)	1,01334E+07 = 117,2847 (сут)
Дата до достижения усредненной концентрации	06.11.2017

Дата достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом

Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	9,690726E-08 = 0,008372787 (м/сут)
Средняя глубина грунтовых вод (м)	673,13
Время до достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	---
Дата до достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	---

Дата достижения максимальной концентрации на уровне грунтовых вод

Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2
Пористость грунта	0,48
Скорость проникновения нефтепродукта в глубь грунта (м/с)	9,690726E-08 = 0,008372787 (м/сут)
Время до вытекания нефтепродукта в грунт (с)	---
Время до достижения уровня грунтовых вод нефтепродуктом	---
Время до достижения макс. конц. на уровне грунтовых вод (с)	---
Дата до достижения макс. конц. на уровне гр. вод	---

Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод

Масса пролива (кг)	795000
Масса нефтепродукта достигшая уровня грунтовых вод (кг)	0
Радиус разлива (м)	39,89423
Высота слоя пролитого нефтепродукта (м)	0,2
ОЗ-поправка (м)	0
Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод (кг/м ³)	0

Очаг загрязнения грунтовых вод

Природоохранные объекты

Средняя глубина грунтовых вод (м)	673,1
Глубина проникновения нефтепродукта в грунте (м)	0,98
Максимальная концентрация на уровне грунтовых вод (кг/м ³)	0
Радиус поиска природоохранных объектов (м)	---

Вверх

Вниз



Рисунок 5 – Отчет-прогноз, загрязнитель дизельное топливо

Figure 5 – Report-forecast, pollutant diesel fuel

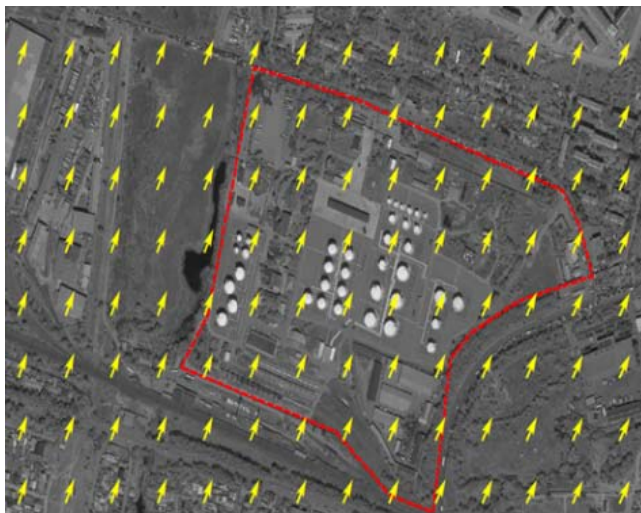


Рисунок 6 – Карта моделирования направления миграции загрязнителя

Figure 6 – Map of modeling the direction of migration of a pollutant

В ходе работ протестированы: математическая модель и полнота перечня прогнозируемых значений, работоспособность модулей прототипа ЭС. Дополнительно проведенное юзабилити-тестирование показало: соответствие дизайна приложения и его функциональности; соответствие цветового оформления с точки зрения восприятия и соответствия палитры цветам, ассоциируемых с благоприятной экологией; удобства навигации по блокам ЭС и использования сервисов.

Прогноз возможностей достижения нефтепродуктами горизонта грунтовых вод и распространения загрязнителя в зонах аэрации и насыщения является одним из необходимых условий для своевременного реагирования с целью обеспечения качества подземных вод и реабилитации геологической среды в случае загрязнения ее нефтепродуктами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов», утвержден от 30 марта 2015 г. № 13 (Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 25.04.2015, 8/29808).

[2] Оношко М.П., Мамчик С.О., Хаустов А.П., Черепанский М.М., Томина Н.М., Шагарова Л.В. Экспертная система реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации // Научный журнал «Литосфера». – Минск, 2016. – №1(44). – С. 92-98.

[3] Шагарова Л.В., Абуова Ш.Д. Об анализе и мониторинге нефтяных загрязнений территории Первомайской нефтебазы // Мат-лы междунар. научной конф. «Роль молодых ученых в развитии науки, инновации и технологий», 19-20 мая 2016 года, Совет молодых ученых Академии наук Республики Таджикистан. – Душанбе: Дониш, 2016. – С. 60-63.

[4] Хаустов А.П. Принципы самоорганизации техногенного загрязнения геологической среды углеводородами. Техногенные процессы в гидролитосфере (идентификация, диагностика, прогноз, управление, оптимизация и автоматизация) // Второй национальный научн. форум «Нарзан-2013» 25.09.2013-27.09.2013 г. – Кисловодск. – Сборник докладов. – Пятигорск: РИА-КМВ, 2013. – С. 356-384.

[5] Шагарова Л.В., Муратова М.М. Особенности миграции нефти в почвах пустынной зоны Казахстана // Первый Евразийский горно-геологический форум – Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы геологии, геохимии и геофизики, 2-4 февраля 2016 года. – Минск: Государственное предприятие «НПЦ по геологии», 2016. – С. 84-86.

[6] Вагнер А.В., Бухарин С.К., Кочемасов С.Г. и др. Методика прогнозирования объема экологического загрязнения грунтов и грунтовых вод при проливе экологически вредных веществ // ИСБ: Экологический вестник России. – 2004. – № 5.

[7] Shagarova L., Akyzbekova A., Muratova M. On some aspects of development of an expert system for rehabilitation of hydrocarbon-contaminated geological environment // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, June 18-24, 2015, SGEM 2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-39-1 / ISSN 1314-2704. – Book 5. – Vol. 1. – P. 609-616.

[8] Khaustov A., Redina M. (Peoples' Friendship University of Russia, Moscow), Mamchik S., Onoshko M., Gishkelyuk I. (Research Centre on Geology, Minsk), Absametov M., Shagarova L. (Institute of Hydrogeology and Geoecology, Almaty) IT for the Remediation of the Geological Environment Poluted with the Petroleum Products: Experience of the Kazakh-Belarus Russian Joint Project // SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition, 46 November 2015, Baku, Azerbaijan. 12 p. SPE-177355-MS, ISBN 978-1-61399-435-1, DOI: 10.2118/177355-MS.

[9] Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь «Об утверждении предельно допустимых концентраций нефтепродуктов в землях (включая почвы) для различных категорий земель» от 12 марта 2012 г. № 17/1.

[10] Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1980. – 132 с.

[11] Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 16 марта 2015 года № 209. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемким объектам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов».

[12] Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577: КОНЦЕПЦИЯ по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». – Астана, 2013. 52 с.

[13] Shagarova L., Muratova M., Abuova S. Application of remote sensing data to monitoring of oil pollution as part of the environmental expert system // 41st COSPAR Scientific Assembly, abstracts from the meeting that was to be held 30 July – 7 August at the Istanbul Congress Center (ICC), Turkey, but was cancelled. See <http://cospar2016.tubitak.gov.tr/en/>, Abstract A0.2-13-16.

[14] Akyzbekova Aygul, Assoc. Prof. Dr. Absametov Malis, Phd Shagarova Lyudmila GIS in identifying potential and prospects for the development of renewable energy sources in Kazakhsnan // 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015 / Book 4: Energy and Clean Technologies, Volume 1 – Renewable Energy Sources and Clean Technologies, 18–24 June 2015, Albena. P. 265-273. ISBN 978-619-7105-15-5, ISSN 1314-2704, DOI: 10.5593/sgem2014B41.

[15] Shagarova L., Akyzbekova A., Muratova M. Oil interaction with components of the geological environment // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016 June – 28 July 6 Albena, Book 1. Vol. 1. P. 921-928. ISBN 978-619-7105-55-1, ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/SGEM2016/B11/S02.116.

[16] ГН 2.1.5.10-21-2003 «ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 12 декабря 2003 г. № 162 (дополнение – Об утверждении Гигиенических нормативов 2.1.5.10-29-2003 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (дополнение № 1 к ГН 2.1.5.10-21-2003 и ГН 2.1.5.10-20-2003) Постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г. № 207).

[17] Khaustov A.P., Redina M.M. Supertoxicants: modeling of their formation and distribution caused by the oil spills on the objects of production and transportation of oil // SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2012. Moscow, 16-18 October 2012. – М., 2012.

[18] Хаустов А.П. Экологическая экспертная система для реабилитации геологической среды от последствий нефтезагрязнений на основе принципов самоорганизации / А.П. Хаустов, М.М. Редина // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 6. – С. 44-50.

[19] Наркевич А.С., Смелов В.В., Бурмакова А.В. Экспертная система прогнозирования последствий разлива нефтепродуктов. Материалы 17-й международной научной конференции, 18–19 мая 2017 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 2 ч. – Ч. 2. – С. 244-245.

[20] СанПиН 10-124 РБ 99 «Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19.10.1999 г. № 46.

REFERENCES

[1] Postanovlenie Ministerstva prirodnykh resursov i okhrany okruzhaiushchei sredy Respubliki Belarus' «On the establishment of water quality standards for surface water bodies», utverzhdn от 30 marta 2015 g. № 13 (Natsional'nyi pravovoi Internet-portal Respubliki Belarus', 25.04.2015, 8/29808). (in Russ.)

[2] Onoshko M, Mamchik S, Khaustov A, Cherepanskiy M, Tomina N, Shagarova L. Development of expert system of rehabilitation of the geological environment polluted by oil products, on the basis of the principles of self-organization // Lithosphere. Minsk, 2016. N 1(44) P. 92-98.

[3] Shagarova L.V., Abuova Sh.D. On the analysis and monitoring of oil pollution in the territory of the Pervomaysk oil base // Materials of the international scientific conference "The role of young scientists in the development of science, innovation and technology", May 19-20, 2016, the Council of Young Scientists of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Dushanbe: Donish, 2016. P. 60-63. (in Russ.)

[4] Khaustov A.P. Principles of self-organization of technogenic contamination of the geological environment by hydrocarbons. Technogenic processes in the hydrolithosphere (identification, diagnostics, forecasting, management, optimization and automation) // Vtoroi natsional'nyi nauchn. forum «Narzan-2013» 25.09.2013-27.09.2013 g. Kislovodsk. Sbornik dokladov. Piatigorsk: RIA-KMV. P. 356-384. (in Russ.)

[5] Shagarova L.V., Muratova M.M. Peculiarities of oil migration in soils of the desert zone of Kazakhstan // Pervyi Evraziiskii gorno-geologicheskii forum – Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia «Aktual'nye problemy geologii, geokhimii i geofiziki, 2-4 fevralia 2016 goda. Minsk: Gosudarstvennoe predpriatie «NPTS po geologii». 2016. P. 84-86. (in Russ.)

[6] Vagner A.V., Bukharin S.K., Kochemasov S.G. i dr. Method for predicting the volume of environmental contamination of soils and groundwater in the strait of environmentally harmful substances // ISB: Ekologicheskii vestnik Rossii. 2004. N 5. (in Russ.)

[7] Shagarova L., Akyzbekova A., Muratova M. On some aspects of development of an expert system for rehabilitation of hydrocarbon-contaminated geological environment // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, June 18-24, 2015, SGEM 2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-39-1 / ISSN 1314-2704. Book 5. Vol. 1. P. 609-616.

[8] Khaustov A., Redina M. (Peoples' Friendship University of Russia, Moscow), Mamchik S., Onoshko M., Gishkelyuk I. (Research Centre on Geology, Minsk), Absametov M., Shagarova L. (Institute of Hydrogeology and Geoecology, Almaty) IT for the Remediation of the Geological Environment Poluted with the Petroleum Products: Experience of the Kazakh-Belarus Russian Joint Project // SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition, 46 November 2015, Baku, Azerbaijan. 12 p. SPE-177355-MS, ISBN 978-1-61399-435-1, DOI: 10.2118/177355-MS.

[9] Postanovlenie Ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus' «Ob utverzhdenii predel'no dopustimyykh kontsentratsii nefteproduktov v zemliakh (vključaia pochvy) dlja razlichnykh kategorii zemel'» ot 12 marta 2012 g. № 17/1 (in Russ.)

[10] Methodological recommendations for hydrogeological research and forecasts for monitoring groundwater protection. M.: VSEGINGEO, 1980. 132 p. (in Russ.)

[11] Prikaz Ministra natsional'noi ekonomiki Respubliki Kazakhstan ot 16 marta 2015 goda № 209. Sanitary rules "Sanitary and epidemiological requirements for water sources, water intake points for household and drinking purposes, for domestic and drinking water supply and places of cultural and domestic water use and for the safety of water bodies". (in Russ.)

[12] Ukaz Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 30 maia 2013 goda № 577: CONCEPT on the transition of the Republic of Kazakhstan to the "green economy". Astana, 2013. 52 p. (in Russ.)

[13] Shagarova L., Muratova M., Abuova S. Application of remote sensing data to monitoring of oil pollution as part of the environmental expert system // 41st COSPAR Scientific Assembly, abstracts from the meeting that was to be held 30 July – 7 August at the Istanbul Congress Center (ICC), Turkey, but was cancelled. See <http://cospar2016.tubitak.gov.tr/en/>, Abstract A0.2-13-16.

[14] Akyzbekova A., Assoc. Prof. Dr. Absametov M., Phd Shagarova Lyudmila GIS in identifying potential and prospects for the development of renewable energy sources in Kazakhstan // 15th International Multidisciplinary Scientific Geo-conference SGEM 2015 /BOOK 4: Energy and Clean Technologies, Vol. 1. – Renewable Energy Sources and Clean Technologies, 18-24 June 2015, Albena. Pp. 265-273. ISBN 978-619-7105-15-5, ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/sgem2014B41.

[15] Shagarova L., Akyzbekova A., Muratova M. Oil interaction with components of the geological environment // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016 June 28 – July 6 Albena. Book 1. Vol. 1. P. 921-928 p. ISBN 978-619-7105-55-1, ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/SGEM2016/B11/S02.116.

[16] GN 2.1.5.10-21-2003 «MPC of chemical substances in water of water objects of domestic and drinking and cultural and domestic water use», utverzhden postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Respubliki Belarus' ot 12 dekabria 2003 g. № 162 (dopolnenie – Ob utverzhdenii Gigienicheskikh normativov 2.1.5.10-29-2003 «Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) i orientirovochnye dopustimye urovni (ODU) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'ektov khoziaistvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniia» (dopolnenie № 1 k GN 2.1.5.10-21-2003 i GN 2.1.5.10-20-2003) Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Respubliki Belarus' ot 30 dekabria 2003 g. № 207). (in Russ.)

[17] Khaustov A.P., Redina M.M. Supertoxicants: modeling of their formation and distribution caused by the oil spills on the objects of production and transportation of oil// SPE Russian Oil And Gas Technical Conference And Exhibition 2012. Moscow, 16-18 October 2012. – M., 2012.

[18] Ecological expert system for rehabilitation of the geological environment from the consequences of oil pollution based on the principles of self-organization / A.P. Khaustov, M.M. Redina // Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse. – 2013. N 6. P. 44-50. (in Russ.)

[19] Narkevich A.S., Smelov V.V., Burmakova A.V. Expert system for forecasting the consequences of spillage of oil products. Materialy 17-i mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, 18–19 maia 2017 g., g. Minsk, Respublika Belarus': v 2 ch. – Ch. 2. – P. 244-245. (in Russ.)

[20] SanPiN 10-124 RB 99 «Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control», utverzhdeny i vvedeny v deistvie postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Respubliki Belarus' ot 19.10.1999 g. N 46. (in Russ.)

М. Қ. Абсаметов¹, М. П. Оношко², Л. В. Шагарова¹, М. М. Муратова¹

¹У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан,

²«Геология бойынша ҒӨО» Мемлекеттік кәсіпорын

МҰНАЙ ӨНІМДЕРІМЕН ЛАСТАНҒАН ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ОРТАНЫ ОҢАЛТУ БОЙЫНША ПИЛОТТЫ САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ

Аннотация. Өзін-өзі ұйымдастыру қағидаттарына негізделген мұнай өнімдерімен ластанған геологиялық ортаны сауықтыру бойынша сараптамалық жүйені әзірлеу ТМД-ға қатысушы мемлекеттердің бірыңғай ақпараттық жүйесінде жасалған, сонымен жүйенің прототипін тестілеуді Беларусь және Қазақстан қатысушылары өздерінің тестілеу аумақтарында дақатарластыра жүзеге асыруда.

Сараптамалық жүйенің прототипі ластану мүмкін деген аудандардың және ластаушы заттардың жиналу белдемдерін анықтау: мұнай өнімінің жайылу ауданы мен радиусын, сондай-ақ грунт суларына түскен ластауыштың сіңірілген мөлшерімен концентрациясын есептеуге мүмкіндік береді.

Сараптамалық жүйені пайдалану, экологиялық тәуекелдерді ескере отырып, Қазақстан Республикасының көмірсутекті шикізатты қарқынды өндіретін аймақтарының дамуының кешенді сұлбасын әзірлеуде, мұнаймен ластану салдарын жою жоспарларын әзірлеуде және оларды жүзеге асыруда, қоршаған ортаны қорғау саласында шешілетін міндеттердің шеңберін кеңейтеді.

Түйін сөздер: сараптамалық жүйе, геологиялық орта, мұнай, мұнай өнімдері.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 132 – 140

**V. M. Shevko¹, B. D. Aytkulov², D. K. Aytkulov³,
G. E. Karataeva¹, D. D. Amanov¹, A. D. Badikova¹**

¹South-Kazakhstan state university named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan,

²Mining and ore company JSC «Ai Karaaul», Almaty, Kazakhstan,

³I. Satpaev Institute of Geological Sciences, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: shevkovm@mail.ru, b.aitkulov@ai-karaaul.kz, dos.ait.58@mail.ru, karataevage@mail.ru,
loken666@mail.ru, sunstroke_91@mail.ru

RECOVERY OF FERRONICKEL FROM THE ORE OF THE BELOGORSK DEPOSIT

Abstract. The article presents the results of an investigation of the production of ferronickel from oxide ore at the Belogorsk deposit (0,29-1,72% Ni, 0,05-0,09% Co, 4,07-22,1% Fe, 0,38-0,55% Cr, до 0,67% Mn, 17,78-17,97% Si, 12,86-24,58% Mg, 0,48-0,78% Al, 49,93-51,9% O). A complete thermodynamic analysis of the performed by the complex HSC-5.1 revealed that an increase in the amount of carbon from 2 to 6% at 1400 ° C increases the degree of formation of elemental Ni up to 99.6%, Co-96.3%, while the Ni concentration in the ferroalloy decreases from 84, 4 to 7.4%, Co from 1.01 to 0.48%, and Fe increases from 14.6 to 62.4%. From the ore of the Belogorsk deposit at 1400 ° C in the presence of 3.5-6% carbon, ferronickel is formed, which, according to the content of Σ_{Ni} and Co, is 25-7.8% corresponding to the alloy FN-2, FN-3, FN-4; while 95-99,6%, and 75,3-97,06% of cobalt are extracted into the alloy. It has been experimentally established that during electric smelting of the ore Belogorsk deposit in a mixture with coke, ferronickel of grades from FN-4 to FN-1 (8-27.6% Ni) is formed.

Key words: oxide nickel ore, thermodynamic modeling, recovery, carbon, cobalt, iron, recovery, concentration, electric smelting, ferronickel.

УДК 546.74(574)

**В. М. Шевко¹, Б. Д. Айткулов², Д. К. Айткулов³,
Г. Е. Каратаева¹, Д. Д. Аманов¹, А. Д. Бадикова¹**

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРРОНИКЕЛЯ ИЗ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕЛОГОРСКОЕ

¹Южно-Казхастанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

²Горно-рудная компания АО «Ай Карааул», Алматы, Казахстан,

³Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

Аннотация. Приводятся результаты исследования получения ферроникеля из оксидной руды месторождения Белогорское (0,29-1,72% Ni, 0,05-0,09% Co, 4,07-22,1% Fe, 0,38-0,55% Cr, до 0,67% Mn, 17,78-17,97% Si, 12,86-24,58% Mg, 0,48-0,78% Al, 49,93-51,9% O). Полным термодинамическим анализом выпол-

ненным комплексом HSC-5.1 найдено, что увеличение количества углерода от 2 до 6% при 1400 °С повышает степень образования элементного Ni до 99,6%, Co - 96,3%, при этом концентрация Ni в ферросплаве снижается от 84,4 до 7,4%, Co от 1,01 до 0,48%, а Fe возрастает от 14,6 до 62,4%. Из руды при 1400 °С в присутствии 3,5-6% углерода образуется ферроникель, который по содержанию ΣNi и Co 25-7,8% соответствует сплаву марок ФН-2, ФН-3, ФН-4; при этом в сплав извлекается 95-99,6% никеля, и 75,3-97,06% кобальта. Экспериментально установлено, что при электроплавке руды Белогорского месторождения в смеси с коксом формируется ферроникель марок от ФН-4 до ФН-1 (8-27,6% Ni).

Ключевые слова: оксидная никелевая руда, термодинамическое моделирование, восстановление, углерод, кобальт, железо, извлечение, концентрация, электроплавка, ферроникель.

Введение. В настоящее время 35% мировой никелевой продукции производится из оксидных руд [1]. Имея в виду, что 86% разведанных запасов Ni сосредоточено в оксидных рудах [2], в перспективе эти руды станут основным источником получения никеля. Это в частности относится к Казахстану, в недрах которого в 80 месторождениях [3] находится в оксидных формах до 3,2 млн. т никеля [4-6].

Несмотря на то, что гидрометаллургические методы переработки оксидных Ni-Co руд позволяют извлечь из руды не менее 90% Ni и Co и характеризуются, в сравнении с пирометаллургией, меньшими (на 30-50%) энергозатратами, эти методы имеют большую продолжительность и ориентированы на извлечение только основных металлов (Ni-Co). Поэтому они характеризуются низкой степенью комплексного использования сырья [6-11], а рекомендации по использованию кека после выщелачивания в производстве строительных материалов [8]- нерациональны в виду содержания в кеке 0,2% Ni. О перспективности пирометаллургической переработки оксидных никелевых руд можно судить по намерению промышленного получения ферроникеля из оксидной руды, по технологии разработанной учеными ИМиО (РК) и МиМиС (РФ) [12, 13]. Пирометаллургия позволяет увеличить степень комплексного использования сырья в связи с возможностью получения чугуна из шлаков производства ферроникеля, стального полупродукта [14], ферроникеля и литейного чугуна [15].

В статье приводятся результаты исследований образования ферроникеля разных марок из Белогорской руды. Силикатная кобальт-никелевая руда Белогорского месторождения является перспективным сырьевым источником в связи со значительными запасами никеля в Белогорской и Горностаевской группе месторождений [16].

Методика проведения исследований. Исходные реагенты. Исследования проводили методом термодинамического моделирования с использованием программного комплекса HSC-5.1, разработанного финской металлургической компанией Outokumpu [17]. Разработчики программного комплекса HSC-5.1 Chemistry (Outokumpu) основывались на идеологии консорциума SGTE (Scientific Group Thermodata Europe), которая занимается созданием, поддержкой и распространением высококачественных баз данных, предназначенных для расчета равновесного состава химически реагирующих систем. В состав SGTE входят специализированные научные центры Германии, Канады, Франции, Швеции, Великобритании и США. В нашей работе для расчета энергии Гиббса использовали подпрограмму ReactionEquations, а для полного термодинамического анализа подпрограмму Equilibrium Compositions комплекса HSC-5.1. Расчет равновесия в комплексе HSC-5.1 производится на основе принципа минимума энергии Гиббса исходя из выражения:

$$G(x) = \sum_{a=1}^f * \sum_{j=1}^{ia} X_j (C_j + \ln \left(\frac{X_j}{X_a} \right) + \ln \gamma_j) \rightarrow G(x) \min, \quad (1)$$

при ограничениях в виде системы линейных уравнений баланса массы вещества:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} X_j = b_i, \quad (2)$$

и условия нормировки:

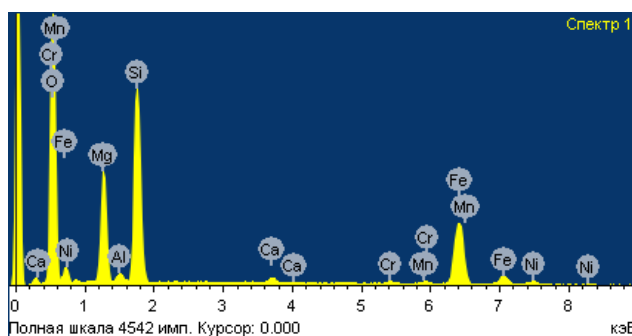
$$\sum_{j=1}^{La} X_j = X_a, \quad (3)$$

где f – общее число фаз системы; B_i – общее число независимого компонента i в системе; j_a – масса чисел, по независимых компонентов в фазе a системы; n – число независимых компонентов системы; C_j – эмпирическая термодинамическая функция; X_a – общее число молей фазы a в системе;

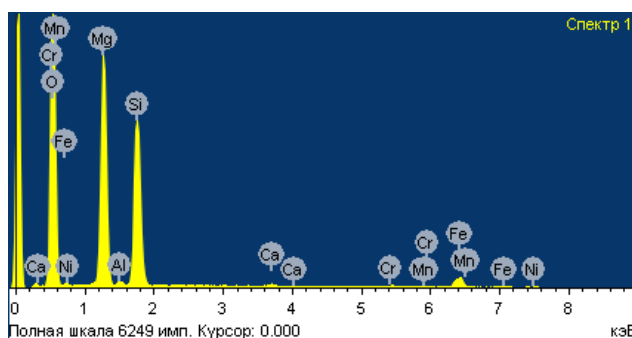
$\frac{X_j}{X_a}$ – мольная доля зависимого j компонента в фазе a ; Y_j – коэффициент активности j компонента.

Параметры равновесия термодинамической системы определяются решением математической задачи о нахождении экстремума с учетом всех ограничений с использованием функций Лангранжа и метода последовательных приближений Ньютона. В отличие от программного комплекса «Астра» используемый нами комплекс HSC-5.1 обладает базой данных примерно в 3 раза больше, чем база данных комплекса «Астара» [18, 19].

Электроплавку шихты, содержащую никелевую руду проводили в одноэлектродной дуговой печи. Перед проведением плавки в печь устанавливали графитовый тигель ($d=6$ см, $h=15$ см) и проводили разогрев его дугой в течение 20–25 мин. Затем в печь загружали первую порцию шихты (200 г). Проплавляли ее в течение 5–6 мин, после чего в печь загружали оставшуюся часть шихты (200 г) и проплавляли ее в течение 25–30 мин. В период плавки сила тока составляла 250–300 А, напряжение 45–50 В. После электроплавки печь охлаждалась в течение 6 часов. Графитовый тигель извлекали из печи и разбивали. Шлак и ферросплав взвешивали и анализировали на растровом электронном микроскопе марки JSM-6490LM (Япония). Белогорская руда содержит 0,29-1,72% Ni, 0,05-0,09% Co, 4,07-22,1% Fe, 0,38-0,55% Cr, до 0,67% Mn, 17,78-17,97% Si, 12,86-24,58% Mg, 0,48-0,78% Al, 49,93-51,9% O (рисунок 1). Никель в руде (на 95,19%) представлен



Проба 1 (богатая)



Проба 2 (бедная)

Элемент	Содержание, %	
	проба 1	проба 2
O	42,93	51,90
Mg	12,86	24,58
Al	0,78	0,48
Si	17,78	17,97
Ca	0,61	0,33
Cr	0,55	0,38
Mn	0,67	0,00
Fe	22,10	4,07
Ni	1,72	0,29

Рисунок 1 – Электронная микроскопия проб Белогорской руды

Figure 1 – Electron microscopy of the samples of the Belogorsk ore

силикатами сложного состава. При термодинамическом моделировании с учетом предварительной сушки руда имела следующий состав: 2,24% $2\text{NiO}\cdot\text{SiO}_2$, 0,15% $2\text{CoO}\cdot\text{SiO}_2$, 1,88% CaO , 2,23% Al_2O_3 , 0,84% MnO , 0,52% Cr_2O_3 , 13,14% MgO , 35,86% Fe_2O_3 , 43,14% SiO_2 .

Определялось влияние температуры, количества углерода (Уг, % от массы руды) на равновесную степень распределения элементов (α , %) и концентрацию металлов (С, %) в сплаве в системе Белогорская руда-углерод при давлении 1 бар.

Результаты исследований. Термодинамическим моделированием установлено, что в зависимости от температуры в системе руда – углерод присутствует 21 вещество: Fe_2O_3 , FeO , Fe , $2\text{NiO}\cdot\text{SiO}_2$, Ni , $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, Co , NiO , CaO , CoO , CaSiO_3 , MgSiO_3 , MgO , MnO , Al_2SiO_5 , Al_2O_3 , SiO_2 , CO , CO_2 , C , Cr_2O_3 . На рисунке 2 приведена информация о количественном распределении Ni, Co и Fe при 4% углерода от массы руды.

Из рисунка 1 следует, что восстановление Ni и Co уже заметно при 200 °С, а Fe – при $T \geq 400$ °С. Влияние температуры на равновесную степень образования (α , %) Ni, Co и Fe и концентрацию металлов в сплаве (С, %) приведено в таблице 1.

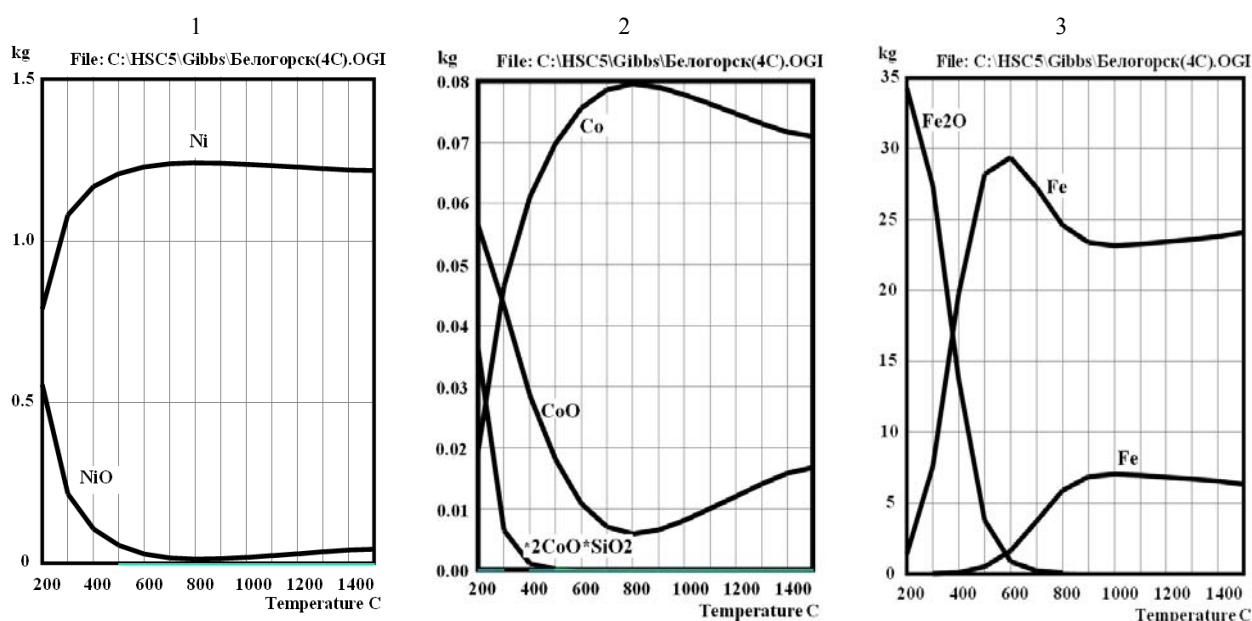


Рисунок 2 – Влияние температуры на количественное распределение веществ, содержащих Ni, Co и Fe в системе Белогорская руда – 4%С. Вещества содержащие: 1 – никель, 2 – кобальт, 3 – железо

Figure 2 – Temperature effect on the quantitative distribution of substances containing Ni, Co and Fe in the system Belogorsk ore – 4% C. Substances containing: 1 – nickel, 2 – cobalt, 3 – iron

Таблица 1 – Влияние температуры на равновесную степень образования (α , %) и концентрацию металлов в сплаве в системе Белогорская руда – 4% углерода

Table 1 – Effect of temperature on the equilibrium degree of formation (α ,%) and concentration of metals in the alloy in the Belogorsk Ore system – 4% carbon

α_{Me} , % C_{Me} , %	Температура, °С										
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	
α_{Ni}	96,4	98,0	98,8	98,8	98,8	98,8	98,8	98,8	98,2	98,0	97,2
α_{Co}	83,1	89,8	94,4	93,8	92,6	90,6	89,4	88,3	86,1	85,1	85,1
α_{Fe}	2,0	6,5	14,8	23,4	27,3	28,1	27,7	27,2	26,8	26,1	26,1
C_{Ni}	67,71	41,89	24,61	17,22	15,16	14,83	14,96	15,10	15,35	15,61	15,61
C_{Co}	3,91	2,57	1,56	1,1	0,97	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91
C_{Fe}	28,38	55,54	73,83	81,68	83,87	84,24	84,12	83,98	83,74	83,48	83,48

Из таблицы 1 видно, что в рассматриваемой системе восстановление металлов подчиняется закономерности: $\alpha_{Ni} > \alpha_{Co} > \alpha_{Fe}$. При $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\alpha_{Ni} = 98\%$, $\alpha_{Co} = 86,1\%$ и $\alpha_{Fe} = 83,7\%$. При возрастании температуры до $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ C_{Ni} уменьшается до $15,61\%$, C_{Co} до $0,91\%$. Однако при этом C_{Fe} возрастает до $83,48\%$. Это связано с тем, что масса восстановившегося Fe в $6,56/1,22 = 5,38$ раз больше массы восстановленного Ni. При $1300\text{--}1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в системе формируется ферроникель содержащий $15,35\text{--}15,61\%Ni$, $0,9\%Co$ и $83,48\text{--}83,74\%Fe$.

На рисунке 3 приведена информация о влиянии температуры и количества углерода (УГ, % от массы руды) на степень образования Ni, Co и Fe, из которого следует, что при 3–6% углерода и $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ α_{Ni} высокая и составляет $90,8\text{--}98,8\%$. Затем при уменьшении углерода до 2% α_{Ni} снижается до $10,6\%$. При $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ зависимость $\alpha_{Ni} = f(УГ)$ имеет вид:

$$\alpha_{Ni} = -161,57 + 86,6 \cdot УГ \text{ (от 2 до 3 УГ);} \quad (4)$$

$$\alpha_{Ni} = 94,929 + 0,7857 \cdot УГ \text{ (от 3 до 6 УГ).} \quad (5)$$

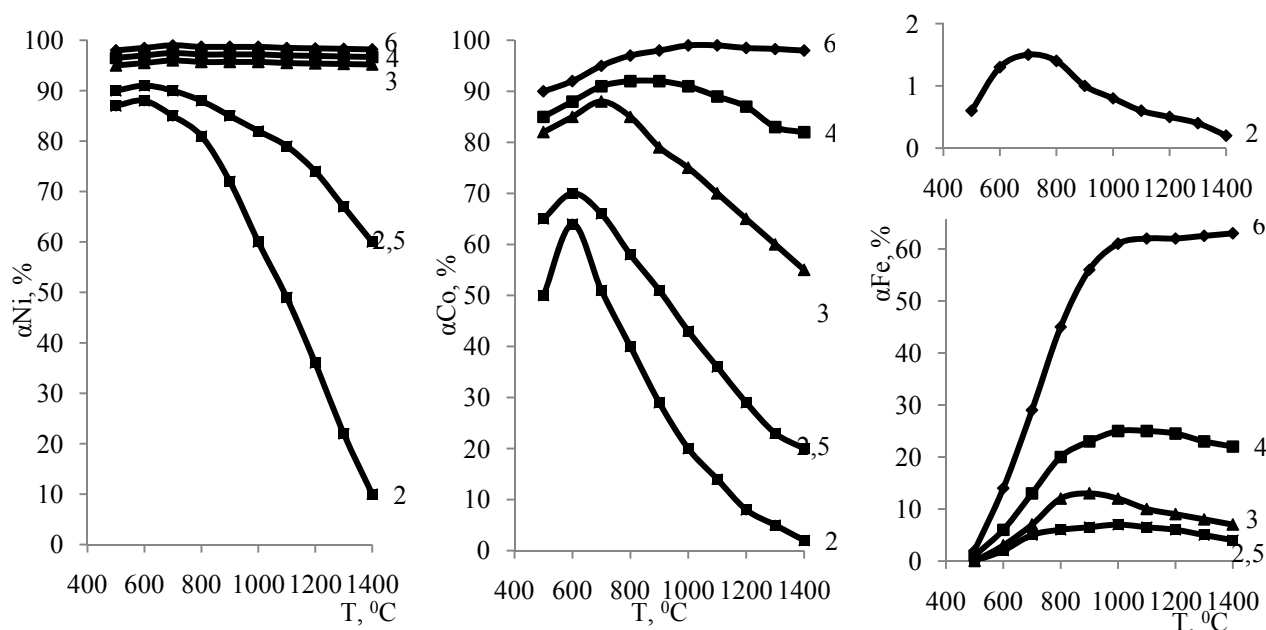


Рисунок 3 – Влияние температуры и количества углерода на степень восстановления металлов в системе руда-углерод при давлении 1 бар. Цифры у линий – количество углерода, % от массы руды

Figure 3 – Influence of temperature and amount of carbon on the degree of reduction of metals in the ore-carbon system at a pressure of 1 bar. The numbers at the lines – the amount of carbon, % from the mass of the ore

При увеличении углерода от 2 до 6% α_{Co} увеличивается при $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ от $1,9$ до $96,3\%$ в соответствии с уравнением:

$$\alpha_{Co} = -156,4 + 98,46 \cdot УГ - 9,4 \cdot УГ^2 \quad (6)$$

Процесс восстановления необходимо проводить при 4-6% C когда α_{Co} превышает 80% . При меньшем количестве углерода α_{Co} резко снижается. С увеличением углерода от 2 до 6% растет и восстановление железа до элементарного (от $0,1\%$ до $62,4\%$ при $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$) по уравнению:

$$\alpha_{Fe} = -13,191 + 3,1068 \cdot УГ + 1,5886 \cdot УГ^2 \quad (7)$$

Концентрация металлов (C_{Me}) так же зависит от количества углерода и температуры (рисунок 4). Увеличение количества углерода снижает C_{Ni} и увеличивает C_{Fe} . При $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ эти зависимости описываются уравнениями:

$$C_{Ni} = 426,56 \cdot УГ^{-2,297} \quad (8)$$

$$C_{Fe} = -238,9 + 193,69 \cdot УГ - 38,663 \cdot УГ^2 + 2,5958 \cdot УГ^3 \quad (9)$$

Из рисунка 4 следует, что C_{Co} в сплаве уменьшается при увеличении температуры. При $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ зависимость $C_{Co} = f(U_{\Gamma})$ имеет экстремальный характер с максимумом (1,44%) при 3% С. При этом зависимость $C_{Co} = f(U_{\Gamma})$ описывается уравнением:

$$C_{Co} = -6,24 + 6,6325 \cdot U_{\Gamma} - 1,9962 \cdot U_{\Gamma}^2 - 0,1462 \cdot U_{\Gamma}^3 \quad (10)$$

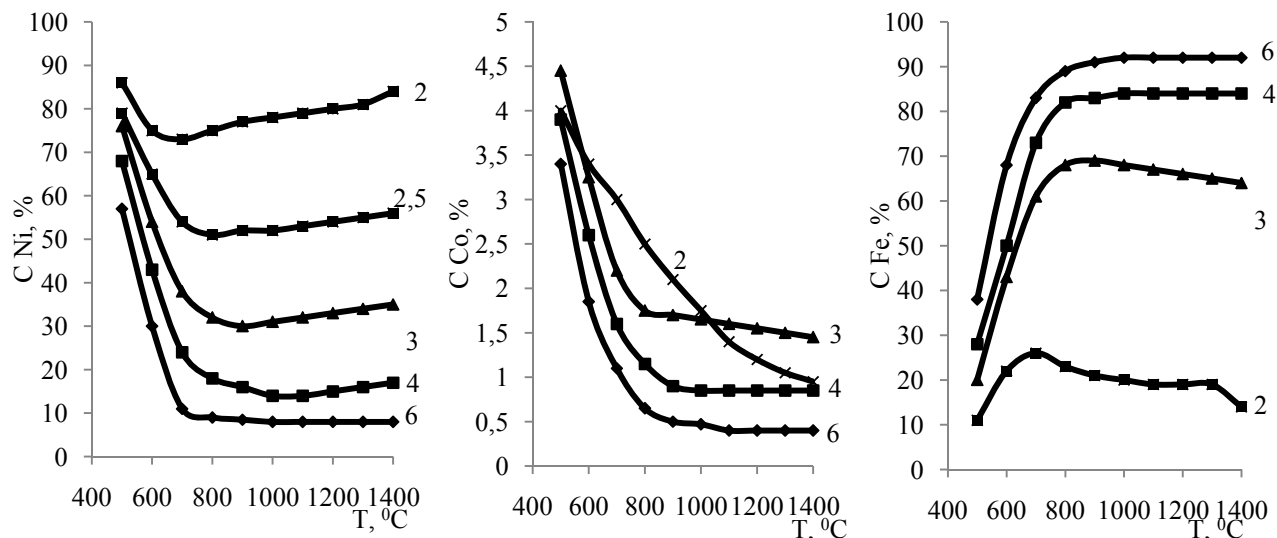


Рисунок 4 – Влияние температуры и количества углерода на концентрацию металлов в сплаве в системе БР-углерод при давлении 1 бар. Цифры у линий – количество углерода, % от массы руды

Figure 4 – Influence of the temperature and the amount of carbon on the concentration of metals in the alloy in the Belogorsk ore – carbon system at a pressure of 1 bar. The numbers at the lines – the amount of carbon, % from the mass of the ore

Из сравнения рисунков 3 и 4 видно, что при $T > 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ влияние углерода на концентрацию Ni в сплаве и степень восстановления Ni имеет противоположный характер. Эта зависимость прямо-пропорциональная. С увеличением углерода концентрация Ni в сплаве уменьшается, а α_{Ni} возрастает. Для железа с увеличением углерода α_{Fe} и C_{Fe} возрастает.

Обратно – пропорциональная зависимость наблюдается между α_{Ni} и C_{Ni} , прямо-пропорциональная между C_{Fe} и α_{Fe} и экстремальная между C_{Co} и α_{Co} (рисунок 5). Уравнения этих связей имеют вид:

$$C_{Ni} = 82,325 + 0,2398 \cdot \alpha_{Ni} - 9,7 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_{Ni}^3 \quad (11)$$

$$C_{Fe} = 41,741 + 12,102 \ln \alpha_{Fe} \quad (12)$$

$$C_{Co} = 0,9567 + 0,279 \cdot \alpha_{Co} - 3 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_{Co}^3 \quad (13)$$

В соответствии с [20] ТУ48-3-59-79 (с изменениями 1) ферроникель марки ФН-1 должен содержать $Ni + Co \geq 25\%$, ФН-2 $\geq 20\%$, ФН-3 $\geq 15\%$, ФН-4 $\geq 6\%$ и ФН-6 $\geq 3,5\%$. Взаимосвязь между ведущим элементом (никелем) и содержанием $\Sigma_{Ni \text{ и } Co}$ в сплаве показана на рисунке 6. По этому рисунку можно определить марку ферроникеля (по $\Sigma_{Ni \text{ и } Co}$) и α_{Ni} . Так, при $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ задавшись $\alpha_{Ni} \geq 90\%$ можно установить, что при получении ферроникеля марки ФН-1 с содержанием $\Sigma_{Ni \text{ и } Co} = 35-25\%$ α_{Ni} составит 90-93,8%, для получения ФН-2 ($\Sigma_{Ni \text{ и } Co} = 25-20\%$) α_{Ni} составит 93,8-95,6%, для получения ФН-3 ($\Sigma_{Ni \text{ и } Co} = 20-15\%$) α_{Ni} составит 95,6-97,1% и для получения ФН-4 ($\Sigma_{Ni \text{ и } Co} = 15-6\%$) α_{Ni} составит 97,6-99,6%. При этом α_{Co} будет несколько меньше, чем α_{Ni} (рисунок 7). Например, при $\alpha_{Ni} = 99,6\%$ α_{Co} составит 96,3% (6% С), а при $\alpha_{Ni} = 90\%$ (3% С) α_{Co} составит только 57%. Таким образом для достижения $\alpha_{Co} = 75-95\%$ процесс необходимо проводить при 3,5-6% углерода от массы руды. При этом α_{Ni} будет составлять 95-99,6%. Ферроникель в этом случае по $\Sigma_{Ni \text{ и } Co}$ будет соответствовать маркам ФН-2, ФН-3 и ФН-4.

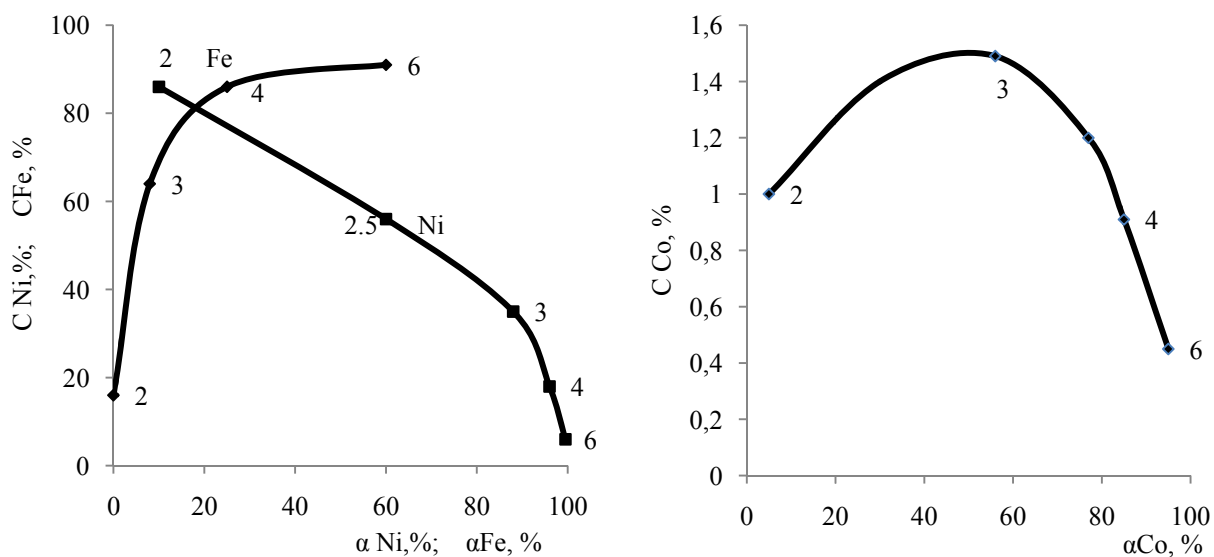
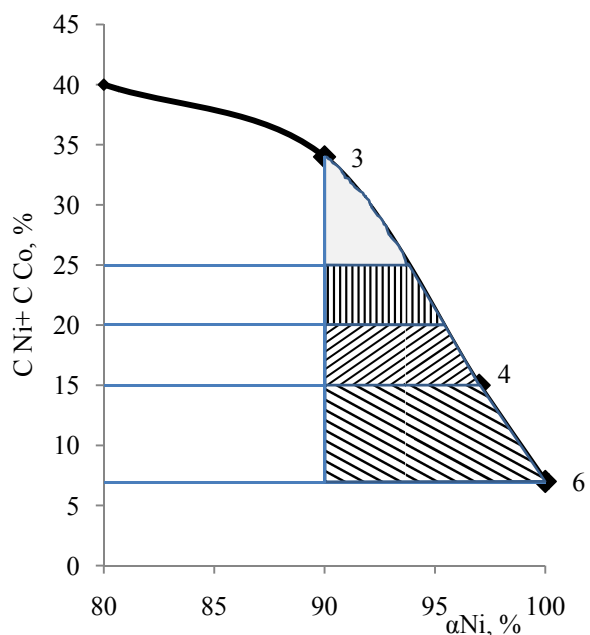


Рисунок 5 – Взаимосвязь между C_{Me} и α_{Me} в ферроникеле при 1400 °С.
Цифры у точек – количество углерода, % от массы руды

Figure 5 – Interconnection between C_{Me} and α_{Me} in ferronickel at 1400 °С.
The numbers at the lines – the amount of carbon, % from the mass of the ore



□ ФН-1 ▨ -ФН-2 ▩ -ФН-3 ▤ -ФН-4

Рисунок 6 – Взаимосвязь между $C_{\Sigma Ni \text{ и } Co}$ в ферроникеле и α_{Ni} при 1400 °С с маркой ферроникеля.

Цифры у точек – количество углерода, % от массы руды

Figure 6 – Interconnection between $C_{\Sigma Ni \text{ и } Co}$ in ferronickel and α_{Ni} at 1400 °С with brand ferronickel.

The numbers at the lines – the amount of carbon, % from the mass of the ore

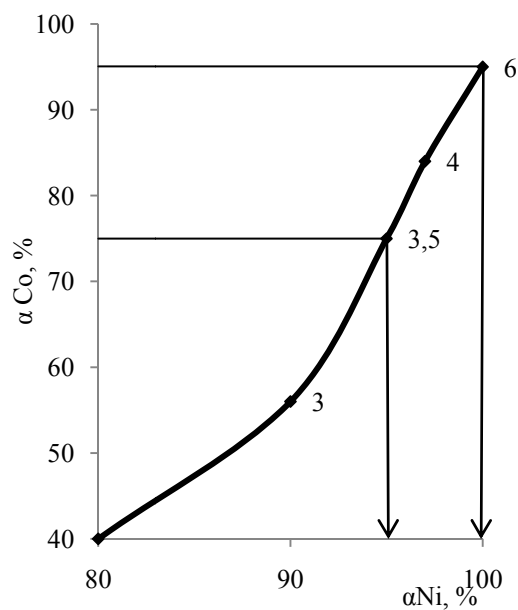


Рисунок 7 – Взаимосвязь между α_{Ni} и α_{Co} в ферроникеле при 1400 °С.

Цифры у точек – количество углерода, % от массы руды

Figure 7 – The Interconnection between α_{Ni} and α_{Co} in ferronickel at 1400 °С.

The numbers at the lines – the amount of carbon, % from the mass of the ore

При электроплавке руды (1,7% Ni, 0,08% Co) в смеси с различным количеством кокса, получен ферроникель (рисунок 8), содержащий 8–27,6% Ni и 0,4–0,9% Co (т.е. марок от ФН-4 до ФН-1) (таблица 2).



Рисунок 8 – Ферроникель, полученный из Белогорской руды в присутствии 2,5% кокса (1), 5% кокса (2) и 10% кокса (3)

Figure 8 – Ferronickel, obtained from the Belogorsk ore in the presence of 2,5% кокса (1), 5% кокса (2) и 10% кокса (3)

Таблица 2 – Влияние кокса на содержание металлов в сплаве, %

Table 2 – Effect of coke on the content of metals in the alloy, %

Количество кокса, % от массы руды	2,5	5,0	10,0
Содержание Ni	7-8,3	11,2-13,0	26,2-28,3
Содержание Co	0,36-0,44	0,54-0,63	0,86-0,94

Заклучение.

1. На основании полученных результатов по равновесному взаимодействию Белогорской руды с углеродом можно сделать следующие выводы:

- взаимодействие в системе происходит с участием Fe_2O_3 , FeO , Fe , $2\text{NiO}\cdot\text{SiO}_2$, Ni , $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, Co , NiO , CaO , CoO , CaSiO_3 , MgSiO_3 , MgO , MnO , Al_2SiO_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , CO , CO_2 , C .

- при постоянных температурах (600–1400 °C) увеличение количества углерода от 2 до 6% повышает α_{Ni} , α_{Co} и α_{Fe} например при 1400 °C α_{Ni} от 10,6 до 99,6%, α_{Co} от 1,9 до 96,3%, α_{Fe} от 0,09 до 62,4%.

- увеличение количества углерода от 2 до 6% снижает содержание Ni и Co в сплаве и увеличивает Fe. Так при 1400 °C C_{Ni} уменьшается от 84,4% до 7,4%, C_{Co} от 1,01 до 0,48% и C_{Fe} возрастает от 14,6 до 62,4%.

- найдено, что между α_{Ni} и C_{Ni} наблюдается обратно пропорциональная зависимость, %; между α_{Ni} и C_{Co} – экстремальная ($\alpha_{\text{Co}} = 57,1\%$, $C_{\text{Co}} = 1,44\%$); между α_{Fe} и C_{Fe} – прямо пропорциональная.

- при 1400 °C из руды в присутствии 3,5–6% углерода образуется ферроникель, который по содержанию $\Sigma_{\text{Ni}}^{\text{и Co}}$ 25–7,8% соответствует сплаву марок ФН-2, ФН-3, ФН-4; при этом степень извлечения Ni в сплав составляет 95–99,6%, а кобальта – 75,3–97,06%.

2. Экспериментально установлено, что при электроплавке руды Белогорского месторождения в смеси с коксом формируется ферроникель марок от ФН-4 до ФН-1 (8–27,6% Ni).

REFERENCES

[1] Reznik I.D. (2002) Directions for the development of technology for the processing of oxidized nickel ores [Napravleniya razvitiya tehnologii pererabotki oksislennykh nikel'nykh rud]. Collection of scientific papers GINCVETMET: New frontiers in non-ferrous metallurgy [Sb. nauch. trudov GINCVETMET: Novy'erubezhi v cvetnoymetallurgii]. Moscow. P. 181-201 (In Russian)

[2] Gasik M.I., Ljakishev N.P. (1999) Theory and technology of electrometallurgy of ferroalloys [Teoriya i tehnologijaj elektrometallurgii ferrosplavov]. Moscow, Intermet Inzhiniring. (In Russian)

[3] Abdullina A.A. (1997) Mineral resources of Kazakhstan: deposits of chromium, nickel, cobalt, vanadium [Mineral'nye resursy Kazahstana: mestorozhdenija hroma, nikelja, kobal'ta, vanadija]. (Almaty). (In Russian)

[4] Kovgan P.A. (2008) Promising technologies for processing oxidized nickel ores [Perspektivnye tehnologii pererabotki oksislennykh nikel'nykh rud]. Non-ferrous metals. P. 43-45 (In Russian)

[5] Zhatkanbaev E.E., Zhatkanbaeva Zh.K., Zhakienova A.T. (2014) Leaching of nickel from oxidized ores of the Bugetkol deposit [Vyshhelachivanie nikelja iz oksislennykh rud mestorozhdenija Bugetkol']. The Way of Science, International Scientific Journal. Volgograd [Put' nauki, Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. Volgograd]. P. 18-20 (In Russian)

[6] Kosmuhambetov A.R., Valishevskaja T.Ju. and others (2014) Break - down of the nickel-cobalt-containing ore by the method of hydrochloric acid waxing [Vskrytie nikel'kobal'tsoderzhashhej rudy metodom soljanokislотноgo vel'cevaniya]. Vestnik KazNTU. P. 340-344 (In Russian)

- [7] Carlson and Simons, (1961) in Extractive Metallurgy of Copper, Nicrel, Nicrel and Cobalt // AIME, Qnenelued. P. 363-396.
- [8] Sizikova N.V. (2008) Physicochemical studies of hydrometallurgical processes of recovery of nickel, and cobalt from nontronite ores and development of rational technology on their basis [Fiziko-himicheskie issledovaniya gidrometallurgicheskikh processov izvlecheniya nikelja, i kobal'ta iz nontronitovyhrud i razrabotka racional'noj tehnologii naihosnove]. Thesis of the candidate of technical sciences Ust'-Kamenogorsk [Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk Ust'-Kamenogorsk]. 106 p. (In Russian)
- [9] Sizikova N.V., Pavlov A.V., Kushakova L. B., Borcov B.A. (2007) Research on the leaching of oxidized nickel-cobalt ores [Issledovanijapovyshhelachivanijuokislennyhnikel'-kobal'tovyhrud]. Complex use of mineral raw materials. Almaty. [Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja]. P. 68-74 (In Russian)
- [10] Reznik I.D., Ermakov G.P., ShneersonJa.M. Nikel'. (2001) LLC "Science and Technology" [OOO "Nauka i tehnika"]. Moscow. 468 p. (In Russian)
- [11] Shevko V.M., Bishimbaev V.K., Ajtkulov D.K. and others (2012) [Processing of nickel-cobalt containing natural and manmade and raw materials by chloridation method [Pererabotka nikel'-kobal'tsoderzhashhego prirodnoego i tehnogennogo i syr'jahloridovozgnochnym metodom]. Shymkent, South Kazakhstan state university. M. Auezova. 363 p. (In Russian)
- [12] Sadykov S.B., Kozhahmetov S.M., Kvjatkovskij A.S., Sadyk M.B. (2015) Prospects of using Vanyukov smelting technology for processing low-grade oxidized Co-Ni ores [Perspektivy ispol'zovanija tehnologii plavki Vanjukovadlja pererabotki nizkosortnyh oksislennyh So-Ni rud]. Materials of the International Scientific and Practical Conference "Resource-saving technologies in the enrichment of ores and metallurgy of non-ferrous metals" [Materialy MNPК «Resursoberegajushhie tehnologii v obogashhenii rud i metallurgii cvetnyh metallov»]. Almaty. P. 199-203 (In Russian)
- [13] Sadykov K.S. Kozhahmetov S.M. and the others. (2011) Method for processing raw materials containing non-ferrous metals and iron [Sposob pererabotki syr'ja, soderzhashhego cvetnye metally i zhelezo]. Innovative patent of the Republic of Kazakhstan [Innovacionnyj patent RK 24888]. (In Russian)
- [14] Gran N.B., Onishhin B.P., Majzel' E.I.(1971)Electric smelting of oxidized nickel ores [Jelektroplavka oksislennyh nikel'evyh rud]. Moscow. Metallurgy [Moskva Metallurgija]. 248 p. (In Russian)
- [15] Veselovskij A.A. (2015) Method of processing of furnace dump nickel slags for ferronickel and cast iron [Sposob pererabotki pechnyh otval'nyh nikel'evyh shlakov na ferronikel' i litejnyjchugun] Patent of the Russian Federation 2542127 [Patent RF 2542127]. (In Russian)
- [16] Djachkov B.A., Kuzmina O.N. Zimanovskaja N.A. and the others (2015) Nickel-shaped weathering crusts Carsk-gornostaevsk of the ophiolite belt of East Kazakhstan. [Nikelenosnyekoryvyvetrivaniyacarsko-gornostaevskogooffiolitovogopojasa Vostochnogo Kazahstana]. Materials XV international meeting on the geology of placers and deposits of weathering crust. [Materialy XV mezhdunarodnogo soveshhanija po geologii rossypej i mestorozhdenij kor vyvetrivaniya]. Permian: Perm State University. P. 59-60 (In Russian)
- [17] Roine A. (2002). Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium loft ware with Extensive Thermochemical Database. Pori: Outokumpu Research OY
- [18] Trusov B.G. (1991) Modeling of chemical and phase equilibria at high temperatures [Modelirovanie himicheskikh i fazovyh ravnovesij pri vysokih temperaturah]. Moscow: Moscow State University [Moskva MGU]. (In Russian)
- [19] Sinjarev G.B., Vatolin N.A. and the others (1982) The use of EC for thermodynamic calculations of metallurgical processes. [Primenenie JeVMDljaTermodinamicheskikh raschetov metallurgicheskikh processov]. Moscow. (In Russian)
- [20] TS 48-3-59-79. Ferronickel. Specifications.

В. М. Шевко¹, Б. Д. Айтқулов², Д. К. Айтқулов³, Г. Е. Каратаева¹, Д. Д. Аманов¹, А. Д. Бадикова¹

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан,

²Тау-кен компаниясы АҚ «Ай Карааул», Алматы, Қазақстан,

³Қ. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан

БЕЛОГОРСК КЕН ОРНЫНЫҢ КЕНДЕРІНЕН ФЕРРОНИКЕЛЬДІ АЛУ

Аннотация. Мақалада Белогорск кен орнының оксидті кендерінен ферроникельді алуды зерттеу нәтижелері келтіріледі (0,29-1,72% Ni, 0,05-0,09% Co, 4,07-22,1% Fe, 0,38-0,55% Cr, до 0,67% Mn, 17,78-17,97% Si, 12,86-24,58% Mg, 0,48-0,78% Al, 49,93-51,9% O). HSC-5.1 кешенімен орындалған толық термодинамикалық талдау арқылы 1400⁰С кезінде көміртек мөлшерінің 2-ден 6% дейін артуы элементті Ni түзілу дәрежесі 99,6% дейін, Co -96,3% дейін арттырады, болай болса, феррокорытпадағы Ni концентрациясы 84,4%-дан 7,4% дейін, Co 1,01-ден 0,48% дейін төмендейді, ал Fe 14,6-дан 62,4% дейін артады. Белогорск кен орнының кендерінен 1400⁰С кезінде 3,5-6% көміртегінің қатысуында ФН-2, ФН-3, ФН-4 маркалы қорытпаға сәйкес келетін $\Sigma_{Ni \text{ және } Co}$ 25-7,8% мөлшері бойынша ферроникель түзіледі; бұл кезде қорытпаға 95-99,6% және 75,3-97,06% кобальт алынады. Эспериментті зерттеу нәтижесінде Белогорск кен орнының кендерін электрлі балқыту кезінде қорытпаға кокспен бірге ФН-4, ФН-1 (8-27,6% Ni) маркалы ферроникель қалыптасатыны анықталды.

Түйін сөздер: оксидті никель кендері, термодинамикалық үлгілеу, қалпына келтіру, көміртек, кобальт, темір, қалпына келтіру, байыту, электрлік балқыту, ферроникель.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 141 – 148

R. N. Nasirov¹, A. P. Slyussarev², I. B. Samatov², G. K. Baimukhasheva¹, A. R. Nasirov¹

¹Atyrau state university named by Kh. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan,
²LP “Institute of Geological Sciences named by K. I. Satpaev”, Almaty, Kazakhstan

APPLICATION OF EPR SPECTROSCOPY IN THE STUDY OF DOLOMITES FROM THE GEOLOGICAL SECTION OF OIL AND GAS WELLS IN THE PRE-CASPIAN BASIN

Abstract. In the research work were carried out experimental studies using the EPR spectroscopy method for the detection of dolomites in the Devonian sediments of Imashevskoye (well №1), Astrakhanskoye (well №1) and Volodarskoye (well №2) deposits. It is shown that in the EPR spectra, the rocks are fixed by lines related to two manganese ions with different spectral parameters.

On the basis of the analysis of spectral data we associated various spectral parameters with manganese ions replacing Mg^{2+} and Ca^{2+} ions in the dolomite crystal lattice, respectively. The parameters of the α were determined from the EPR spectrum of the investigated dolomites and were found two of their groups. The first group includes dolomites, which are formed from limestones in the mixing zone of fresh and sea water, for which the α is greater than 5 ($\alpha > 5$). The second group includes metasomatic dolomites with $\alpha < 5$. The calculated parameter for the investigated dolomites of the Volodarskoye field varies from 7,5 to 18 ($\alpha > 5$), therefore it can be assumed that these sedimentary dolomites together with sulfites are formed according to the proposed scheme and do not refer to metasomatic dolomites with $\alpha < 5$.

The obtained data show that the results of determining the content of dolomite by the EPR method for Mn^{2+} , as well as the content of dolomite in the rock determined by X-ray phase analysis are correlated with each other.

Keywords: metasomatic dolomites, electron paramagnetic resonance, total manganese, divalent manganese, X-ray phase analysis.

УДК 543.422.8

Р. Н. Насиров¹, А. П. Слюсарев², И. Б. Саматов², Г. К. Баймукашева¹, А. Р. Насиров¹

¹Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан,
²ТОО «Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева», Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ЭПР-СПЕКТРОСКОПИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДОЛОМИТОВ ИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Аннотация. В работе были проведены экспериментальные исследования с помощью метода ЭПР спектроскопии по обнаружению доломитов в девонских отложениях месторождений Имашевское, скв.1, Астраханское, скв.1, Володарское, скв.2. Показано, что в спектрах ЭПР породы фиксируются линиями, относящимися к двум ионам марганца с отличными спектральными параметрами.

На основе анализа спектральных данных, мы связывали различные спектральные параметры с ионами марганца, замещающими в кристаллической решетке доломита ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} соответственно. По спектру ЭПР Mn^{2+} для исследованных доломитов были определены параметры α и были обнаружены две группы доломитов. К первой относятся доломиты, которые образуются из известняков в зоне смешивания пресной и морской воды, для которой $\alpha > 5$. Ко второй группе относятся метасоматические доломиты с $\alpha < 5$. Вычис-

ленный параметр для исследованных доломитов Володарского месторождения колеблется от 7,5 до 18 ($\alpha > 5$), поэтому можно предположить, что эти осадочные доломиты вместе с сульфитами образуются по предположенной схеме и не относятся к метасоматическим доломитам с $\alpha < 5$.

Полученные данные показывают, что результаты определения содержания доломита методом ЭПР по Mn^{2+} , а также содержания доломита в породах определенного методом рентгенофазового анализа коррелируется между собой.

Ключевые слова: метасоматические доломиты, электронный парамагнитный резонанс, общий марганец, двухвалентный марганец, рентгенофазовый анализ.

При поисково-разведочных работах на нефть и газ, а также при оценке нефтеносности структуры необходимо детальное изучение минералогического состава пород-коллекторов.

Полное описание сложных смесей породообразующих минералов, какими являются нефтеносные осадочные породы, представляет собой очень сложную задачу, и она может быть решена только при полном сочетании традиционных методов минералогических и петрографических исследований с современными физико-химическими методами [1]. Не претендуя на решения этой сложной задачи, мы ограничились в данной работе изучением возможности применения метода ЭПР при анализе карбонатных минералов в толще осадочных отложений Прикаспийского бассейна.

В работе [2, 3] показано, что метод ЭПР позволяет проводить литологическое расчленение изучаемого разреза на основе анализа спектральных характеристик осадочных пород различного литологического состава.

Объектом исследования явился карбонатный минерал – доломит, который содержится в нефтеносных породах большого числа подсоловых месторождений Прикаспийского региона.

На рисунке 1 приведен спектр ЭПР породы Имашевского месторождения (скв. 1, глубина 3593–3596 м), который полностью совпадает со спектром от доломита из резервуара месторождения Бекбулат (содержание доломита по данным рентгенофазового анализа составляет 98%), рисунок 1б. Здесь наблюдаются спектры двух ионов Mn^{2+} , различающиеся величинами g-факторов (2,0100 и 2,0028); $a_{Mn} = 95$ Гс (между третьей и четвертой компонентами). Линии 1 и 2 в "высокополевой" части спектра принадлежат ионам Mn^{2+} , замещающим в кристаллической решетке доломита ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} соответственно.

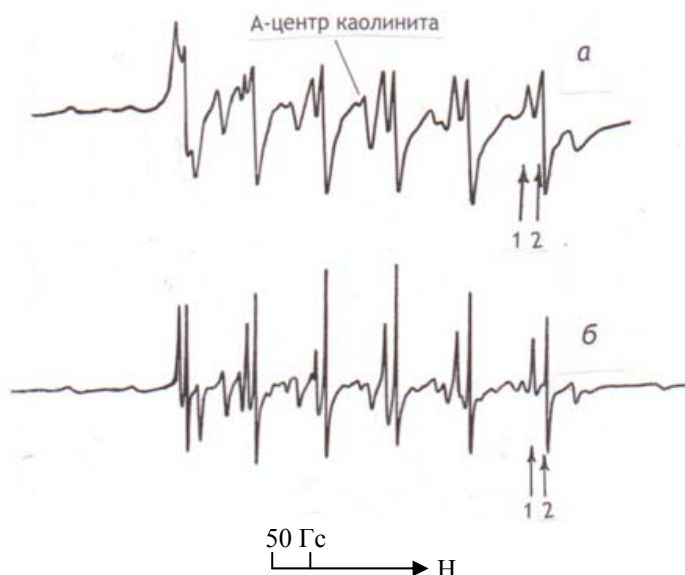
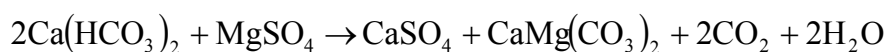


Рисунок 1 – Спектры ЭПР доломита: *a* – Имашевского месторождения (скв. 1, глубина 3593–3596 м); *б* – месторождения Бекбулат (глубина 3825–3832 м, нижний слой); $\alpha = 15 I_1/I_2$, где I_1 и I_2 – интенсивности линий 1 и 2 соответственно

Figura 1 – EPR spectra of dolomite: *a* – Imashevskoye deposit (well 1, depth 3593–3596 m); *b* – Bekbulat deposit (well 1, depth 3825–3832 m, lower layer); $\alpha = 15 I_1/I_2$, where I_1 and I_2 intensity of lines 1 and 2 respectively

Параметры $\alpha = 15I_1/I_2$ часто используют в качестве критерия условий доломитизации известняковых пород. Например, в пермских отложениях Татарстана установлены две группы доломитов [4]. К первой относятся доломиты образующиеся из известняков по реакции:



в зоне смешивания пресной и морской воды, для которой $\alpha > 5$. Для доломито-образования необходимо поступление магния. Ко второй группе относятся метасоматические доломиты с $\alpha < 5$. Метасоматическая доломитизация в катагенезе более важна для преобразования коллекторов [5].

С помощью интенсивностей линии 1 и 2 изучено распределение двухвалентного марганца в изученных доломитах и отношение этих линий, вычисленное по формуле: $\alpha = 15 I_1/I_2$ (таблица 1).

Таблица 1 – ЭПР-характеристики доломитов нефтеносных пород Прикаспия

Table 1 – ЭПР-характеристики доломитов нефтеносных пород Прикаспия

Месторождение, номер скважины	Глубина, м	Возраст	α
Онгар, 6	680-685	Юрский	3,65
Имашевское, 1	2698-2703	Триасовый	2,77
Имашевское, 1	3593-3596	Пермский	3,87
Имашевское, 1	3801-3804 (верх)	Пермский	3,75
Бекбулат, 1	3825-3832 (низ)	Раннепермский	6,39
Бекбулат, 1	3825-3832 (верх)	Раннепермский	8,31
Володарское, 2	5822-5824	Девонский	7,5
Володарское, 2	5898-5902	Девонский	18,0
Володарское, 2	5593,6-5600,8	Девонский	9,4
Володарское, 2	5954-5956	Девонский	8,6
Володарское, 2	5957-5959	Девонский	9,0

Вычисленный параметр для исследованных доломитов Володарского месторождения колеблется от 7,5 до 18 ($\alpha > 5$), поэтому можно предположить, что эти осадочные доломиты вместе с сульфитами образуются по предположенной схеме и не относятся к метасоматическим доломитам с $\alpha < 5$. В пользу данного механизма было изучено распределение марганца (II) методом ЭПР и рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), кальция, серы, общего марганца в карбонатных породах продуктивного разреза Астраханского и Володарского месторождений (таблица 2).

На рисунке 2 показана часть спектра РФА, записанного на рентгено-флуоресцентном сканирующем спектрометре VRA – 30 "Карл Цейс" (Германия) шлама месторождения Володарское (Астраханская область, Россия). На основании этого спектра можно проводить как количественный анализ, так и качественный элементный анализ нефтеносной породы. Изготавливаются эталонные образцы в виде таблетки. Эталон № 23. В состав этого эталона с весом 2,83779 г входят:

- 0,04245 г Al_2O_3 (содержание Al – 0,875%);
- 0,15 г Fe_2O_3 (содержание Fe – 3,7%);
- 0,12745 г $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (содержание Mn – 1,024%);
- 0,02907 г $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (содержание Zr – 0,26%);
- 0,075 г $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (содержание Sr – 1,09%);
- 1,367 г CaCO_3 (содержание Ca – 19,29%);
- 1,002 г H_3PO_3 .

Содержание Si в исходной смеси составляет 0,6135%, а общей серы – 0,7823%. Далее из этой смеси с помощью установки прессования приготовили твердую таблетку для кюветы прибора РФА. Аналогичным образом были изготовлены эталонные образцы для измерения концентрации других элементов в исследуемых породах. Важным достоинством рентгено-флуоресцентного сканирующего спектрометра является то, что здесь не происходит наложение спектральной линии

Таблица 2 – Распределение Mn^{2+} в продуктивных разрезах Астараханского и Володарского месторождений
 Table 1 – Распределение Mn^{2+} в продуктивных разрезах Астараханского и Володарского месторождений

№ образца	Месторождение, номер скважины	Глубина отбора кернов, м	Содержание %			
			Mn	Mn^{2+}	S	Ca
1	Володарское,2	4700-4703	0,046	0,0005	0,70	12,99
2	Володарское,2	5593-5600	0,013	0,013	0,08	8,39
3	Володарское,2	5826-5828	0,045	0,0038	0,78	19,06
4	Володарское,2	5847-5852	0,020	0,019	0,23	17,72
5	Володарское,2	5898-5902	0,040	0,038	0,47	10,33
6	Володарское,2	5954-5956	0,035	0,034	0,65	14,68
7	Володарское,2	5957-5959	0,020	0,015	0,70	15,06
8	Астраханское,1	4165-4171	0,030	0,027/0,030	–	–
9	Астраханское,1	4178-4184	0,046	0,036/0,040	–	–
10	Астраханское,1	4184-4191	0,035	0,027/0,030	–	–
11	Астраханское,1	4191-4198	0,050	0,047/0,050	0,33	16,49
12	Астраханское,1	4198-4205	0,055	0,040/0,060	–	–
13	Астраханское,1	4212-4218	0,025	0,021/0,025	–	–
14	Астраханское,1	4218-4225	0,031	0,019/0,020	0,27	17,11
15	Астраханское,1	4678-4680	0,031	0,0095	0,84	8,61

Примечание: В числителе приведены содержания Mn^{2+} до обработки, а в знаменателе приведены содержания Mn^{2+} после обработки HCl .

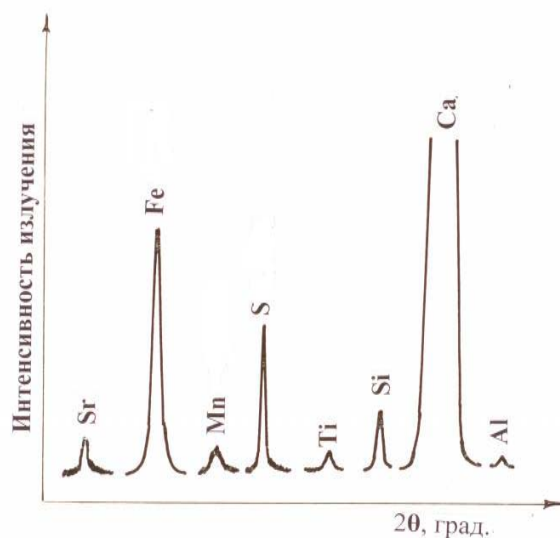


Рисунок 2 – РФА (рентгенофлуоресцентный анализ) шлама из скв. 2 (интервал 5826–5828 м) месторождения Володарское

Figura 2 – X-ray fluorescence analysis of well #2 sludge (interval 5826–5828 m) of Volodar-skoye deposit

марганца K_{α} ($\lambda=2,1 \text{ \AA}^0$) на интенсивную линию железа K_{α} ($\lambda=1,9 \text{ \AA}^0$) и линии ванадия K_{α} ($\lambda=2,5 \text{ \AA}^0$) на спектральную линию титана K_{α} ($\lambda=2,75 \text{ \AA}^0$). Этот случай очень важен в нефтепоисковой геохимии, когда статистическая обработка данных распределения парамагнитных форм ванадия и марганца в различных скважинах по глубине открывает возможность определения перспективных к испытанию интервалов глубин, где можно ожидать более высокую вероятность притока нефти и газа [6-8].

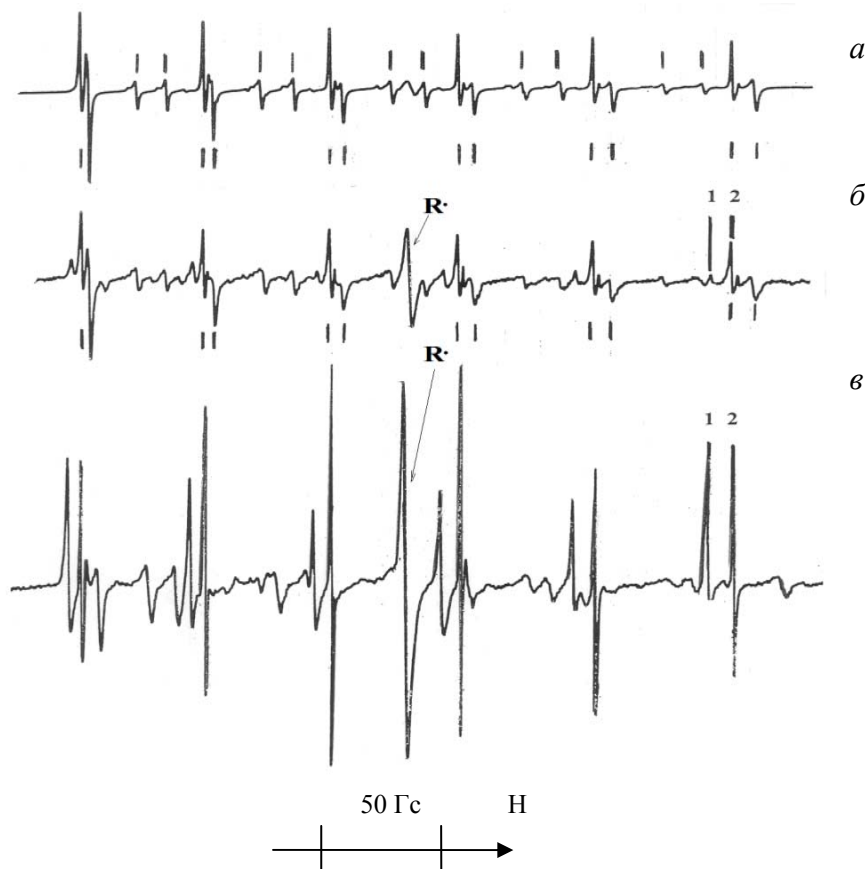


Рисунок 3 – Спектры ЭПР породы: *а* – кальцитовая порода Астраханского месторождения, скв. 1 (глубина 4218–4225 м);
б – кальцит-доломитовая порода Володарского месторождения, скв. 2 (глубина 5898–5902 м);
в – известняк доломитизированный с запахом метана (Володарское месторождение, скв. 2, глубина 5593–5600,8 м)

Figura 3 – EPR spectra of the rock from samples: *a* – the rock (calcite) is taken from well #1 (4218–4225 m) Astrakhan oil field;
b – calcite-dolomite of rock well #2 (5898–5902 m) Volodar oil field;
c – dolomite of rock well #2 (5593–5600,8 m) Volodar oil field

Интересно отметить, что наиболее мощный слой двухвалентного марганца на его высоком фоне фиксируется в интервале 4175–4205 м по разрезу скв. 1 Астраханского месторождения, находящегося на расстоянии 3 км от скв. 2 Володарского месторождения (таблица 2). По разрезу скв. 1 содержание органических свободных радикалов ($R\cdot$) очень низкое и колеблется от 0,4 до 2,4 в относительных единицах (рисунок 3а). На основании полученных данных можно предположить, что такое изменение может быть связано с воздействием более сильных активных веществ, таких как сероводород, CO_2 и др., которые в водной среде сильно взаимодействуют с породами коллекторов. Действительно, из этой части разреза при испытании эксплуатационной колонны скважины (4100–4300 м) получен приток пластовой воды ($6,4 \text{ м}^3/\text{сутки}$) с растворенным сероводородом (16%).

Предполагаемые интервалы нефтегазоносности по экстремальным значениям $Mn(II)$ хорошо согласуются с данными ГИС (геофизические методы исследования скважин). Согласно результатам ГИС, нефтенасыщенные пласты выделяются в интервалах глубин от 5600 до 5961 м разреза скв.2. Володарского месторождения. В процессе бурения из этой же части разреза на устье забоя 5961 м при ликвидации осложнения на скважине получен приток нефти. В породе, обр. №2 присутствует нефть, содержание в породе двухвалентного марганца становится сравнимым по величине с общим содержанием марганца, определенного методом РФА (таблица 2).

На рисунке 3 приведены спектры ЭПР типичные кальцитовым (*а*) и кальцит-доломитовым (*б*), (*в*) породам девонских отложений Астраханского и Володарского месторождений. Рисунок 3в (образец №2) свидетельствует о расходе двухвалентного марганца в кристаллической решетке доломита под действием восстановительных факторов. В качестве критериев прогноза нефтегазо-

ности пород – пластов могут быть использованы, также, свободные радикалы (R^{\cdot}) органической природы наряду с ионом марганца (II) [6].

Образование значительного количества сульфата в доломитизированных известняках при меньшем значении содержания кальция, по сравнению чем 4, 14 по-видимому, можно объяснить значительным содержанием серы в образцах 5 и 6 (таблица 2).

Как видно из таблицы 1 в разрезах скв. 6 (месторождения Онгар) и скв.1 (месторождение Имашевское) были идентифицированы метасоматические доломиты с $\alpha < 5$.

Очень интересное изменение спектра ЭПР иона Mn^{2+} наблюдается в разрезе скв. 1 Имашевского месторождения (рисунок 4). На рисунке 4а приведен спектр ЭПР нижнего слоя породы (3801–3804 м) с зернами кальцита размером до 1 мм. Здесь ион Mn^{2+} включен в кристаллическую структуру минерала кальцита.

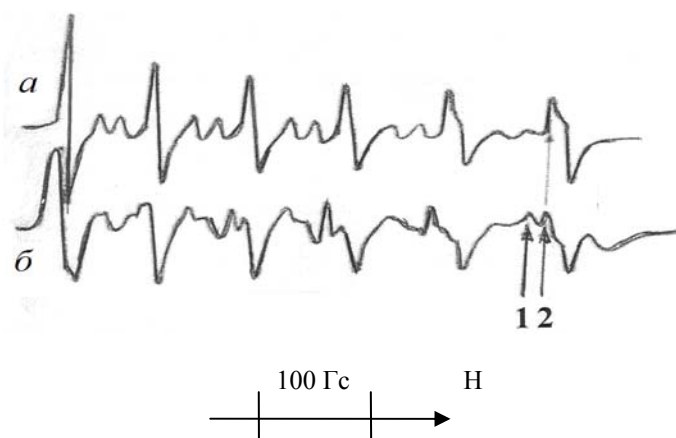


Рисунок 4 – Спектры ЭПР известняковых пород месторождения Имашевское:
а – нижний слой; б – верхняя часть породы (глубина 3801–3804 м)

Figure 4 – EPR spectra of limestone rocks of Imashevskoye oil field:
а – lower layer; б – upper part of the rock (depth 3801–3804 m)

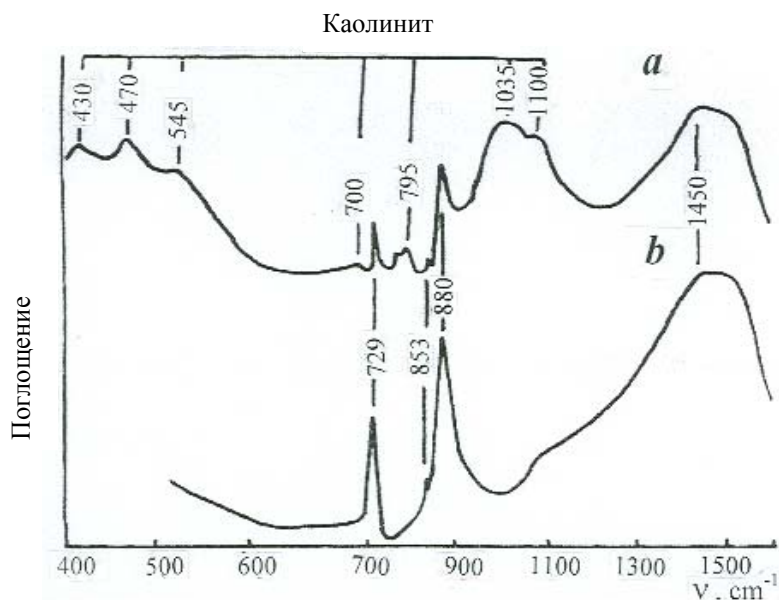


Рисунок 5 – ИК-спектры доломитов: а – Имашевского месторождения скв. 1 (глубина 3801–3804 м);
б – стандартный образец доломита месторождения Бекбулат (содержание доломита 98%)

Figure 5 – IR spectra of dolomites: а – Imashevskoye oil field well #1 (depth 3801–3804 m);
б – standard sample of dolomite Bexbulat oil field (well 1, depth 3825–3832 m, lower layer, dolomite content 98%)

В спектре ЭПР (рисунок 4) верхней части слоя породы (3801–3804 м), состоящей из окатанных обломков песчаной, редко мелкогравийной размерности (до 2 мм) известняков и фаунистических остатков, сцементированных мелко- и тонкозернистым доломито-кальцитовым материалом, линии 1 и 2 принадлежат ионам Mn^{2+} , включенным в кристаллическую решетку доломита и кальцита.

Исследованные методом ЭПР-спектроскопии доломитсодержащие породы Имашевского месторождения (рисунок 4б), были, также, изучены методом ИК-спектроскопии. На рисунке 5а наряду с полосами поглощения каолинита наблюдаются полосы поглощения 729, 853, 880 и 1450 cm^{-1} , характерные для доломита.

Для более точного отнесения полос спектра к минералу доломита, содержащемуся в этой породе на рисунке 5б приведен ИК-спектр доломита месторождения Бекбулат (содержание доломита 98%). При сопоставлении расположения полос этого образца и исследуемой породы Имашевского месторождения были установлены полосы доломита и каолинита.

Процентное содержание доломита в породе можно определить по интенсивности сигнала последнего компонента сверхтонкой структуры (СТС) иона Mn^{2+} .

Концентрация ионов Mn^{2+} определялась по эталону ВИСИ-3.

В таблице 3 приводятся результаты определения содержания доломита методом ЭПР по Mn^{2+} , а также содержание доломита в породах определенное методом рентгенофазового анализа. Как показывают полученные данные, содержание доломита по Mn^{2+} в осадочных породах Прикаспийской впадины коррелируется с данными рентгенофазового анализа.

Таблица 3 – Результаты определения доломита в осадочных породах Прикаспийского региона

Table 3 – Результаты определения доломита в осадочных породах Прикаспийского региона

Месторождение, номер скважины	Интервал отбора, м	Содержание доломита, %	
		по рентгенофазовому анализу	по ЭПР
Имашевский, скв.1	3801-3804	8	8,1
Имашевский, скв.1	3744-3746	2	2,3
Володарский, скв.2	4678-4680	50	51,0
Володарский, скв.2	5820-5822	41	41,0
Володарский, скв.2	5822-5824	41	41,2
Володарский, скв.2	5957-5824	51	51,2
Бекбулат, скв.1	3825-3832 (вверх)	98	98,0
Астраханское, скв.1	4678-4680	44	44,1
Тортай, скв.4	2926-2932	34	34,2
Тортай, скв.4	2863-2871	15	14,5

Выводы.

1. С помощью метода ЭПР спектроскопии доломит был обнаружен в девонских отложениях месторождений Имашевское, скв.1, Астраханское, скв.1, Володарское, скв.2, Тортай, скв.4.

2. По спектру ЭПР Mn^{2+} для исследованных доломитов были определены параметры $\alpha=15 I_1/I_2$ и были обнаружены две группы доломитов. К первой относятся доломиты, которые образуются из известняков в зоне смешивания пресной и морской воды, для которой $\alpha>5$. Ко второй группе относятся метасоматические доломиты с $\alpha<5$.

3. Предлагаемый способ обнаружения карбонатных минералов- доломита методом ЭПР при изучении разреза нефтегазовых скважин позволяет получать оперативную информацию о качественном составе исследуемого объекта. При необходимости, дополнительно проводят анализ образцов методом рентгеновской дифрактометрии или ИК – спектроскопии.

4. Полученные данные показывают, что результаты определения содержания доломита методом ЭПР по Mn^{2+} , а также содержания доломита в породах, определенного методом рентгенофазового анализа, коррелируется между собой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Насиров Р., Слюсарев А.П., Саматов И.Б., Мылтыкбаева Л.А., Бекенова Г.К., Габдуллин Ж. Возможности применения методов ЭПР, ИК-спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии при изучении геологического разреза нефтегазовых скважин // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2008. – № 5. – С. 50-57.
- [2] Бершов Л.В., Гинзбург А.И. Магнитная спектроскопия при геолого-разведочных работах // Геология рудных месторождений. – 1981. – Т. 23, № 1. – С. 11-16.
- [3] Муравьев П.П., Букин И.И. Изучение геологического разреза в процессе бурения скважин методом ЭПР-спектроскопии // Труды ВНИИ нефтепромгеофизики. – Уфа, 1989. – Вып. 19. – С.28-35.
- [4] Bulka G.R., Nizamutdinov N.M., Mukhutdinova N.G. EPR Probes in Sedimentary Rocks: The Features of and Free Radicals Distribution in the Permian Formian Pormation in Tatarstan // Applied Magnetic Resonance. – 1991. – № 2. – P. 107-115.
- [5] Ермолкин В.И., Керимов В.Ю. Геология и геохимия нефти и газа. – М.: Недра, 2016. – 460 с.
- [6] Nasirov R.N., Kudaibayev K., Szamarov S.S., Kuspanova B.K. Paramagnetic criterions of prognosis for oil and gas rocks content. EPR in the 21st century: basics and applications to material, life and earth sciences. – Elsevier science BV, Amsterdam, Netherlands. 2002. – P. 595-600.
- [7] Насиров Р., Султангалиев Г.О. Применение парамагнитных форм марганца и ванадия в осадочных породах для поисков месторождений нефти и газа // Вестник Московского государственного областного университета. – 2009. – № 2. – С.58-60.
- [8] Насиров Р.Н., Слюсарев А.П., Саматов И.В., Куспанова Б., Насиров А.Р. Применение геохимических методов для изучения геологического разреза нефтегазовых скважин // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2017. – № 2. – С. 99-106.

REFERENCES

- [1] Nasirov R., Sliusarev A.P., Samatov I.B., Malytkbaeva L.A., Bekenova G.K., Gabdullin Zh. Capabilities of using methods of EPR, IK-spectroscopy and Roentgen diffractometry in studying a geological section of oil and gas wells // Proceedings of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Geological series. 2008. N 5. P. 50-57.
- [2] Bershov L.V., Ginzburg A.I. Magnetic spectroscopy in geological exploration work // Geology of ore deposits. 1981. Vol. 23, N 1. P. 11-16.
- [3] Muravyov P.P., Bukin I.I. The study of the geological section in the process of drilling wells using EPR spectroscopy // Proceedings of the All-Union Research Institute of Oil and Gas Physics. Ufa, 1989. Series 19. P. 28-35.
- [4] Bulka G.R., Nizamutdinov N.M., Mukhutdinova N.G. EPR Probes in Sedimentary Rocks: The Features of and Free Radicals Distribution in the Permian Formian Pormation in Tatarstan // Applied Magnetic Resonance. 1991. N 2. P. 107-115.
- [5] Ermolkin V.I., Kerimov V.U. Geology and geochemistry of oil and gas. M.: Nedra, 2016. 460 p.
- [6] Nasirov R.N., Kudaibayev K., Szamarov S.S., Kuspanova B.K. Paramagnetic criterions of prognosis for oil and gas rocks content. EPR in the 21st century: basics and applications to material, life and earth sciences. Elsevier science BV, Amsterdam, Netherlands. 2002. P. 595-600.
- [7] Nasirov R., Sultangaliev G.O. Application of paramagnetic forms of manganese and vanadium in the rocks for search of oil and gas deposits // Bulletin of the Moscow State Regional University. 2009. N 2. P.58-60.
- [8] Nasirov R.N., Sliusarev A.P., Samatov I.B., Kuspanova B., Nasirov A.R. Applying of geochemical methods for the study of the geological section of oil and gas wells // News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2017. N 2. P. 99-106.

Р. Н. Насиров¹, А. П. Слюсарев², И. Б. Саматов², Г. К. Баймұқашева¹, А. Р. Насиров¹

¹Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Атырау, Қазақстан,

²ЖШС «Қ.И.Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты», Алматы, Қазақстан

КАСПИЙ МАҢЫ ОЙПАТЫ МҰНАЙ-ГАЗ ҰНҒЫМАЛАРЫНЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАБАТТАРЫНДАҒЫ ДОЛОМИТТІ АНЫҚТАУҒА ЭПР-СПЕКТРОСКОПИЯНЫ ҚОЛДАНУ

Аннотация. Жұмыста ЭПР спектроскопия көмегімен Имашев, бұрғылау скважинасы 1, Астрахань, бұрғылау скважинасы 1, Володар, бұрғылау скважинасы 2 мұнай-кен алаңдарының геологиялық кимасындағы шөгінділердегі доломит минералын анықтау тәжірибелері жүргізілген. ЭПР приборы көмегімен, оның спектріндегі марганецтің екі валентті ионының екі түрінің бір-бірінен спектралды параметрлерімен ажыратылатыны көрсетілді. Бұл байқалған әртүрлі Mn^{2+} спектралды параметрлері доломиттің кристалл торындағы Mg^{2+} және Ca^{2+} иондарымен алмасу арқылы түсіндіріледі. Зерттелген доломиттердің спектрінде α параметрі анықталды. Осының нәтижесінде доломиттердің екі тобы ашылды. Доломиттердің бірінші тобы, ол тұщы су мен теңіз суының араласу аймағында әктасты шөгінді тау жынысынан түзіледі, бұл үшін $\alpha > 5$ болды. Ал, екінші топқа метасоматикалық доломиттер жатады, олар үшін $\alpha < 5$ болды. Тәжірибеден анықталған Володар мұнай-кен алаңында түзілетін доломиттер үшін α -араметрінің мәні 7,5-тен 18-ге дейін өзгереді және бұл шөгінді доломит тобы көрсетілген үлгі бойынша түзілді. Доломиттерді Mn^{2+} ионы нәтижесінде ЭПР- және рентгенофазалық талдау әдістерімен анықтау нәтижесі келтірілген. Алынған нәтиже ЭПР әдісі бойынша анықталған доломит мөлшері рентгенофазалық талдау әдісімен анықталған доломит мөлшеріне сәйкес келеді.

Түйін сөздер: метасоматикалық доломиттер, электрондық парамагниттік резонанс, жалпы марганец, екі валентті марганец, рентгенофазалық талдау.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 149 – 155

S. M. Kan, S. V. Berstenev

LLC "Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafin", Almaty, Kazakhstan

**TO THE TECHNOLOGY EXTRACTION OF LITHIUM
FROM THE FORMATION WATERS OF OIL AND GAS FIELDS
OF SOUTHERN MANGYSHLAK**

Abstract. Based on the study of initial reservoir solutions of a number of fields oil and gas of the Mangyshlak peninsula and analysis of known methods obtaining compounds from hydromineral raw materials had studied possibilities and conditions of processing and extract contained therein useful components. Found solution treatment mode, allowing to remove suspended particles from the brine. Complete precipitation was carried out at temperatures from 18 to 45°C. Processing was carried out with alternating current of industrial frequency at density of 0,5–1,5 a/cm², processing time – from 2 to 15 minutes. The rate of destruction electrode was 0,12–0,25 g/cm²·h in solutions of electrolytes. The solution after settling for 2 hours did not contain suspended particles, where in the lithium content remained at the initial level. Studied deposition conditions of magnesium ions from the clarified solution. Found optimum processing conditions clarified lime solution. For sedimentation, slaked lime (lime milk) with a main substance content of at least 30%, density of 1,20–1,21 g/cm³. In the filtrate completely lacked magnesium and content of lithium was in the range of 13,8–14,1 mg/dm³. The loss of lithium and precipitate amounted to 3,0–5,2%.

Studied conditions for optimizing pH for the subsequent precipitation of lithium by aluminum hydroxide. Based on an analysis obtained results and data information sources concluded that the rational extraction of the free formation brines lithium and magnesium with obtain two main products of LiOH and MgO. Proposed technological scheme for processing associated reservoir brines.

Keywords: oil and gas fields, formation water, brines, lithium, extraction technologies.

УДК 550.4; 553.7; 574.14

С. М. Кан, С. В. Берстenev

ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан

**К ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИТИЯ
ИЗ ПЛАСТОВЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА
ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА**

Аннотация. На основании исследования пластовых растворов ряда месторождений нефти и газа полуострова Мангышлак и анализа известных методов получения соединений из гидроминерального сырья изучены возможности и условия переработки и извлечения содержащихся в них полезных компонентов. Найден режим обработки раствора, позволяющий удалять взвешенные частицы из рассола. Изучены условия осаждения ионов магния из осветленного раствора. Найден оптимальные условия обработки осветленного раствора известью. Изучены условия оптимизации pH для последующего осаждения лития гидроксидом алюминия. На основе анализа полученных результатов и данных информационных источников сделан вывод о рациональном извлечении из попутных пластовых рассолов лития и магния с получением двух основных продуктов LiOH и MgO. Предложена технологическая схема переработки попутных пластовых рассолов.

Ключевые слова: месторождения нефти и газа, пластовые воды, рассолы, литий, технологии извлечения.

Интенсивная добыча многих полезных ископаемых привела к тому, что запасы некоторых редких элементов существенно сократились, а потребность в них резко увеличилась за счет расширения использования в новых отраслях техники и технологии. Все острее становится проблема поисков и вовлечения в промышленную разработку новых видов минерального сырья. Одним из таких видов могут стать пластовые рассолы, попутно добываемые при разработке месторождений нефти и газа, значительное количество которых извлекается совместно с углеводородным сырьем и при наличии в них отдельных компонентов или их соединений являются гидроминеральным сырьем, количество и качество которого позволяют в конкретных гидрогеологических условиях вести рентабельную добычу этих вод и извлечение из них полезной продукции существующими техническими средствами с применением современных технологических процессов [1].

При освоении гидроминерального сырья создается возможность создания инновационных производств для извлечения из пластовых рассолов лития, йода, брома, стронция и иных элементов и их соединений. Кроме того, основным преимуществом использования промышленных вод как сырьевого источника редких элементов является низкая себестоимость продукта, так как пластовые рассолы обладают сравнительно высокой технологичностью, добыча редких элементов не требует дорогостоящих горных разработок [1,2].

Для Республики Казахстан приоритетное направление в будущем – это добыча и получение чистых ценных компонентов и их соединений с дальнейшим развитием полупроводниковой, электронной, приборостроительной и других передовых отраслей науки и техники. В нефти обнаружено более 60 микроэлементов [3-8], а в попутных пластовых водах, представленных в основном рассолами, в промышленных масштабах содержатся хлористый натрий, хлористый кальций, другие соли и редкие элементы, такие как литий, стронций, цезий, рубидий, йод, бром, бор и др. [9-12]. Вопрос извлечения этих редких микроэлементов и их соединений в настоящее время приобрел значительную актуальность.

Из редких металлов к широко используемым относится литий. Идентифицированные сырьевые ресурсы лития в мире оцениваются в 13 млн. т при объеме мирового потребления ~65 тыс. т. При этом 22 % подтвержденных запасов лития сосредоточены в пегматитовых рудах, а 78 % – в различных видах гидроминерального сырья [13]. Открытие и разработка в 90-х годах прошлого века богатейшего месторождения литиевой рапы в Чили произвели коренной переворот на рынке литиевой продукции. Подземные рассолы становятся во всем мире доминирующим сырьем для производства Li_2CO_3 из-за более низких издержек по сравнению с получением карбоната лития из твердой руды.

К низким промышленным концентрациям относится содержание лития в пластовых водах от 10 мг/л и выше. Такие концентрации содержат попутные воды ряда месторождений нефти и газа Прикаспийской впадины и полуострова Мангышлак.

Институтом гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина с 2015 г. проводятся научные исследования по изучению попутных пластовых вод и определению содержания в них ценных элементов по площадям и структурам месторождений нефти и газа в Мангистауской области, принадлежащим АО «Мангистаумунайгаз» (месторождения Асар, Бектурлы, Придорожное, Бурмаша, Южный Жетыбай), АО «Озенмунайгаз» (месторождение Озен), АО Эмбаумунайгаз» (месторождения Западный Елемес, Восточное Сазтобе, Юго-Восточное Сазтобе) и в Актюбинской области, принадлежащим ТОО «Аскер Мунай» (месторождение Акжар Восточный). В ходе исследований определены следующие кондиционные содержания ценных компонентов (таблица).

По данным химико-аналитических исследований были выбраны три перспективные площади: месторождение Асар, скважина №309. Содержание лития – 11,6 мг/л, стронция – 963 мг/л, брома – 417,41 мг/л, калия – 1029 мг/л; месторождение Бектурлы, скважина № 107. Содержание лития – 13,6 мг/л, стронция – 873 мг/л; месторождение Южный Жетыбай, скважина № 400. Содержание лития – 12,0 мг/л, стронция – 778 мг/л, где были отобраны технологические пробы для опытного извлечения редких элементов.

На основании анализа исходных пластовых растворов и известных методов получения соединений из гидроминерального сырья изучались возможности и условия переработки и извлечения содержащихся в них полезных компонентов.

Содержание ценных компонентов в пластовых водах месторождений нефти и газа

The contents of valuable components is in stratal waters of deposits of oil and gas

Площадь, № скв.	Интервал опробования, м		Минерализация, г/л	Li	Rb	Cs	Sr	J	Br	B	K
	от	до									
Асар, скв.119	1661	1663	21	1,6	*	*	53,6	0,70	20,36	9,68	
скв.50	2008	2013	119	8,8	*	*	827	6,0	67,20	17,7	
скв.309	2063,5	2067	154	11,6	*	*	963	3,8	51,20	14,8	
скв.55	2155	2168	129	9,6	*	*	688	4,7	360,21	5,06	524
скв.56	2179	2187									
	1655	1663									
	1683	1686									
	1691	1693	110	8,4	*	*	623	4,2	329,32	5,29	470
скв.223	1698	1702									
	1616	1620	116	8,8	*	*	702	5,10	328,76	5,52	528
	1621	1630									
скв.263	2158	2165	95	7,0	*	*	447	2,70	241,87	4,83	598
скв.408	2171	2179	151	12,4	*	*	776	4,70	417,41	5,06	1029
скв.450	2033	2038									
624	2047	2049	68,6	5,8	*	*	361	1,30	180,35	4,95	496
	2054	2058									
	1771	1775	41,9	3,0	н/о	н/о	154	1,60	102,16	4,37	251
Бектурлы, скв.107	2415	2427	152	13,6	*	*	873	3,2	72,4	14,8	761
Бурмаша, скв.121	1840	1848	408	2,6	н/о	н/о	168	1,0	28,0	6,98	9,2
Южный Жетыбай, скв.117	1927	1933	100	9,2	н/о	н/о	515	2,4	69,2	23,4	611
	1935	1942									
	1960	1972									
	1928	1930	32,2	2,6	*	*	83,4	1,0	47,2	17,7	5,2
скв.208	1934,5	1943,5									
	1963	1965									
	1966	1976									
	995,5	2000									
скв.400	2187,55	2386,93	125	12,0	*	*	778	3,22	67,2	23,4	775
Озен, скв.7074	1263	1288	33,7	*	*	*	85,7	0,60	70,86	2,68	
скв.4557	1314	1340	25,3	*	*	*	53,5	0,35	45,54	2,68	
Западный Елемес скв.79 скв.83 скв.95 скв.98 скв.110 скв.111	2648	2668	219	5,3	*	*	481	8,93	4,78	13,2	1130
	2276	2282									
	2684	2690									
	2682	2685									
	2689	2688									
	2679	2689									
(Интервал опробования во всех скважинах приурочен к юрскому горизонт)											
Юго-Восточное Сазтобе, скв.44	3340	3354	225	5,9	*	*	485	7,88	5,44	11,8	1170
скв.45	3408	3425									
скв.46	3384	3394									
(Интервал опробования во всех скважинах приурочен к триасовому горизонт)											
Восточный Сазтобе, скв.1А	3068	3080	211	5,0	*	*	228	5,25	5,79	5,4	809
Акжар Восточный скв.205	5200	5280	25,3	*	*	*	53,5	0,35	45,5	2,68	120
Скв.200	5200	5300	33,7	*	*	*	85,7	0,60	70,8	2,68	171

Основные характеристики пластовой воды, выбранной как перспективной, для извлечения соединений Li и Mg – это pH – 5,94; минерализация – 152–186 мг/дм³; содержание катионов (мг/дм³): натрия – 44 000,0; калия – 761,0; кальция – 11 322,6; магния – 2188,8; аммония – 106,0; железа – 37,5; лития – 14,6; содержание анионов (мг/дм³): гидрокарбонаты – 213,6; хлориды – 93 517,8; сульфаты – 9,9; фториды – 1,29. Кроме того в воде содержатся взвешенные частицы с примесями нефти.

Базовыми принципами для переработки имеющегося сырья приняты: технологичные и простые способы извлечения основных перспективных компонентов (лития и магния) из пластовой воды с последующей переработкой до товарной продукции. Для лития – LiOH для магния – MgO.

Первичной задачей при подготовке сырья для переработки являлось интенсивное удаление взвешенных частиц, содержащих нефть. Задача решалась с помощью электрохимической коагуляции с растворимым электродом из алюминиевого лома. Найден режим обработки раствора, позволяющий удалить взвешенные частицы из рассола. Полное осаждение осуществлялось при температурах от 18 до 45°C. Обработка проводилась переменным током промышленной частоты при плотности 0,5–1,5 а/см², время обработки – от 2 до 15 минут. Скорость разрушения электрода составила 0,12–0,25 г/см²·ч в растворах электролитов. Раствор после отстаивания в течение 2 часов не содержал взвешенных частиц, при этом содержание лития оставалось на уровне исходного.

На следующем этапе изучались условия осаждения ионов магния из осветленного раствора. Найдены оптимальные условия обработки осветленного раствора известью. Для осаждения использовалась гашеная известь (известковое молоко) с содержанием основного вещества не менее 300 г/дм³, плотностью 1,20–1,21 г/см³. Решающим условием максимального использования извести было интенсивное перемешивание с одновременным дозированием извести и контролем pH. Полного осаждения ионов магния достигали при избытке извести 5–10% от стехиометрии и достижении pH 10,8–11,3. Осадок удаляли фильтрованием. В фильтрате полностью отсутствовал магний, а содержание лития находилось в пределах 13,8–14,1 мг/дм³. Потери лития с осадком составили 3,0–5,2%.

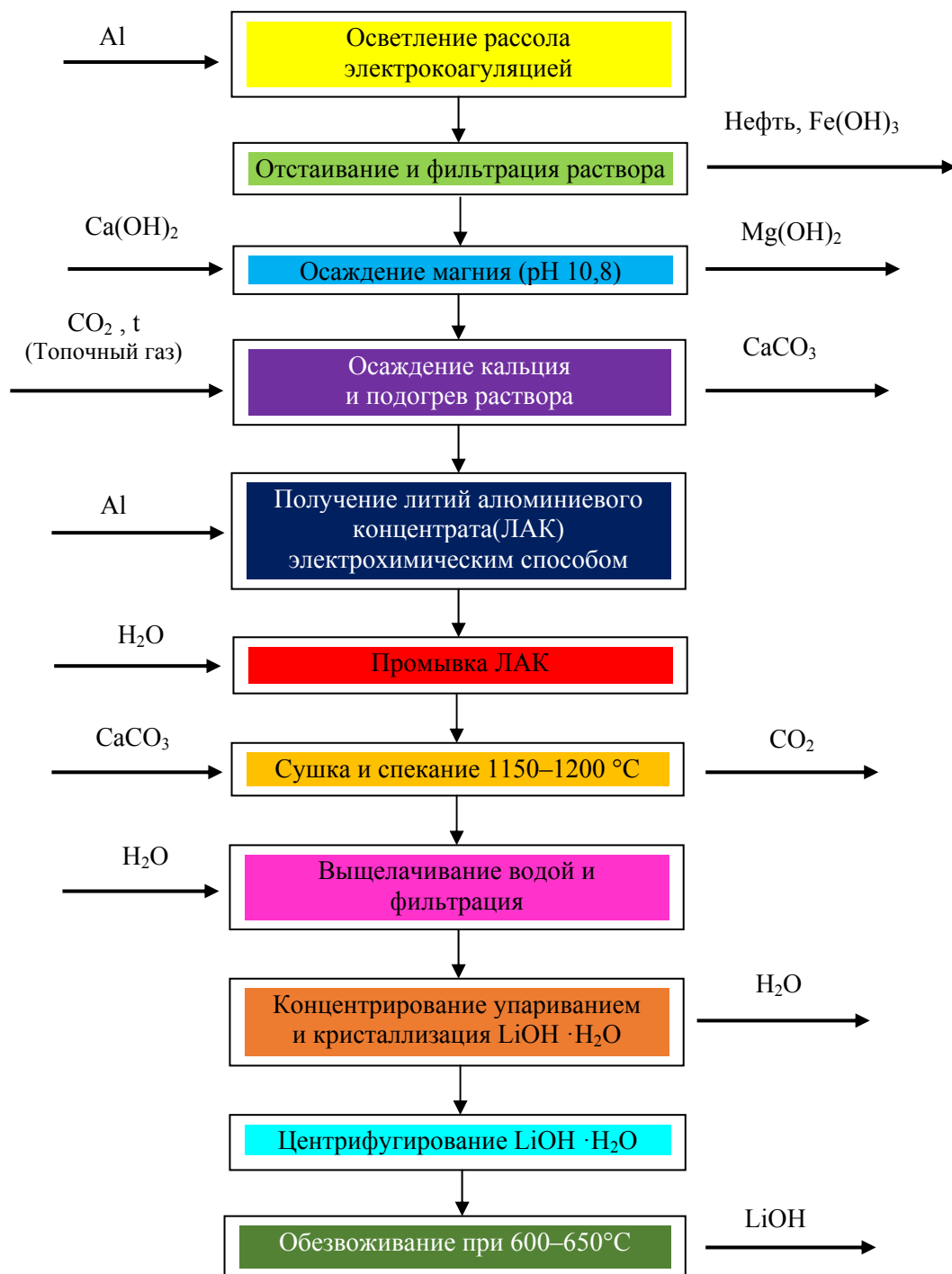
Изучены условия оптимизации pH для последующего осаждения лития гидроксидом алюминия. Оптимальное значение pH принято 8,3–8,8. Задача решалась насыщением рассола очищенного от магния углекислым газом с постоянным контролем pH раствора. В результате насыщения получен раствор с необходимой pH и частично удален кальций в виде осадка CaCO₃.

Отфильтрованный от карбоната кальция раствор подвергали электрохимической обработке переменным током промышленной частоты в электролизере с двумя электродами из алюминия и электродами из разных материалов (алюминия и другого материала). В качестве второго материала испытывались медь и углерод. В процессе обработки генерировался гидроксид алюминия. Обработку проводили при одновременном перемешивании раствора. Время обработки контролировали по убыли массы алюминиевых электродов до получения расчетной заданной величины. За расчетную величину принято атомное отношение Al в гидроксиде алюминия к содержанию лития в растворе равное 10. Плотность тока составляла 0,5 А/см², температура 42–45°C, затраты электроэнергии в случае с двумя алюминиевыми электродами – 0,0016 кВт ч/дм³. Использование второго электрода из углерода и меди позволило снизить расход электроэнергии в 1,49 и 1,42 раза, соответственно. Расход электроэнергии составил 0,00107 кВт ч/дм³ для пары углерод-алюминий и 0,00112 кВт ч/дм³ для пары медь-алюминий. Снижение расхода электроэнергии связано с наложением собственной разности потенциалов на процесс электролиза.

Полученный осадок литий алюминиевого концентрата отфильтровывали и анализировали на содержание лития. В фильтрате содержание лития находилось в пределах 2,65–3,25 мг/дм³. Извлечение лития в осадок составило 76,4–81,2%.

На основе полученных результатов и данных информационных источников рационально извлекать из попутных пластовых рассолов литий и магний с получением двух основных продуктов LiOH и MgO. Для этого предлагается следующая технологическая схема переработки попутных пластовых рассолов (рисунок).

В последние годы рядом исследователей были проведены работы по адаптации наиболее прогрессивных технологий, применяемых при переработке гидроминерального сырья, к пластовым водам нефтяных месторождений [14–20].



Принципиальная технологическая схема переработки попутных пластовых рассолов с получением гидроксида лития и оксида магния

Principal technological scheme of processing passing formation brines to produce lithium hydroxide and magnesium oxide

Разработанные технологические схемы характеризуют простота и надежность стадий, доступность сырья, экономичность, применение стандартного оборудования, получение товарных продуктов высокого качества. Кроме того, основополагающим принципом разработки комплексной схемы являлась автономность каждой стадии и возможность ее отдельной промышленной реализации. В промышленно развитых странах проводятся интенсивные исследовательские работы

по расширению перечня компонентов, извлекаемых из пластовых вод нефтяных месторождений. Особое внимание уделяется рентабельной технологии получения дефицитных и стратегически важных элементов, и, в первую очередь, лития.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бондаренко С.С., Лубенский Л.А., Куликов Г.В. Геолого-экономическая оценка месторождений подземных промышленных вод. – М.: Недра, 1988. – 203 с.
- [2] Абсаметов М.К., Муртазин Е.Ж., Завалей В.А. Перспективы использования гидроминерального сырья при разведке и добыче нефти // Геология и охрана недр. – Алматы: КазГЕО, 2010. – № 1. – С. 92-97.
- [3] Алешин Г.Н., Самедов Ф.И., Мир-Бабаев М.Ф., Камьянов В.Ф. Микроэлементный состав высокомолекулярных компонентов нефтей и нефтяных остатков Азербайджана // Нефтехимия. – 1990. – № 2. – С. 175-183.
- [4] Батуева И.Ю., Гайле А.А., Поконова Ю.В. и др. Химия нефти. – Л.: Химия, 1984. – 360 с.
- [5] Бухбиндер Г.Л., Шабанова Л.Н., Гильберт Э.Н. Определение микроэлементов в нефти атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой // Журн. аналит. химии. – 1988. – № 7. – С. 1323-1328.
- [6] Дияров И.Н., Батуева И.Ю., Садыков А.Н., Солодова Н.Л. Химия нефти. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
- [7] Колодяжный А.В., Ковальчук Т.Н., Коровин Ю.В., Антонович В.П. Определение микроэлементного состава нефтей и нефтепродуктов. Состояние и проблемы // Методы и объекты химического анализа. – 2006. – Т. 1, № 2. – С. 90-104.
- [8] Надиров Н.К., Котова А.В., Камьянов В.Ф. Металлы в нефтях. – Алма-ата: Наука, 1984. – 448 с.
- [9] Извлечение микрокомпонентов из попутно добываемых вод нефтяных месторождений (на примере южной части Тимано-Печорской нефтегазосной провинции) / В.И. Литвиненко, Т.Д. Ланина, А.И. Овчинников и др. // Нефтяное хозяйство. – 1991. – № 3. – С. 15-17.
- [10] Литвиненко В.И. Комплексное использование попутно добываемых и пластовых вод Тимано-Печорской нефтегазосной провинции как гидроминерального сырья // Нефтяное хозяйство. – 1990. – № 11. – С. 72-74.
- [11] Капченко Л.Н. Процессы и закономерности накопления микроэлементов в подземных рассолах палеозоя Тимано-Печорской провинции // Всесоюз. совещание «Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазосной провинции в качестве гидроминерального сырья». – Ухта, 1990. – С. 3-5.
- [12] Зелинская Е.В., Воронина Е.Ю. Теоретические аспекты использования гидроминерального сырья. – М.: Академия Естествознания, 2009. – 118 с. (<http://www.rae.ru/monographs/56>)
- [13] Pacific Lithium Ltd, 2000, QLL accessed 4 April 2000 at URL:<http://www>
- [14] Коцупало Н.П., Менжерес Л.Т., Мамылова Е.В., Рябцев А.Д. Способы получения сорбента $\text{LiCl}\cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3\cdot \text{mH}_2\text{O}$ для извлечения лития из рассолов // Химия в интересах устойчивого развития. – 1999. – Вып. 7. – С. 249-257.
- [15] Пат. 2223142 РФ. МПК7 В01J 20/02, С01D 15/00. Способ получения сорбента для извлечения лития из рассолов / Л.Т. Менжерес, А.Д. Рябцев, Е.В. Мамылова, Н.П. Коцупало. Заявлен 22.11.2001. Оpubл. 10.02.2004. Бюл. № 4.
- [16] Способы получения сорбента $\text{LiCl}\cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3\cdot \text{mH}_2\text{O}$ для извлечения лития из рассолов // Химия в интересах устойчивого развития. – 1999. – Вып. 7. – С. 249-257.
- [17] Менжерес Л.Т., Коцупало Н.П. Гранулированные сорбенты на основе $\text{LiCl}\cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3\cdot \text{mH}_2\text{O}$ // Журнал прикладной химии. – 1999. – Т. 72. – Вып. 10. – С. 1623-1627
- [18] Рябцев А.Д., Менжерес Л.Т., Коцупало Н.П., Серикова Л.А. Получение гранулированного сорбента на основе $\text{LiCl}\cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3\cdot \text{mH}_2\text{O}$ безотходным способом // Химия в интересах устойчивого развития. – 1999. – Вып. 7. – С. 343-349.
- [19] Пат. 2050184 РФ. МПК6 В01J 20/00, 20/30. Способ получения гранулированного сорбента / Л.Т. Менжерес, Н.П. Коцупало, Л.Б. Орлова. Заявлен 11.02.1993. Оpubл. 20.12.95. Бюл. № 35
- [20] Пат. 2050330 РФ. МПК6 С02F 1/28, В01J 20/06. Способ селективного извлечения лития из рассолов и установка для его осуществления / А.Д. Рябцев, Л.Т. Менжерес, Н.П. Коцупало, Е.П. Гущина, Л.Г. Стариковский. Заявлен 16.02.1993. Оpubл. 20.12.95. Бюл. № 35

REFERENCES

- [1] Bondarenko S.S., Lubensky L.A., Kulikov G.V. Geological and economic assessment of underground industrial water deposits. M.: Nedra, 1988. 203 p.
- [2] Absametov M.K., Murtazin E.Zh., Zavaley V.A. Prospects using of hydro-mineral raw materials for exploration and production of oil // Geology and protection of mineral resources. Almaty: KazGeo, 2010. N 1. P. 92-97.
- [3] Aleshin G.N., Samedov F.I., Mir-Babaev M.F., Kamyanov V.F. Microelement composition of high-molecular components of oils and oil residues of Azerbaijan // Petrochemistry. 1990. N 2. P. 175-183.
- [4] Batueva I.Yu., Gayle A.A., Pokonova Yu.V. and others. Oil Chemistry. L.: Chemistry, 1984. 360 p.
- [5] Buchbinder G.L., Shabanova L.N., Gilbert E.N. Determination of trace elements in oil by atomic-emission method with inductively coupled plasma // Journal of Analytical Chemistry. 1988. N 7. P. 1323-1328.
- [6] Diyarov I.N., Batueva I.Yu., Sadykov A.N., Solodova N.L. Chemistry of oil. L.: Chemistry, 1990. 240 p.
- [7] Kolodyazhny A.V., Kovalchuk T.N., Korovin Yu.V., Antonovich V.P. Determination trace element composition of oils and petroleum products. State and problems // Methods and objects of chemical analysis. 2006. Vol. 1, N 2. P. 90-104.
- [8] Nadirov N.K., Kotova A.V., Kamyanov V.F. Metals in oil. Almaty: Science, 1984. 448 p.
- [9] Extraction of microcomponents from oil fields at the same time extracted (by the example of the southern part of the Timan-Pechora oil and gas province) // Litvinenko V.I., Lanina T.D., Ovchinnikov A.I. and others // Oil industry. 1991. N 3. P. 15-17.

- [10] Litvinenko V.I. Comprehensive use of the produced and reservoir waters of the Timan-Pechora oil and gas province as a hydromineral raw material in passing // Oil Economy. 1990. N 11. P. 72-74.
- [11] Kapchenko L.N. Processes and patterns accumulation of trace elements in the underground brines of the Paleozoic Timan-Pechora province // All-Union. Meeting "Comprehensive use of reservoir and reservoir waters of oil and gas fields of the Timan-Pechora oil and gas province as a hydromineral raw material". Ukhta, 1990. P. 3-5.
- [12] Zelinskaya E.V., Voronina E.Yu. Theoretical aspects using of hydro-mineral raw materials. M.: Academy of Natural History, 2009. 118 p. (<http://www.Rae.ru/monographs/56>).
- [13] Pacific Lithium Ltd, 2000, QLL accessed 4 April 2000 at URL:<http://www>
- [14] Kotsupalo N.P., Mengeres L.T., Mamylova E.V., and Ryabtsev A.D. Methods of obtaining the sorbent $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{mH}_2\text{O}$ for the extraction of lithium from brines // Chemistry for sustainable development. 1999. Issue. 7. P. 249-257.
- [15] Pat. 2223142 RF. IPC7 B01J 20/02, C01D 15/00. Method for obtaining a sorbent for extracting lithium from brines / Mengeres L.T., Ryabtsev A.D., Mamylova E.V., Kotsupalo N.P. Declared November 22, 2001. Published on 10.02.2004. Bul. № 4.
- [16] Methods of obtaining the sorbent $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{mH}_2\text{O}$ for extraction of lithium from brines // Chemistry for sustainable development. 1999. Issue 7. P. 249-257.
- [17] Mengeres L.T., Kotsupalo N.P. Granular sorbents based on $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{mH}_2\text{O}$ // Journal of applied chemistry. 1999. Vol. 72. Issue 10. P. 1623-1627.
- [18] Ryabtsev A.D., Mengeres L.T., Kotsupalo N.P., Serikova L.A. Preparation of a granular sorbent based on $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{mH}_2\text{O}$ by a non-waste method // Chemistry for Sustainable Development. 1999. Issue 7. P. 343-349.
- [19] Pat. 2050184 RF. IPC6 B01J 20/00, 20/30. Method for obtaining a granular sorbent // Mengeres L.T., Kotsupalo N.P., Orlova L.B. Declared on 11.02.1993. Published on December 20, 1995. Bul. № 35.
- [20] Pat. 2050330 RF. IPC6 C02F 1/28, B01J 20/06. A method for selectively extracting lithium from brines and an installation for its implementation. Ryabtsev A.D., Mengeres L.T., Kotsupalo N.P., Gushchina E.P., Starikovskiy L.G. Declared on 16.02.1993. Published 20.12.95. Bul. № 35.

С. М. Кан, С. В. Берстенов

«У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан

ОҢТҮСТІК МАҢҒЫШЛАҚТЫҢ МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ КЕНОРНЫНЫҢ ҚАБАТТЫҚ СУЛАРДАН ЛИТИЙДІ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аннотация. Зерттеу негізінде Маңғышлақ түбегінің мұнай және газ кенорнының бастапқы қабаттық ерітінді қатары және оларды құрайтын пайдалы құрамдастарды алу және қайта өңдеу жағдайы және мүмкіндіктері зерттелген, гидроминералды шикізаттардан қосылыстарды алудың белгілі әдістері талданды. Тұзды судан өлшенген бөлшектерды жоюға мүмкіндік беретін, ерітіндіні өңдеу режимі анықталды. Тұнған ерітіндіден магний иондарының тұну жағдайы зерттелген. Өктаспен тұнған ерітіндіні өңдеудің тиімді жағдайы анықталды. Литиймен алюминий гидросидін тұндыру үшін рН оңтайландыру жағдайы зерттелген. Ақпараттық мәлімет көздері мен алынған нәтижелерді талдау негізінде LiOH және MgO екі негізгі өнімді алумен қатар литий және магнийді ілеспе қабатты тұзды сулардан оңтайлы алу бойынша қорытынды жаслаған. Ілеспе қабатты тұзды суларды қайта өңдеуіне технологиялық сызба ұсынылған.

Түйін сөздер: мұнай және газ кенорны, қабаттық сулар, тұзды сулар, литий, алу технологиясы.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 156 – 170

Zh. S. Mustafayev, A. T. Kozykeeva, N. A. Tursynbaev

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan,
Taraz State University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan.
E-mail: z-mustafa@rambler.ru, aliya.kt@yandex.ru, nurANT_78@mail.ru

**METHODOLOGICAL BASIS OF ESTIMATION
OF THE LIMITING LAND OF THE LAND OF RESULTS
FROM THE ENVIRONMENTAL SERVICES
OF WATER RESOURCES OF TRANSBOUNDARY RIVER BASINS**

Abstract. Based on the principles of reasonable, equitable and equitable use of water resources, in accordance with Agenda 21, adopted at the United Nations in Rio de Janeiro in 1992, methodological support has been developed to determine the maximum permissible possible area of irrigated land, where as Theoretical basis, the interrelation between the biological water needs of the plant and soil cover of the agricultural lands of the hydro-agrolandscape and its resistance to anthropogenic influences pits, which are implemented as forecast calculations catchment basins of transboundary Talas allow substantiation of environmental services of water resources in the framework of the «export-import».

Key words: assessment, catchment, transboundary river, system, geomorphologic schematization, area, irrigation, volume of runoff, water consumption, hydroagriculture, ecology, service, land improvement, nature.

УДК 551.58: 631.551.4

Ж. С. Мустафаев, А. Т. Козыкеева, Н. А. Турсынбаев

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан,
Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, Тараз, Казахстан

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ПРЕДЕЛЬНО-
ВОЗМОЖНОЙ ПЛОЩАДИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ
ФОРМИРУЮЩЕЙСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛУГ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ**

Аннотация. На основе принципов разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии программы «Повестка дня на XXI век», принятой в рамках ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 году разработано методологическое обеспечение для определения предельно-допустимой возможной площади орошаемых земель, где в качестве теоретического базиса принята взаимосвязь между биологическими водопотребностями растительного и почвенного покровов сельскохозяйственных угодий гидроагроландшафта и его устойчивостью к антропогенным воздействиям, которые реализованы в виде прогнозных расчетов водосбора бассейна трансграничной реки Талас позволяющих обоснование экологических услуг водных ресурсов в рамках «экспорта-импорта».

Ключевые слова: оценка, водосбор, трансграничная река, система, геоморфологическая схематизация, площадь, орошение, объем стока, расход воды, гидроагроландшафт, экология, услуга, мелиорация, природа.

Введение. Одним из направлений комплексного обустройства водосбора речных бассейнов с использованием экологических услуг их водных ресурсов является мелиорация сельскохозяйственных земель, которая представляет собой изменение природных ландшафтов в интересах улучшения условий введения агропромышленного комплекса для повышения продовольственной безопасности региона. Мелиоративные мероприятия обеспечивают сохранение и повышение плодородия земель, создают необходимые условия для вовлечения в хозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земель, а также способствуют формированию рациональной структуры земельных угодий.

Антропогенное освоение территории водосбора трансграничных речных бассейнов должно осуществляться с учетом способности природных ландшафтов выполнять задаваемые им социально-экономические функции без нарушения механизмов саморегуляции, обеспечивающих устойчивость ландшафтов к антропогенным нагрузкам в рамках использования экологических услуг природной системы, то есть энергетических и водных ресурсов [1-5].

Цель исследования – на основе принципов разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии программы «Повестка дня на XXI век» разработать методологическое обеспечение для определения предельно-возможной площади орошаемых земель, где в качестве теоретического базиса использована взаимосвязь между биологическими водопотребностями растительного и почвенного покровов сельскохозяйственных угодий гидроагроландшафта и его устойчивостью к антропогенным воздействиям.

Материалы и методика исследования. При проектировании природно-техногенных систем или конструирования гидроагроландшафтных систем на территориях водосбора трансграничных бассейнов необходимо определить основной принцип использования водных ресурсов, то есть уровень зарегулированности стока реки и нормы удельной водопотребности растительного покрова и почвы сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода. При этом необходимо отдельно рассматривать зоны незарегулированного и зарегулированного стока реки, так как от них тоже зависит уровень рационального использования речных стоков с учетом внутригодового природного ритма их формирования:

- в зоне незарегулированного, с одной стороны, в качестве индикаторов позволяющих определить предельно-допустимой (F_{ndo}) и оптимальной (F_{oo}) площадей орошаемых земель выступает расход располагаемого стока реки (Q_{rai} , м³/с), то есть разница естественного расхода (Q_{oi} , м³/с) и экологического ($Q_{эi}$, м³/с) стока реки, а с другой стороны, нормы удельных водопотребностей растительного (q_{pi} , м³/с или л/с на 1 га) и почвенного (q_{ni} , м³/с или л/с на 1 га) покровов, формирующихся в результате гидроагроландшафтных систем на территориях водосбора трансграничных бассейнов;

- в зоне зарегулированности стока, с одной стороны, в качестве индикаторов позволяющих определить предельно-допустимой (F_{ndo}) и оптимальной (F_{oo}) площадей орошаемых земель выступает объем располагаемого стока реки (W_{rai} , м³), то есть разница естественного (W_{oi} , м³) и экологического ($W_{эi}$, м³) объемов речного бассейна, а другой стороны, нормы водопотребностей растительного (O_{pi} , м³/с или л/с на 1 га) и почвенного (O_{ni} , м³/с или л/с на 1 га) покровов сельскохозяйственных угодий, формирующихся в результате гидроагроландшафтных систем на территориях водосбора трансграничных бассейнов.

При этом в качестве теоретического базиса для определения предельно-допустимой возможной площади орошаемых земель принята взаимосвязь между биологическими водопотребностями растительного и почвенного покровов сельскохозяйственных угодий гидроагроландшафта и его устойчивостью к антропогенным воздействиям. На основе выше указанных качественных индикаторов можно определить максимально-возможную и оптимальную площадь гидроагроландшафтных систем в разрезе гидроморфологической схематизации водосбора бассейна трансграничных рек.

В зоне незарегулированного стока речных бассейнов предельно-допустимую площадь орошаемых земель (F_{ndo}) определяют по следующей формуле:

$$F_{ndo} = \frac{(Q_{oi}^{\max} - Q_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{q_{pi}^{\max}} \cdot \eta_{кнд},$$

а оптимальную площадь орошаемых земель (F_{oo}) определяют по следующей зависимости:

$$F_{oo} = \frac{(Q_{oi}^{\max} - Q_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{q_{ni}^{\max}} \cdot \eta_{кнд}$$

где F_{ndo} – предельно-допустимая площадь орошаемых земель, га; F_{oo} – оптимальная площадь орошаемых земель, га; q_{oi} – естественный расход реки, м³/с; $q_{эi}$ – экологический расход реки, м³/га; q_{pi} – норма удельной водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий, м³/с или л/с; q_{ni} – норма удельной водопотребности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий, м³/с или л/с; $\eta_{кнд}$ – коэффициент полезного действия водохозяйственной системы; K_{ac} – коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий, которая определяется по следующему выражению:

$$K_{ac} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{aci}}{n},$$

где n – количество месяцев в вегетационном (рассматриваемом) периоде; K_{aci} – коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственной угодий i -ого месяца вегетационного (рассматриваемого) периода, которые определяются по следующим зависимостям:

$$K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (q_{pi} / q_{pi}^{\max})];$$

$$K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (q_{ni} / q_{ni}^{\max})],$$

здесь Q_{rai}^{\max} – максимальное значение естественного расхода реки в вегетационном (рассматриваемом) периоде, м³/с; q_{pi}^{\max} – максимальная норма удельной водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м³/с; q_{ni}^{\max} – максимальная норма удельной водопотребности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м³/с.

В зоне зарегулированного стока речных бассейнов предельно-допустимую площадь орошаемых земель (F_{ndo}) определяют по следующей формуле:

$$F_{ndo} = \frac{(W_{oi}^{\max} - W_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{O_{pi}^{\max}} \cdot \eta_{кнд},$$

а, оптимальную площадь орошаемых земель (F_{oo}) определяют по следующей зависимости:

$$F_{oo} = \frac{(Q_{oi}^{\max} - Q_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{O_{ni}^{\max}} \cdot \eta_{кнд}$$

где F_{ndo} – предельно-допустимая площадь орошаемых земель, га; F_{oo} – оптимальная площадь орошаемых земель, га; Q_{oi} – естественный расход реки, м³/с; $Q_{эi}$ – экологический расход реки, м³/га; O_{pi}^{\max} – норма водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий, м³; O_{ni}^{\max} – норма водопотребности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий, м³/с или л/с.

При этом коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий i -ого месяца вегетационного (рассматриваемого) периода определяется по следующим зависимостям:

$$K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (O_{pi} / O_{pi}^{\max})];$$

$$K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (O_{ni} / O_{ni}^{\max})],$$

где Q_{rai}^{\max} – максимальное значение естественного расхода реки в вегетационном (рассматриваемом) периоде, м³/с; O_{pi}^{\max} – максимальная норма водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м³/с; O_{ni}^{\max} – максимальная норма водопотребности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м³/с.

Результаты исследования. Разработанный методический подход использован для решения следующих задач оценки предельно допустимой ($F_{ноо}$) и оптимальной ($F_{оо}$) площадей орошаемых земель с использованием располагаемых экологических услуг водных ресурсов в пределах геоморфологической схематизации водосбора бассейна трансграничных рек и возможности увеличения площади орошаемых земель (ΔF_o) за счет импорта экологических услуг водных ресурсов в пределах водосбора бассейна реки Талас.

Таким образом, для определения биологической нормы водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий ($O_{pi} = \Delta E_i, q_{pi}$) использованы рекомендация Казахского научно-исследовательского института [6], сформированная на основе биоклиматического метода нормирования водопотребности сельскохозяйственных культур Н. В. Данильченко [7] и методика определения экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_{ni}, q_{ni}) Ж. С. Мустафаева и А. Д. Рябцева [8], базирующийся на формировании оптимального почвообразовательного процесса в гидроагроландшафтных системах (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Биологическая норма водопотребности сельскохозяйственных культур в разрезе геоморфологической схематизации водосбора бассейна трансграничной реки Талас

Table 1 – The biological norm of water necessities of agricultural cultures in the cut of geomorphological posterization of watercollection transfrontal river Talas basin

Культуры	Показатели	Месяцы						Сумма
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)								
Яровые зерновые ($\alpha = 0,15$)	ΔE , %			75	25			100
	ΔE , м ³ /га			1125	375			1500
	$\alpha \cdot \Delta E$			168.8	56.3			–
	Δe , м ³ /га			37.5	12.1			–
	$\alpha \cdot \Delta e$			5.63	1.31			–
Кукуруза на силос ($\alpha = 0,15$)	ΔE , %			22	39	39		100
	ΔE , м ³ /га			583	1033	1034		2650
	$\alpha \cdot \Delta E$			87.5	155.0	155.1		
	Δe , м ³ /га			13.4	33.3	33.3		–
	$\alpha \cdot \Delta e$			2.31	4.40	4.40		–
Картофель ($\alpha = 0,25$)	ΔE , %		3	23	43	26	5	100
	ΔE , м ³ /га		96	736	1376	832	160	3200
	$\alpha \cdot \Delta E$		24.0	184.0	344.0	208.0	40.0	–
	Δe , м ³ /га		3.1	24.5	44.4	25.8	5.33	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		0.77	6.13	11.1	6.70	1.33	–

Продолжение таблицы 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Овоши ($\alpha = 0,15$)	ΔE , %		6	30	37	18	9	100
	ΔE , м ³ /га		234	1170	1443	702	351	3900
	$\alpha \cdot \Delta E$		35.1	175.5	216.5	105.3	52.7	–
	Δe , м ³ /га		7.54	39.0	45.5	22.6	11.7	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		1.13	5.85	5.98	3.39	1.76	–
Многолетние травы ($\alpha = 0,30$)	ΔE , %			23	33	26	18	100
	ΔE , м ³ /га			1029	1535	1209	877	4650
	$\alpha \cdot \Delta E$			308.7	460.5	362.7	263.1	–
	Δe , м ³ /га			34.3	49.5	39.0	23.2	–
	$\alpha \cdot \Delta e$			10.3	14.9	11.7	8.77	–
$\sum \alpha \cdot \Delta e$, м ³ /га сутки			1.90	30.22	37.69	26.3	11.86	–
$\sum \alpha \cdot \Delta e / 86,4$, л/с га			0.02	0.35	0.44	0.30	0.14	–
$Op_i = \sum \alpha \cdot \Delta E_i$, м ³ /га			59.1	793.2	1232	831.1	355.8	3271.2
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)								
Озимая пшеница ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		31	53	16			100
	ΔE , м ³ /га		605	1033	312			1950
	$\alpha \cdot \Delta E$		60.5	103.3	31.2			–
	Δe , м ³ /га		19.5	34.45	10.0			–
	$\alpha \cdot \Delta e$		1.95	3.45	1.00			–
Яровые зерновые ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %			75	25			100
	ΔE , м ³ /га			1800	600			2400
	$\alpha \cdot \Delta E$			180.0	60.0			–
	Δe , м ³ /га			60.0	13.4			–
	$\alpha \cdot \Delta e$			6.00	1.34			–
Кукуруза на силос ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %			22	39	39		100
	ΔE , м ³ /га			693	1229	1228		3150
	$\alpha \cdot \Delta E$			69.3	122.9	122.8		–
	Δe , м ³ /га			23.1	39.6	39.6		–
	$\alpha \cdot \Delta e$			2.31	3.96	3.96		–
Кукуруза на зерно ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %			20	37	38	5	100
	ΔE , м ³ /га			800	1480	1520	200	4000
	$\alpha \cdot \Delta E$			80.0	148.0	152.0	20.0	–
	Δe , м ³ /га			25.7	47.7	43.0	6.57	–
	$\alpha \cdot \Delta e$			2.57	4.77	4.30	0.66	–
Картофель ($\alpha = 0,15$)	ΔE , %		3	23	43	26	5	100
	ΔE , м ³ /га		117	897	1677	1014	195	3900
	$\alpha \cdot \Delta E$		17.6	134.6	251.6	190.0	29.3	–
	Δe , м ³ /га		3.77	29.9	54.1	32.7	6.5	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		0.57	4.49	8.11	4.31	0.98	–

Продолжение таблицы 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Овоши ($\alpha = 0,15$)	ΔE , %		6	30	37	18	9	100
	ΔE , м ³ /га		288	1440	1776	864	432	4800
	$\alpha \cdot \Delta E$		43.2	216.0	266.4	129.6	64.8	–
	Δe , м ³ /га		9.29	48.0	57.3	27.8	14.4	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		1.39	7.20	8.59	4.18	2.16	–
Подсолнечник ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %			20	37	38	5	100
	ΔE , м ³ /га			800	1480	1520	200	4000
	$\alpha \cdot \Delta E$			80.0	148.0	152.0	20.0	–
	Δe , м ³ /га			25.7	47.7	43.0	6.57	–
	$\alpha \cdot \Delta e$			2.57	4.77	4.30	0.66	–
Многолетние травы ($\alpha = 0,20$)	ΔE , %			23	33	26	18	100
	ΔE , м ³ /га			1357	1947	1534	1062	5900
	$\alpha \cdot \Delta E$			271.4	389.4	306.8	212.4	–
	Δe , м ³ /га			45.2	62.8	43.5	35.4	–
	$\alpha \cdot \Delta e$			9.04	12.6	9.40	7.08	–
$\sum \alpha \cdot \Delta e$, м ³ /га сутки			3.91	37.63	45.14	30.45	11.54	–
$\sum \alpha \cdot \Delta e / 86,4$, л/с га			0.05	0.44	0.52	0.35	0.13	–
$O_{pi} = \sum \alpha \cdot \Delta E_i$, м ³ /га			121.3	1135	1418	1053	169.5	3896.8
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)								
Озимая пшеница ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %	19	42	34	5			100
	ΔE , м ³ /га	608	1344	1088	160			3200
	$\alpha \cdot \Delta E$	60.8	134.4	108.8	16.0			–
	Δe , м ³ /га	20.3	43.4	35.3	5.2			–
	$\alpha \cdot \Delta e$	2.03	4.34	3.53	0.52			–
Яровые зерновые ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		12	58	30			100
	ΔE , м ³ /га		438	2117	1095			3650
	$\alpha \cdot \Delta E$		43.8	211.7	109.5			–
	Δe , м ³ /га		14.1	70.5	35.3			–
	$\alpha \cdot \Delta e$		1.41	7.05	3.53			–
Кукуруза на силос ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		14	31	30	15		100
	ΔE , м ³ /га		644	1426	1380	690		4600
	$\alpha \cdot \Delta E$		64.4	142.6	138.0	69.0		–
	Δe , м ³ /га		20.8	47.5	44.5	22.3		–
	$\alpha \cdot \Delta e$		2.08	4.75	4.45	2.23		–
Кукуруза на зерно ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		9	26	36	25	4	100
	ΔE , м ³ /га		508	1469	2034	1413	226	5650
	$\alpha \cdot \Delta E$		50.9	146.9	203.4	141.3	22.6	–
	Δe , м ³ /га		15.4	43.9	65.6	45.6	7.53	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		1.54	4.39	6.56	4.56	0.75	–

Продолжение таблицы 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Картофель ($\alpha = 0,05$)	ΔE , %		9	27	37	22	5	100
	ΔE , м ³ /га		513	1539	2109	1254	285	5700
	$\alpha \cdot \Delta E$		25.7	77.0	105.5	62.7	14.3	–
	Δe , м ³ /га		15.5	51.3	63.0	40.4	9.5	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		0.33	2.57	3.40	2.02	0.48	–
Овощи ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		10	24	32	24	10	100
	ΔE , м ³ /га		705	1692	2256	1692	705	7050
	$\alpha \cdot \Delta E$		70.5	169.2	225.6	169.2	70.5	–
	Δe , м ³ /га		22.7	56.4	72.8	54.6	23.5	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		2.27	5.64	7.28	5.46	2.35	–
Подсолнечник ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		9	26	36	25	4	100
	ΔE , м ³ /га		508	1469	2034	1413	226	5650
	$\alpha \cdot \Delta E$		50.9	146.9	203.4	141.3	22.6	–
	Δe , м ³ /га		15.4	43.9	65.6	45.6	7.53	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		1.54	4.39	6.56	4.56	0.75	–
Сахарная свекла ($\alpha = 0,15$)	ΔE , %		5	20	32	25	18	100
	ΔE , м ³ /га		365	1460	2336	1825	1314	7300
	$\alpha \cdot \Delta E$		54.8	219.0	350.4	273.8	197.1	–
	Δe , м ³ /га		11.8	43.7	75.4	58.9	43.8	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		1.77	7.30	11.30	8.33	6.57	–
Многолетние травы ($\alpha = 0,20$)	ΔE , %		15	24	25	21	15	100
	ΔE , м ³ /га		1275	2040	2125	1785	1275	8500
	$\alpha \cdot \Delta E$		255.0	408.0	425.0	357.0	255.0	–
	Δe , м ³ /га		41.1	68.0	63.5	57.6	41.1	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		8.22	13.60	13.70	11.52	8.22	–
$\sum \alpha \cdot \Delta e$, м ³ /га сутки		2.03	23.5	53.22	57.3	38.7	19.12	–
$\sum \alpha \cdot \Delta e / 86,4$, л/с га		0.02	0.27	0.51	0.56	0.45	0.22	–
$O_{pi} = \sum \alpha \cdot \Delta E_i$, м ³ /га		60.8	1314	1630	1777	1214	582.1	6577.9
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)								
Озимая пшеница ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %	25	41	34				100
	ΔE , м ³ /га	875	1435	1190				3500
	$\alpha \cdot \Delta E$	87.5	143.5	119.0				–
	Δe , м ³ /га	23.1	45.3	33.7				–
	$\alpha \cdot \Delta e$	2.31	4.53	3.37				–
Яровые зерновые ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %	8	36	38	18			100
	ΔE , м ³ /га	316	1422	1501	711			3950
	$\alpha \cdot \Delta E$	31.6	142.2	150.1	71.1			–
	Δe , м ³ /га	10.5	45.9	48.4	22.9			–
	$\alpha \cdot \Delta e$	1.05	4.59	4.84	2.29			–

Окончание таблицы 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кукуруза на силос ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		17	37	36	10		100
	ΔE , м ³ /га		867	1887	1836	510		5100
	$\alpha \cdot \Delta E$		86.7	188.7	183.6	51.0		–
	Δe , м ³ /га		28.0	62.9	53.2	15.4		–
	$\alpha \cdot \Delta e$		2.80	6.29	5.32	1.54		–
Кукуруза на зерно ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		14	34	32	17	3	100
	ΔE , м ³ /га		861	2091	1968	1046	184.5	6150
	$\alpha \cdot \Delta E$		86.1	209.1	196.8	104.6	18.5	–
	Δe , м ³ /га		27.8	69.7	63.5	33.7	6.15	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		2.78	6.97	6.35	3.37	0.62	–
Картофель ($\alpha = 0,05$)	ΔE , %	16	38	34	10	2		100
	ΔE , м ³ /га	1008	2394	2142	630	126		6300
	$\alpha \cdot \Delta E$	50.4	119.7	107.1	31.5	6.3		–
	Δe , м ³ /га	33.6	77.2	71.4	20.3	4.06		–
	$\alpha \cdot \Delta e$	1.68	3.36	3.57	1.02	0.20		–
Овощи ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %	8	14	25	26	20	7	100
	ΔE , м ³ /га	624	1092	1950	2028	1560	546	7800
	$\alpha \cdot \Delta E$	62.4	109.2	195.0	202.8	156.0	54.6	–
	Δe , м ³ /га	2.08	35.2	65.0	65.4	50.3	18.2	–
	$\alpha \cdot \Delta e$	0.21	3.52	6.50	6.54	5.03	1.82	–
Подсолнечник ($\alpha = 0,10$)	ΔE , %		14	34	32	17	3	100
	ΔE , м ³ /га		861	2091	1968	1046		6150
	$\alpha \cdot \Delta E$		86.1	209.1	196.8	104.6		–
	Δe , м ³ /га		27.8	69.7	63.5	33.7		–
	$\alpha \cdot \Delta e$		2.78	6.97	6.35	3.37		–
Сахарная свекла ($\alpha = 0,15$)	ΔE , %		5	20	32	25	18	100
	ΔE , м ³ /га		420	1680	2688	2100	1512	8400
	$\alpha \cdot \Delta E$		63.0	252.0	403.2	315.0	226.8	–
	Δe , м ³ /га		13.5	56.0	85.7	67.7	50.4	–
	$\alpha \cdot \Delta e$		2.03	8.40	13.0	10.2	7.56	–
Многолетние травы ($\alpha = 0,20$)	ΔE , %	7	16	19	22	19	17	100
	ΔE , м ³ /га	658	1504	1786	2068	1786	1598	9400
	$\alpha \cdot \Delta E$	131.6	300.8	357.2	413.6	357.2	319.6	–
	Δe , м ³ /га	21.9	43.5	53.5	65.7	57.6	53.3	–
	$\alpha \cdot \Delta e$	4.39	9.70	11.90	13.3	11.52	10.6	–
$\sum \alpha \cdot \Delta e$, м ³ /га сутки		9.64	36.1	65.31	54.17	35.23	19.98	
$\sum \alpha \cdot \Delta e / 86,4$, л/с га		0.11	0.42	0.76	0.53	0.41	0.23	
$O_{pi} = \sum \alpha \cdot \Delta E_i$, м ³ /га		363.5	1137	1787	1700	1095	601	7284.5

Таблица 2 – Экологическая (почвенная) норма водопотребности сельскохозяйственных культур в разрезе геоморфологической схематизации водосбора бассейна трансграничной реки Талас

Table 2 – Ecological (soil) norm of water necessities of agricultural cultures in the cut of geomorphological posterization watercollection of transfrontal of river Talas basin

Показатели		Месяцы						Сумма
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)								
Природные ресурсы	$t, ^\circ C$	6.1	8.8	9.6	16.5	12.1	7.1	–
	$\sum t^{\circ}C > 10^{\circ}C$	183	273	288	512	375	213	1844
	α_t	0.10	0.15	0.16	0.27	0.20	0.12	1.00
	$R, \text{кДж/см}^2$	11.94	17.91	19.10	32.23	23.88	14.34	119.4
	$E, \text{мм}$	47.76	71.64	76.42	128.9	95.52	57.36	477.6
	$O_C, \text{мм}$	43.0	58.0	42.0	45.0	27.0	26.0	241.0
Ресурсы гидро-агроландшафтов	$O_p, \text{мм}$	4.76	13.64	34.42	83.9	68.52	31.36	236.6
	$O_p, \text{м}^3/\text{га}$	47.6	136.4	344.2	839.0	685.2	313.6	2366.0
	$\Delta e, \text{м}^3/\text{га}$	1.58	4.40	11.47	27.06	22.1	10.45	–
$\Sigma \alpha \cdot \Delta e / 86,4, \text{ л/с га}$		0.02	0.05	0.13	0.31	0.26	0.12	–
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)								
Природные ресурсы	$t, ^\circ C$	9.5	14.2	18.4	20.4	19.1	13.6	–
	$\sum t^{\circ}C > 10^{\circ}C$	285	440	552	632	592	408	2909
	α_t	0.10	0.15	0.19	0.22	0.20	0.14	1.00
	$R, \text{кДж/см}^2$	12.09	18.67	23.42	26.82	25.11	17.31	123.42
	$E, \text{мм}$	49.37	74.05	93.80	108.6	98.74	69.14	493.7
	$O_C, \text{мм}$	40.0	37.0	31.0	18.0	8.0	11.0	145.0
Ресурсы гидро-агроландшафтов	$O_p, \text{мм}$	9.37	37.05	62.80	90.6	90.74	58.14	348.7
	$O_p, \text{м}^3/\text{га}$	93.7	370.5	628.0	906.0	907.4	581.4	3487.0
	$\Delta e, \text{м}^3/\text{га}$	3.12	11.95	20.9	23.2	23.2	19.38	–
$\Sigma \alpha \cdot \Delta e / 86,4, \text{ л/с га}$		0.04	0.14	0.24	0.34	0.34	0.22	–
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)								
Природные ресурсы	$t, ^\circ C$	11.3	16.6	21.6	23.8	21.2	15.8	–
	$\sum t^{\circ}C > 10^{\circ}C$	339	515	648	738	657	474	3371
	α_t	0.10	0.15	0.19	0.22	0.19	0.15	1.00
	$R, \text{кДж/см}^2$	17.00	25.50	32.30	37.40	23.30	25.50	170.0
	$E, \text{мм}$	68.0	102.0	129.2	149.6	129.2	102.0	680.0
	$O_C, \text{мм}$	44.0	36.0	21.0	9.0	6.0	8.0	124.0
Ресурсы гидро-агроландшафтов	$O_p, \text{мм}$	24.0	66.0	108.2	140.6	123.2	94.0	556.0
	$O_p, \text{м}^3/\text{га}$	240	660	1082	1406	1232	940	5560.0
	$\Delta e, \text{м}^3/\text{га}$	8.0	21.3	36.1	45.4	33.7	31.3	–
$\Sigma \alpha \cdot \Delta e / 86,4, \text{ л/с га}$		0.10	0.25	0.42	0.52	0.46	0.36	–
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)								
Природные ресурсы	$t, ^\circ C$	11.7	18.1	23.4	26.0	23.6	17.0	–
	$\sum t^{\circ}C > 10^{\circ}C$	351	561	702	806	732	510	3662
	α_t	0.10	0.15	0.19	0.22	0.20	0.14	1.00
	$R, \text{кДж/см}^2$	17.96	26.94	34.12	39.51	35.92	25.15	179.6
	$E, \text{мм}$	71.83	107.7	136.5	158.0	143.7	100.6	718.3
	$O_C, \text{мм}$	29.0	24.0	16.0	6.0	4.0	5.0	84.0
Ресурсы гидро-агроландшафтов	$O_p, \text{мм}$	42.83	83.7	120.5	152.0	139.7	95.6	634.3
	$O_p, \text{м}^3/\text{га}$	428.3	837.0	1205	1520	1397	956	6343.0
	$\Delta e, \text{м}^3/\text{га}$	14.3	27.0	40.2	43.0	45.1	31.9	–
$\Sigma \alpha \cdot \Delta e / 86,4, \text{ л/с га}$		0.17	0.31	0.46	0.57	0.52	0.37	–

Как видно из данных таблицы 1, 2, биологическая и экологическая нормы удельной водопотребности, в зависимости внутриклиматических условий года и биологических особенностей растительного и почвенного покровов сельскохозяйственных угодий в начале биологического активного периода года постоянно увеличиваются, и достигают своей максимально-возможных значений, а затем медленно снижаются в период созревания растительного покрова и до остановки почвообразовательного процесса в природных системах.

На основе информационно-аналитических материалов Казгидромета и Государственного гидрологического института Российской Федерации, для обоснования гидрологического режима реки Талас использованы данные гидропоста село Буденый, где происходит слияния рек Каракол и Учкошой и село Кировское, где река Талас принимает почти все свои притоки, то есть Колба, Бешташ, Учмарал, Кумыштаг, Карабура, Кенкол и Нельды (таблица 3).

Таблица 3 – Среднемноголетние гидрологические расходы на территории водосбора бассейна реки Талас, м³/с

Table 3 – The long-term hydrological charges on territory of watercollection of river Talas basin, m³/s

Месяцы	Гидрологические посты			
	Буденный	Кировское	Жиембет	Учарал
Январь	7.02	23.8	28.4	16.2
Февраль	6.60	22.6	27.7	19.4
Март	6.05	18.4	26.3	21.6
Апрель	7.39	19.5	16.9	14.3
Май	19.50	31.8	8.39	5.68
Июнь	36.30	54.8	11.9	7.42
Июль	37.50	64.7	15.5	9.45
Август	25.00	49.1	11.1	8.10
Сентябрь	14.70	30.6	4.21	3.56
Октябрь	11.00	26.8	11.7	5.02
Ноябрь	9.79	28.0	23.6	12.4
Декабрь	7.99	26.1	26.3	15.0
Годовой	15.7	33.3	17.7	11.5

При этом следует отметить, что формирование гидрологического режима реки Талас выше Кировского водохранилища происходит в естественном режиме и 40 % стока реки составляют реки Каракол и Учкошой, а 94 % стока реки формируется до села Кировское с участием многочисленных притоков, то есть максимально-возможные расходы реки Талас, а затем по мере продвижения вниз претерпевает существенные изменения, обусловленные в основном разбора воды на орошения.

Для оценки и анализа динамики использования водных ресурсов бассейна реки Талас в разрезе геоморфологической схематизации их территории водосбора использован Национальный доклад о состоянии окружающей среды территории Кыргызской Республики и Республики Казахстан и на основе их определен объем свободного стока или расхода воды во временных и пространственных масштабах, который может быть использован для орошения (таблица 4) по следующему уравнению водного баланса:

$$Q_{rai} = Q_{oi} - (Q_{эi} + Q_{схви} + Q_{хбви} + Q_{нви} + Q_{ни}),$$

где Q_{oi} – расход естественного стока реки, м³/с; Q_{rai} – расход располагаемых или свободных водных ресурсов для развития орошения, м³/с; $Q_{эi}$ – расход экологического стока реки, м³/с; $Q_{схви}$ – расход на сельскохозяйственное водоснабжение, м³/с; $Q_{хбви}$ – расход на хозяйственно-питьевое водоснабжение, м³/с; $Q_{нви}$ – расход на производственно-промышленное водоснабжение, м³/с; $Q_{ни}$ – потери воды в руслах реки и их транспортировки, м³/с.

Таблица 4 – Структура использования водных ресурсов на территории водосбора бассейна трансграничной реки Талас

Table 4 – Structure of the use of water resources on territory of watercollection transfrontal of river Talas basin

Месяцы	Q_{oi} , m^3/c	Структура использования водных ресурсов, m^3/c					Q_{rai} , m^3/c
		$Q_{эi}$	$Q_{схэi}$	$Q_{хбэi}$	$Q_{нэi}$	Q_{ni}	
1	2	3	4	5	6	7	8
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация) (село Буденный)							
Январь	7.02	2.52	0.32	0.32	0.14	1.05	2.67
Февраль	6.60	2.38	0.30	0.30	0.13	0.99	2.50
Март	6.05	2.18	0.28	0.28	0.12	0.91	2.28
Апрель	7.39	2.66	0.34	0.34	0.15	1.11	2.79
Май	19.50	7.02	0.90	0.90	0.39	2.93	7.36
Июнь	36.30	13.07	1.67	1.67	0.73	5.44	13.72
Июль	37.50	13.50	1.73	1.73	0.75	5.62	14.17
Август	25.00	9.00	1.15	1.15	0.50	3.75	9.45
Сентябрь	14.70	5.29	0.67	0.67	0.29	2.20	5.58
Октябрь	11.00	3.96	0.51	0.51	0.22	1.65	4.15
Ноябрь	9.79	3.51	0.45	0.45	0.19	1.47	3.72
Декабрь	7.99	2.87	0.37	0.37	0.16	1.20	3.02
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) (село Кировское)							
Январь	23.8	8.57	1.09	1.09	0.48	3.57	9.00
Февраль	22.6	8.14	1.04	1.04	0.45	3.39	8.54
Март	18.4	6.62	0.85	0.85	0.37	2.76	6.95
Апрель	19.5	7.02	0.90	0.90	0.39	2.93	7.36
Май	31.8	11.45	1.46	1.46	0.64	4.77	12.02
Июнь	54.8	17.73	2.52	2.52	1.10	8.22	22.71
Июль	64.7	23.29	2.98	2.98	1.29	9.71	24.45
Август	49.1	17.68	2.26	2.26	0.98	7.37	18.55
Сентябрь	30.6	11.02	1.41	1.41	0.61	4.59	11.56
Октябрь	26.8	9.65	1.23	1.23	0.54	4.02	10.13
Ноябрь	28.0	10.08	1.29	1.29	0.56	4.20	10.58
Декабрь	26.1	9.40	1.20	1.20	0.52	3.91	9.87
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация) (село Жиенбет)							
Январь	28.4	10.22	1.31	1.31	0.57	4.26	10.73
Февраль	27.7	9.97	1.27	1.27	0.55	4.16	10.48
Март	26.3	9.47	1.21	1.21	0.53	3.94	9.94
Апрель	16.9	6.08	0.77	0.77	0.34	2.53	6.41
Май	8.39	3.02	0.39	0.39	0.17	1.26	4.46
Июнь	11.9	4.28	0.55	0.55	0.24	1.78	4.50
Июль	15.5	5.58	0.71	0.71	0.31	2.33	5.86
Август	11.1	3.99	0.51	0.51	0.22	1.66	4.21
Сентябрь	4.21	1.51	0.19	0.19	0.08	0.63	1.61
Октябрь	11.7	4.21	0.54	0.54	0.23	1.75	4.43
Ноябрь	23.6	8.50	1.09	1.09	0.47	3.54	8.91
Декабрь	26.3	9.47	1.21	1.21	0.58	3.94	9.89
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация) (село Учарал)							
Январь	16.2	5.83	0.74	0.74	0.32	2.43	6.14
Февраль	19.4	6.98	0.89	0.89	0.39	2.91	7.34
Март	21.6	7.78	0.99	0.99	0.43	3.24	8.17
Апрель	14.3	5.15	0.66	0.66	0.29	2.15	5.39
Май	5.68	2.04	0.26	0.26	0.11	0.85	2.16
Июнь	7.42	2.67	0.34	0.34	0.15	1.11	2.81
Июль	9.45	3.40	0.43	0.43	0.19	1.41	3.59
Август	8.10	2.91	0.37	0.37	0.16	1.22	3.07
Сентябрь	3.56	1.28	0.16	0.16	0.07	0.53	1.46
Октябрь	5.02	1.81	0.23	0.23	0.10	0.75	1.90
Ноябрь	12.4	4.46	0.57	0.57	0.25	1.86	4.69
Декабрь	15.0	5.40	0.69	0.69	0.30	2.25	5.67

Таким образом полученные на основе прогнозного расчета биологической и экологической норм удельных водопотребностей растительного и почвенного покровов сельскохозяйственных угодий и информационно-аналитических материалов по гидрологическому режиму реки Талас в разрезе геоморфологической схематизации их территории водосбора определены коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий (таблица 5).

Таблица 5 – Коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий в разрезе геоморфологической схематизации территории водосбора бассейна реки Талас

Table 5 – A coefficient of synchronicity of stream-flow and norm of specific water necessities of agricultural lands are in the cut of geomorphological posterization of territory of watercollection of river Talas basin

Показатели	Месяцы						Среднее значение
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)							
$Q_{rai}, \text{ м}^3/\text{с}$	2.79	7.36	13.72	14.17	9.45	5.58	–
$\bar{Q}_{rai} = Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}$	0.20	0.52	0.97	1.00	0.57	0.39	0.608
$q_{pi}, \text{ л/с на 1 га}$	–	0.02	0.35	0.44	0.30	0.14	–
$\bar{q}_{pi} = q_{pi} / q_{pi}^{\max}$	–	0.05	0.80	1.00	0.68	0.32	0.570
K_{aci}		10.4	1.21	5.02	0.83	1.22	1.067
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)							
$Q_{rai}, \text{ м}^3/\text{с}$	7.36	12.02	22.71	24.45	18.55	11.56	–
$\bar{Q}_{rai} = Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}$	0.30	0.49	0.93	1.00	0.76	0.47	0.658
$q_{pi}, \text{ л/с на 1 га}$	–	0.05	0.44	0.52	0.35	0.13	–
$\bar{q}_{pi} = q_{pi} / q_{pi}^{\max}$	–	0.10	0.84	1.00	0.67	0.25	0.572
K_{aci}		4.90	1.11	1.00	1.13	1.88	1.150
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)							
$Q_{rai}, \text{ м}^3/\text{с}$	6.41	4.46	4.50	5.86	4.21	1.61	–
$\bar{Q}_{rai} = Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}$	1.00	0.70	0.70	0.91	0.66	0.25	0.703
$q_{pi}, \text{ л/с на 1 га}$	0.02	0.27	0.51	0.56	0.45	0.22	–
$\bar{q}_{pi} = q_{pi} / q_{pi}^{\max}$	0.04	0.48	0.87	1.00	0.80	0.39	0.596
K_{aci}	25.0	1.46	0.80	0.91	0.83	0.64	1.179
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)							
$Q_{rai}, \text{ м}^3/\text{с}$	5.39	2.16	2.81	3.59	3.07	1.46	–
$\bar{Q}_{rai} = Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}$	1.00	0.40	0.52	0.67	0.57	0.27	0.572
$q_{pi}, \text{ л/с на 1 га}$	0.11	0.42	0.76	0.53	0.41	0.23	–
$\bar{q}_{pi} = q_{pi} / q_{pi}^{\max}$	0.14	0.55	1.00	0.70	0.54	0.30	0.538
K_{aci}	7.14	0.73	0.52	0.96	1.06	0.90	1.063

Как видно из прогнозного расчета, выполненного для определения коэффициента синхронности расхода реки и нормы удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий представленных в таблице 5, в верховьях по сравнению низовьях их значения больше единицы, которые показывают, что между ними существует достаточно высокая синхронность, что стало объективной причиной строительства Кировского водохранилища с целью повышения водообеспеченности Казахской части территории водосбора бассейна реки Талас.

При этом следует отметить, что экологический сток бассейна реки Талас определили с использованием метода аналогии, так как обе реки Шу и Талас находятся в Шу-Таласском водохозяйственном бассейне и относятся к рекам ледниково-снегового питания, по данным С. Р. Ибатуллина, Ж. С. Мустафаева и К. Б. Койбагаровой бассейна реки Шу, которые приняты аналогами, экологический сток составляет 36 % гидрологического стока во временном и пространственном масштабе [9].

Следовательно, представленные информационно-аналитические материалы на основе прогнозных расчетов (таблицы 4, 5) дали возможность на базе располагаемых водных ресурсов, оказывающих экологические услуги, определить максимально-возможную площадь орошаемых земель в разрезе геоморфологической схематизации территории водосбора бассейна реки Талас (таблица 6).

Как видно из таблицы 6, максимально-возможная площадь орошаемых земель при сверх эффективном использовании экологической услуги водных ресурсов бассейна реки Талас всего составляет 697.5 тыс. га, из них в межгосударственном разрезе 351.5 тыс. га относится Кыргызской Республике и 346.0 тыс. га – Республике Казахстан.

При этом объем водных ресурсов ($\Delta W_{ra(\varepsilon-u)i}$) для оказания экологических услуг в системе «экспорт-импорт» водосбора бассейна трансграничных рек определяется по формуле:

$$\Delta W_{ra(\varepsilon-u)i} = K_{\varepsilon ki} \cdot W_{rai},$$

где $K_{\varepsilon ki}$ – коэффициент экологических услуг природных ресурсов.

Таблица 6 – Максимально-возможная площадь орошаемых земель в разрезе геоморфологической схематизации территории водосбора бассейна реки Талас

Table 6 – Maximally-possible area of irrigable earth in the cut of geomorphological posterization of territory of watercollection of river Talas basin

Класс ландшафтов и фация	Административные районы	Показатели экологических услуг			
		располагаемые водные ресурсы для орошения (W_{rai}), км ³	норма удельной водопотребности (q_{pi}^{max}), м ³ /с на 1 га	коэффициент синхронности (K_{ac})	максимально-возможная орошаемая площадь ($F_{пдо}$), тыс. га
Горная (элювиальная)	Таласский	0.035	0.44	1.067	72.1
Предгорная (трансэлювиальная)	Кара-Буринский	0.061	0.52	1.150	114.7
	Бакай-Атинский	0.022	0.52	1.150	41.4
	Манасский	0.018	0.52	1.150	33.8
Предгорная равнинная (супераквальная)	Жамбулский	0.021	0.56	1.179	37.6
	Байзакский	0.029	0.56	1.179	51.9
Равнинная (аквальная)	Таласский	0.082	0.76	1.063	97.5
	Сарыусуский	0.209	0.76	1.063	248.5
По бассейну реки Талас		0.477	–	–	697.5

Таким образом, если Кыргызская Республика на основе принципов сбалансированного использования природных ресурсов осуществляют экспорт экологических услуг водных ресурсов, а Республика Казахстан примет экологические услуги водных ресурсов с территории Кыргызской Республики, можно обеспечить эффективное использование энергетических услуг природных систем за счет увеличения площади орошаемых земель в низовьях бассейна реки Талас (таблица 7).

Таблица 7 – Прогнозирование «увеличения-уменьшения» площади орошаемых земель в разрезе геоморфологической схематизации территории водосбора бассейна трансграничной реки Талас

Table 7 – Prognostication of "increase-reduction" of area of irrigable earth in the cut of geomorphological posterization of territory of watercollection of transfrontal river Talas basin

Административные районы	K_{rai} , км ³	$K_{би}$	Экологические услуги водных ресурсов, км ³		Ожидаемая площадь орошаемых земель, тыс. га	
			экспорт	импорт	–	+
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)						
Таласский	0.035	-0.4159	-0.0145	–	23.9	–
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)						
Кара-Буринский	0.061	-0.0687	-0.0041	–	7.70	–
Бакай-Атинский	0.022	-0.0687	-0.0051	–	9.60	–
Манасский	0.018	-0.0687	-0.0012	–	2.25	–
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)						
Жамбулский	0.021	-0.0527	-0.0011	–	1.37	
Байзакский	0.029	-0.0527	-0.0016	–	2.36	
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)						
Таласский	0.082	0.1897	–	0.0155	–	13.43
Сарыусский	0.209	0.4736	–	0.0990	–	117.70

Как видно из таблицы 7, в рамках разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов трансграничной реки Талас, можно уменьшить антропогенные нагрузки на горный класс ландшафтов (элювиальная фация) и предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) на базе экспорта экологических услуг располагаемых водных ресурсов, что обеспечат их экологическую устойчивость, а используя импорт экологических услуг водных ресурсов, можно увеличить площадь орошаемых земель до 131.13 тыс.га, которая позволяет создание высокопродуктивных агропромышленных комплексов, обеспечивающих продовольственную безопасность региона.

Обсуждение и выводы. При разумном, равноправном и справедливом использовании водных ресурсов в бассейне трансграничной реки Талас с учетом энергетических ресурсов в разрезе геоморфологической схематизации, не только можно обеспечить сбалансированное использование водных ресурсов, а также в рамках «экспорта-импорта» водных ресурсов базирующихся на тепло- и влагообеспеченности природной системы, позволяющих конструирования высокоэффективных гидроагроландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А. Формирование и функционирование экосистемы р. Талас при ее комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 4. – С. 134-151.
- [2] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б., Турсынбаев Н.А. Функциональная модель экологической услуги речных бассейнов // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 4. – С. 137-146.
- [3] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Иванова Н.И., Ешмаханов М.К., Турсынбаев Н.А. Оценка техногенной нагрузки на водосборной территории бассейна трансграничной реки Талас на основе интегральных показателей антропогенной деятельности // Известия НАН РК. Серия аграрных наук. – 2017. – № 23. – С. 48-56.
- [4] Криейчева Л.В., Мустафаев Ж.С., Турсынбаев Н.А. Трансграничные проблемы природопользования в бассейне реки Талас // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 11(42). Ч. 3. – С. 107-109.
- [5] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б., Турсынбаев Н.А. Речные бассейны как прикладная модель экологических услуг // Экология и промышленность Казахстана. – 2016. – № 4(52). – С. 10-15.
- [6] Ибатуллин С.Р., Кван Р.А., Парамонов А.И., Балгабаев Н.Н. Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана. – Тараз, 2008. – 122 с.
- [7] Данильченко Н.В. Биоклиматическое обоснование суммарного водопотребления и оросительных норм // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 25-29.
- [8] Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз, 2012. – 528 с.
- [9] Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б. Сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек. – Тараз, 2005. – 111 с.

REFERENCES

- [1] Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Tursynbaev N.A. Formation and functioning of the p. Talas at its complex arrangement // Hydrometeorology and ecology. 2016. N 4. P. 134-151.
- [2] Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Mustafayev K.Zh., Koibagarova K.B., Tursynbaev N.A. Functional model of ecological service of river basins // Hydrometeorology and ecology. 2016. N 4. P. 137-146.
- [3] Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Ivanova N.I., Eshmakhhanov M.K., Tursynbaev N.A. Assessment of the technogenic load in the catchment area of the basin of the transboundary Talas River on the basis of integrated indicators of anthropogenic activity // Izvestiya NAS RK. Series of agrarian sciences. 2017. N 22. P. 48-56.
- [4] Krieycheva L.V., Mustafayev Zh.S., Tursynbaev N.A. Transboundary problems of nature management in the basin of the Talas river // International scientific-research journal. 2015. N 11(42). P. 3. P. 107-109.
- [5] Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Mustafayev K.Zh., Koibagarova K.B., Tursynbaev N.A. River basins as an applied model of environmental services // Ecology and Industry of Kazakhstan. 2016. N 4(52). P. 10-15.
- [6] Ibatullin S.R., Kwan R.A., Paramonov A.I., Balgabayev N.N. Rationing irrigation in water basins of Kazakhstan. Taraz, 2008. 122 p.
- [7] Danilchenko N.V. Bioclimatic substantiation of total water consumption and irrigation norms // Melioration and water management. 1999. N 4. P. 25-29.
- [8] Mustafayev Zh.S., Ryabtsev A.D. Adaptive-landscape land reclamation in Kazakhstan. Taraz, 2012. 528 p.
- [9] Ibatullin S.R., Mustafayev Zh.S., Koibagarova K.B. Balanced use of water resources of transboundary rivers. Taraz, 2005. 111 p.

Ж. С. Мұстафаев, Ә. Т. Қозыкеева, Н. А. Тұрсынбаев

Қазақ ұлттық аграрлық университет, Алматы, Қазақстан,
М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, Қазақстан

**ШЕКАРАЛАС ӨЗЕН БАЛАБЫНЫҢ СУ ҚОРЛАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
ҚЫЗМЕТІНІҢ ҚАЛЫПТАСУ НӘТИЖЕСІНДЕГІ СУҒАРМАЛЫ ЕГІСТІК ЖЕРДІҢ
ШЕКТЕЛГЕН-МҮМКІНШІЛІГІ БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗІ**

Аннотация. БҰҰ шеңберінде 1992 жылы Рио-де-Жанейродағы «XXI ғасырдың күндік мәселесі» қабылдаған жоспарына сәйкес су қорларын ақылмен, теңгермелік және әділетті пайдалану қағидасының негізінде, гидроагроландшафттардың ауылшаруашылық жерлерінің өсімдік және топырақ жамылғысының арасындағы биологиялық суды тұтынуының өзара байланысын және оның техногендік әсерге орнықтылығын, оның теориялық сапалық негізі ретінде қабылдай отырып, суғармалы егістік жерлердің шектелген-мүмкіншілігін анықтауға арналған әдістемемен қамтамасыз ету нұсқасы құрылған және ол бағдарламалық есептеу түрінде шекаралас Талас өзенінің сужинау алабының су қорының экологиялық қызметін «экспорт-импорт» шеңберінде негіздеуге мүмкіншілік берді.

Түйін сөздер: бағалау, сужинау, шекаралас өзен, жүйе, геоморфологиялық жүйелеу, аудан, суғару, су ағынының көлемі, су шығыны, гидроагроландшафт, экология, қызмет, мелиорация, табиғат.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 171 – 180

M. Dolbeshkin, E. Puzikov, R. Povetkin

Institute of Geography, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: maxim.dolbeshkin@ingeo.kz, puzikov.yevgeniy@ingeo.kz, povetkyn.r@ingeo.kz

**MODELING OF TRANSBOUNDARY
ILE-BALKHASH RIVER BASIN IN CENTRAL ASIA**

Abstract. This article presents an overview of the Ile-Balkhash river basin modeling and its use for analyzing and forecasting of water resources and natural-economic demands for water. The model allows by defining possible scenarios, to test sensitivity of water supply system and its influence on environment and economy of the Ile-Balkhash river basin. The computer model results allow decision-making authorities to define optimized water management scenario. This study is mainly focuses on the implementation of a simulated dynamic-stochastic model of the water supply system of Balkhash Lake basin (Republic of Kazakhstan). Model simulations supplemented with uncertainty analysis and assessment of stochastic properties, using the Monte Carlo method. The model implemented in an object-oriented C# programming language. This manuscript presents the results of created water balance simulation algorithm of the Ile-Balkhash river basin. Developed and implemented water supply scenarios. Designed statistical assessment module of the model. Created results visualization block.

Keywords: water management, river basing modeling, environment, water recourses, hydrology, water supply, mathematical and computer modeling, dynamic-stochastic model.

1. Introduction. River basins are important for water use by various, often competing, and users. Thus, careful long-term use of water resources requires planning and management. Socio-economical activities depending on water availability (e.g., agricultural, ecologic, industrial or energy demands) are preferentially organized and coordinated within the entire river basin [1]. River basins are the fundamental natural systems of many hydrologic phenomena[2].River basin management and the organization of water resources management at the river basin level is a focus areas for policy-oriented research and technical advisory activities [3]. Water management generally focuses on an integrated basin system, including water supply, water demand, and intermediate components. In arid and semi-arid river basins, irrigation is the dominant water use, and there careful management plays a critical role [4].

The Ile-Balkhash river basin (140,000 km²) is located in the southeastern part of the Republic of Kazakhstan and adjoining territories of China (Figure 1). The basin includes the Almaty region, the south-eastern part of the Karaganda region, the south-western part of the East Kazakhstan region, east of Zhambyl region (all Republic of Kazakhstan), as well as the north-western part of the province of Xinjiang in the People's Republic of China. The main watercourse of Ile-Balkhash river basin is Ile River, which measures approximately 1440 km, and which is the largest fresh water inflow to Balkhash Lake, the downstream end of the closed drainage basin. The Ile River provides about 80% of the inflow of fresh river water to the lake. Therefore, the level and water quality (salinity) of the lake, and ecological state and desertification of the region, are largely depending on the discharge of the Ile River [5].

In Central Asia, the sources of many transboundary rivers (e.g., Ile, Syrdarya, Chu, Talas rivers)are located in mountainous terrains where discharge is regulated by a cascade of reservoirs for various purposes (e.g., energy production, water consumption and flood risk management), which sometimes are competing with uses (e.g., agricultural production) in downstream countries (e.g., the Syrdarya basin in Central Asia). In these cases, the issues of river basin management are international, and policy solutions require regional collaboration between different countries [6].

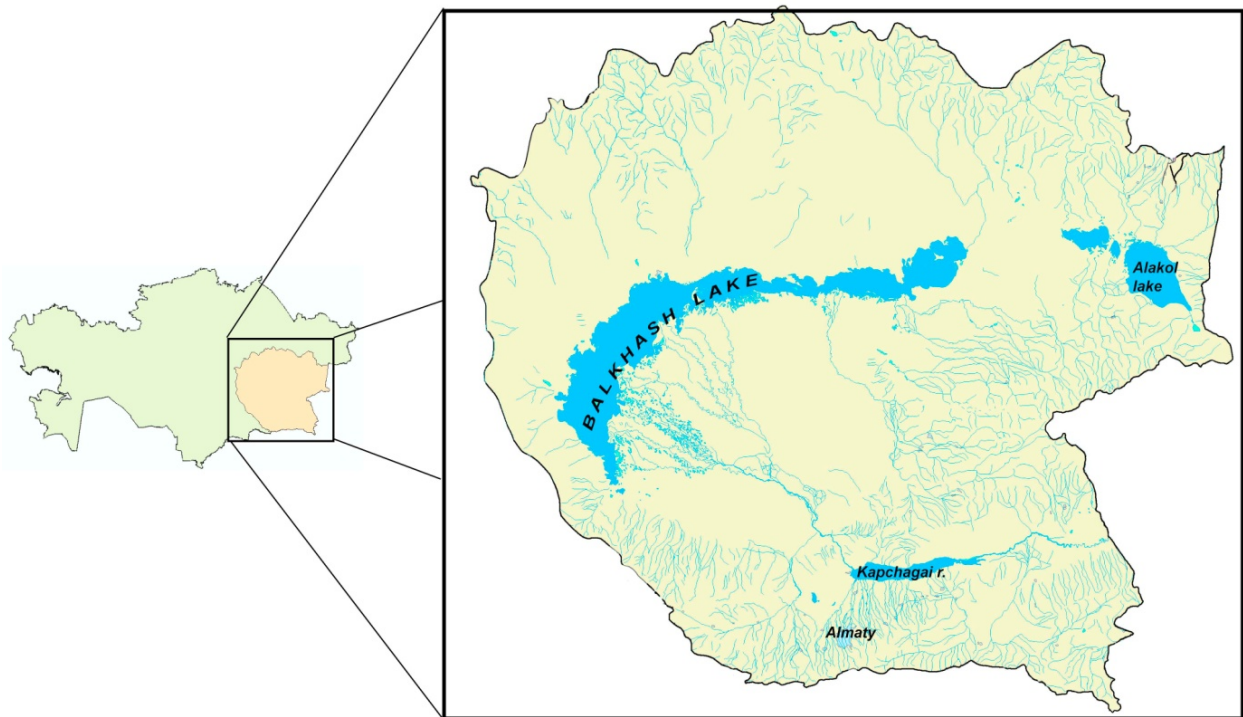


Figure 1 – Ile-Balkhash river basin

Complex system of interactions between different components makes river management on a basin scale challenging. A straightforward and effective tool for making economical and policy decisions is mathematical river basin modeling, which represents the relevant physical processes in the river basin and which can be used to predict the behavior of the basin under different (climatic) conditions or management scenarios. River basin models successfully deployed to aid in the determination of fair and equitable long-term water sharing agreements or short-term operational plans in transboundary basins [7].

In this study, a mathematical model combines the effects of management and use of surface and subsurface reservoir (supply) systems with effects of water extraction by irrigation for farming. The model is designed as a tool to support decision-making on matters of National Water Complex (NWC), that include the development of water infrastructure, conservation and restoration of natural water bodies, the economic justification of water limits, and improving interstate water relations between Kazakhstan and China. Importantly, the model includes interactions between upstream and downstream water allocation, as well as a water users on local and regional scale management according to the planned water supply scenarios. In addition future water supply scenarios of the Republic of Kazakhstan (until 2030) were included – based on a previous study by Seversky and Malkovsky, 1998). This model-scenario thought as a planning exercise that examines the future with an expected to decrease due to intensive using of runoff in its Chinese part of the basin [8].

Methodology.

Design of the dynamic-stochastic model. The main goals of baseline scenario are to mitigate the impacts of upstream water usage on the Balkhash Lake Environment and to provide a tool to monitor the local supply-demand balance. This helps to increase agricultural productivity and industry, while preventing river channel degradation and impact on social and economic structures by water scarcity [9]. In Figure 2 the main components of Ile-Balkhash river basin are shown, including possible sources of water (groundwater and surface water), the water transport system and infrastructure (canals, piping network and reservoirs), extraction by water users (agricultural, municipal, and industrial), and a the output of the drainage system (surface and subsurface).

Computer simulation of Water Supply Systems (WSS) implemented by a set of mathematical tools, special computer programs and tricks replace the real object of study with a model that simulates impor-

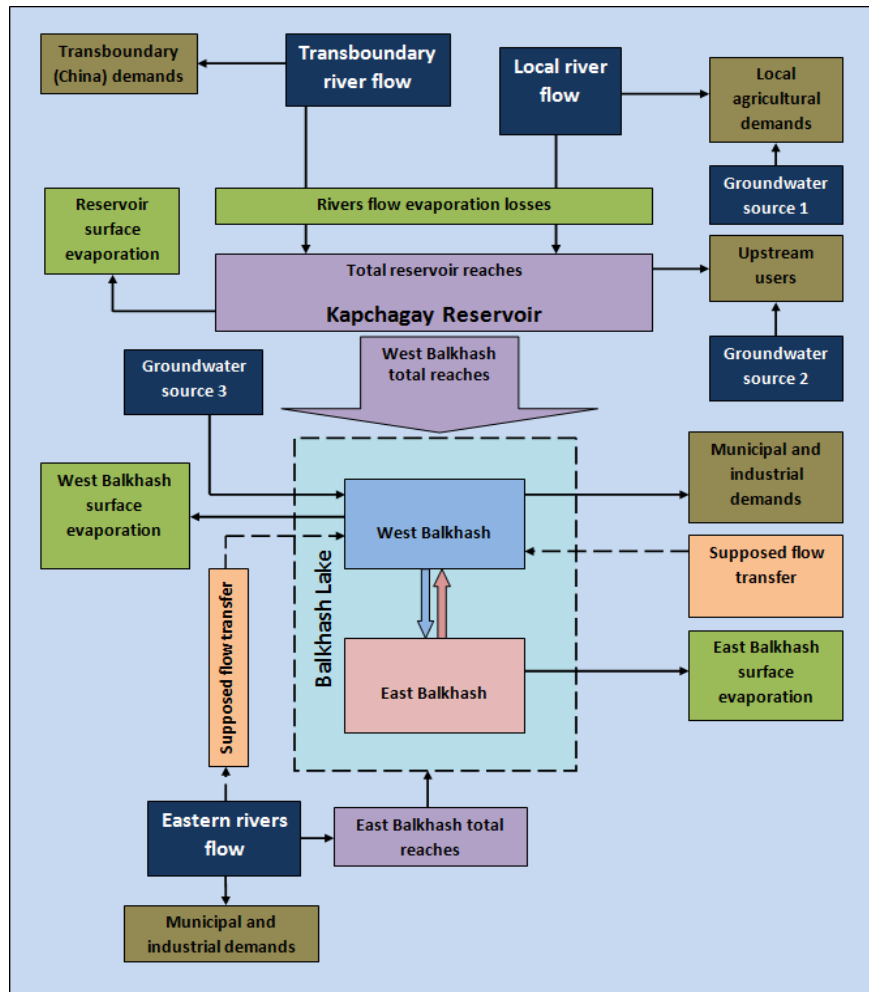


Figure 2 – Ile-Balkhashriver basin components of dynamic-stochastic model

tant processes and natural and human impacts on the water balance. A set of software tools and mathematical modeling techniques determines the specificity of the modeling system.

Developed software allows user to select a certain river basin, choose the scenario and generate a flow data of its main rivers, using the average flow data for long-term period, variation and modular run off coefficients. Further based on the specifics of the basin and region water demands (municipal, industrial, agricultural and environmental) the model simulates water balance according water users demands, taking into account river flow losses, reservoirs operation, Balkhash Lake surface evaporation and perspective water transfer. The objective of dynamic-stochastic model is to evaluate and future conditions of the river basin in terms of reducing transboundary flow of a long-term period (until 2050) under different scenario parameters. Further assessment of modeling under different scenarios allows decision-making experts for effective water using and saving the environment.

For calibration purpose, model outputs compared with historical or measured outputs of the system (at gauging station) and the model parameters adjusted until the values predicted by the model agree, to a reasonable degree of accuracy, with the measured values.

Verification – an independent set of input data, i.e., different from that used in the calibration step, is used in the model and the model results are compared with measured outputs.

Development of a computer model, as well as data analysis, and the two-dimensional imaging performed with the use of modern means of creating and designing mathematical software. The model should meet the following requirements:

- Using object data and mathematical model;
- Processing large volumes of data;

- Visualize simulated results in a convenient form;
- Module structure of the program for effective update and upgrade software.

The set of functions and the process steps of created computer model corresponding to the logical and mathematical description of the Ile-Balkhash river basin, it includes the following procedures:

1. Development of a database, providing scenario analysis, operation and development of Water Supply Systems (WSS) for long-term period;
2. River flow modeling by random generating discharge using annual river flow and the flow variation coefficient;
3. Modeling of water demand dynamics of water users based on population, development of industries, agriculture and water supply standards;
4. Automatic modeling and simulation the results of water infrastructure reconstruction and (WSS) objects;
5. Modeling water forecast scenarios of (WSS), water scarcity and excess calculation for required time periods;
6. Scenario development assessment by hydrological risk and reliability criteria, of (WSS) characterizing the water scarcity and probability of system failures, using the "Wald's maximin criterion" and "Laplace criteria" (law of equal probabilities).
7. Data storage and modifying in a database. Visualization of the results in the form of graphs, curves and tables.

Referring to Figure 3 the algorithm scheme represents the implementation of the model simulation.

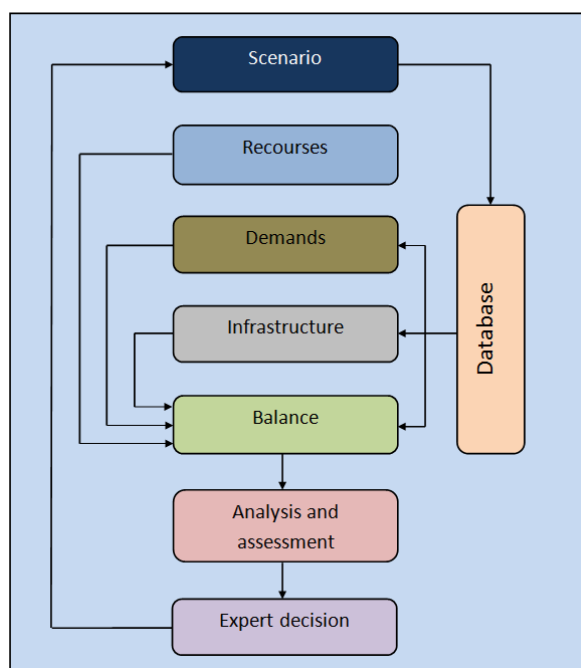


Figure 3 – Simulation algorithm of computer model

The computer model is an effective tool for the assessment and analysis of the Ile-Balkhash river basin. This mathematical software has a module structure with a certain algorithm and links between modules. Each module of program contains a specific data type, performs specific functions and applicable program interface[10].

The database operations module loading certain scenario data from the database load and prepare data for computer model. The main components of database formed based on the characteristics of Ile-Balkhash river basin. The database contains hydrological stations actual discharge data and other river basin characteristics such as reservoir operation parameters and its evaporation rates, river flow losses and water supply demands.

The scenario operations module allows creating, modifying and saving the water-using scenario.

Water balance and mathematical operations module contains average annual flow data of the main rivers and its tributaries. It calculates annual water balance of Ile-Balkhash river basin including in flows, Kapchagay reservoir operations, Balkhash Lake evaporation rivers flow losses, groundwater storages, water demands based on a 35-year period. This module also contains supposed water transfer data inside and between the basins.

The statistical assessment module estimates the data processing by hydrological risk and reliability criteria (Wald's maximin criterion and Laplace criteria).

Interface module allows the user to interact with the software to perform hydrological calculations for analyzing the system.

The simulation results block includes three modules by the types of displaying the simulated results: Table form data presentation module, graphs form data presentation module and 2-dimension visualization module. These modules display calculated data in user-friendly form for further analysis. The Figure 4 shows modular structure of the computer model and interaction between them.

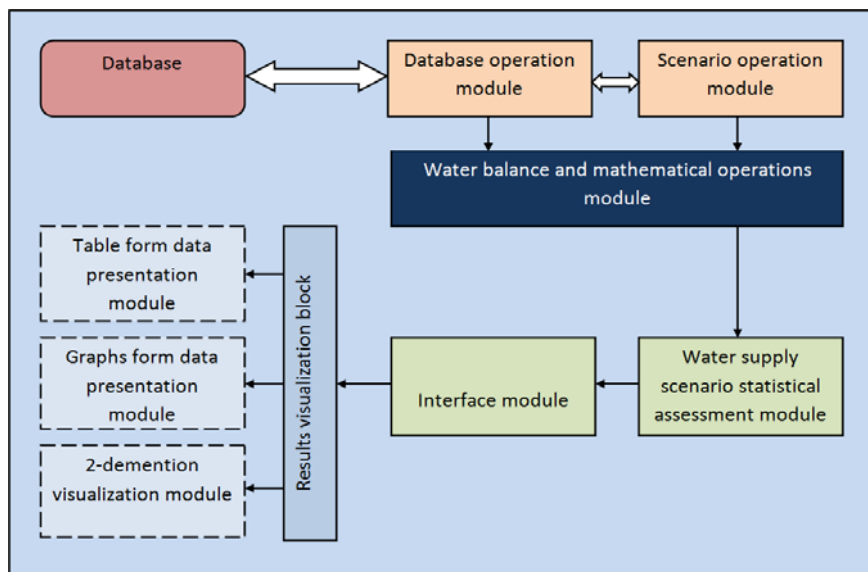


Figure 4 – The modules interaction scheme

Validation and verification of the model.

Validation and verification are two of the most important steps in any simulation study [11]. Verification is the process of ensuring that the model design (conceptual model) has been transformed into a computer model with sufficient accuracy; Validation is the process of ensuring that the model is sufficiently accurate for the purpose at hand [12]. A successful Verification and Validation project cannot be realized unless you have a solid management approach [13]. The scheme development model steps are shown in Figure 5.

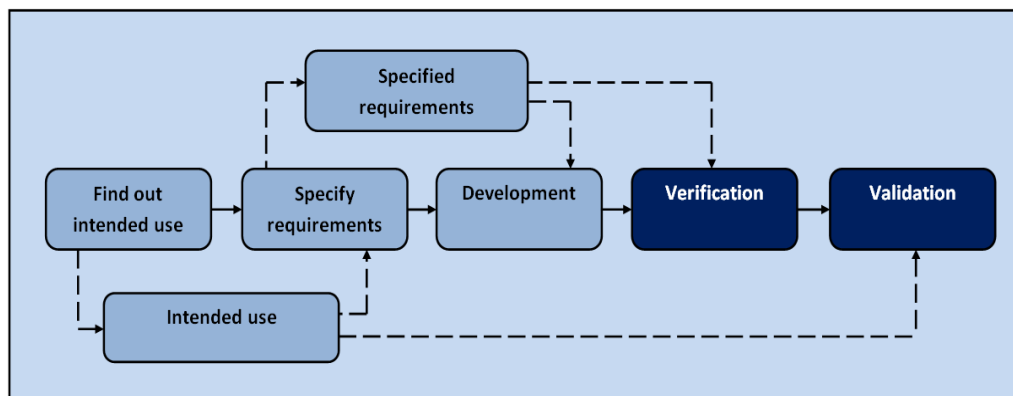


Figure 5 – Model Validation and Verification scheme

Ile-Balkhash river basin model calibrated for 20 years period (1992–2011). Model accuracy surveyed through a validation data period. Initials conditions of simulation experiments on validation stage were determined by processing historical data over the period. Adjusted two major parameters: Ile River losses dynamics and Balkhash Lake level dynamics for a 20 years period as it shows figures 6 and 7. Then the program estimates the scenarios, according to the *water supply reliability* and *hydrological risk criteria* as well as operates the reservoir states conditions. The program displays a window (Figure 8), that shows the results of statistical evaluation of water supply scenarios according to the known formulas.

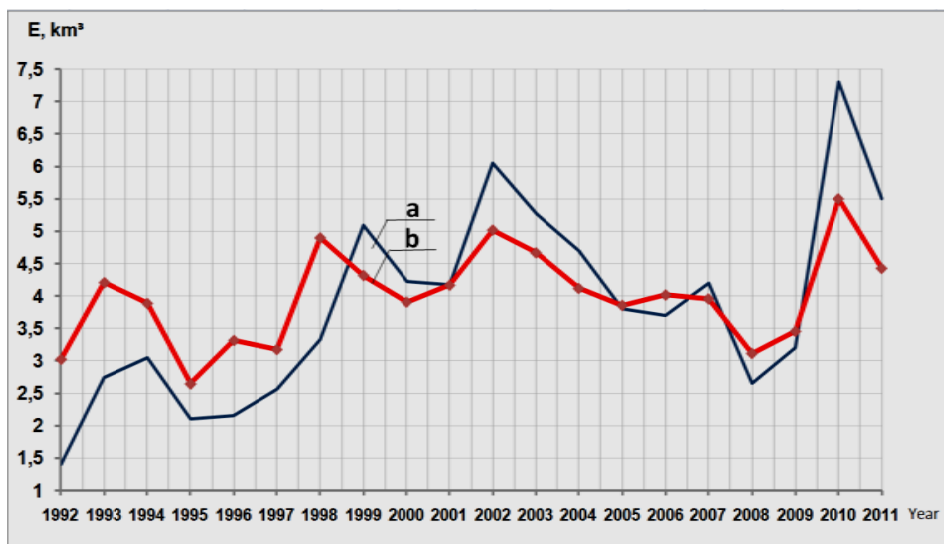


Figure 6 – Ile River losses (downstream, Kapchagay reservoir): a – actual data; b – simulated data

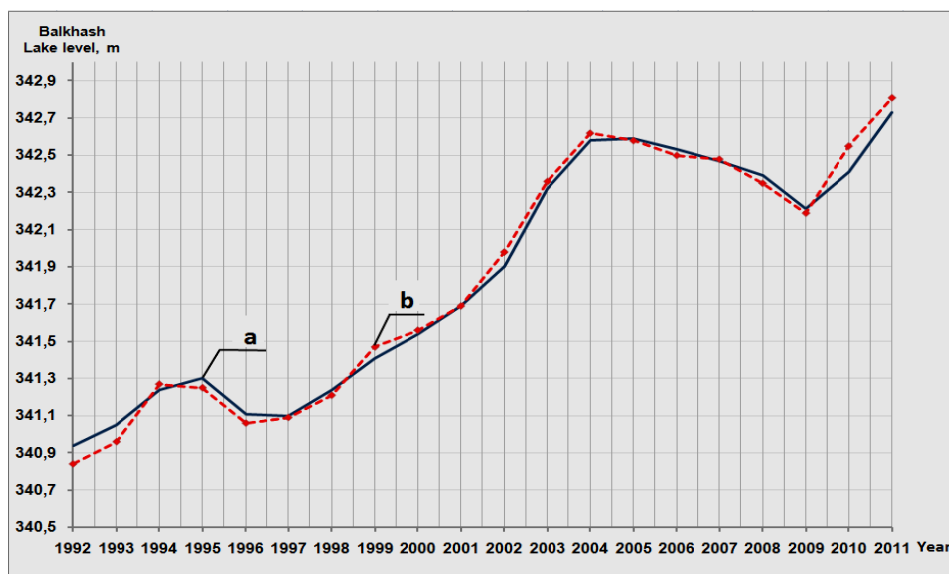


Figure 7 – Balkhash Lake levels: a – actual data; b – simulated data

Statistical evaluation of water supply scenarios.

1. Water supply reliability criteria – the probability (expectation) of water demands satisfaction by the relative number of uninterrupted years:

$$P_i = 1 - \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

where N – number of years of the settlement period; n – number of cases when water supply less than demands, Q^T .

2. Hydrological risk criteria – relative value water supply interruptions (water supply shortages), the quantity of which is calculates as:

$$\bar{R}_i = \frac{1}{N} \sum_{T=1}^N \left(1 - \frac{Q_i^T}{Q_i}\right) \quad (2)$$

"Laplace criteria" (law of equal probabilities).

$$R_i'' = \max\left(1 - \frac{Q_i^T}{Q_i}\right) \quad (3)$$

"Wald's maximin criterion" – is a non-probabilistic decision-making model according to which decisions are ranked based on their worst-case outcomes.

where Q_i and Q_i^T – declared (guaranteed) and the actual value of the water supply delivered for the i -th component; N – the duration in years of the period.

The figure 8 shows the statistical assessment module. This window displays assessment criteria and Balkhash Lake hydrological risk probability. This proves that the model accurately respond to all system changes.

	Iteration		
	Rich water	Medium water	Poor water
Water supply reliability criteria			
Water supply reliability	0.000	0.029	0.029
Hydrological risk criteria			
Laplas criteria	0.33	0.375	0.375
Wald's maximin criterion	0.622	0.633	0.633
Balkhash level expectations			
Optimal	0.029	0.057	0.057
Critical	0.200	0.143	0.143
Catastrophic	0.800	0.857	0.857

Figure 8 – Scenario statistical assessment program module

Balkhash Lake has different limnological conditions its south-western part has a salinity of $<2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ whereas the salinity of the eastern basin is $\sim 4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ [14]. Balkhash Lake ecosystem sustainability is required to provide optimal salinity regime, which depends on the Ile River inflow and a two-way flow between western and eastern parts of the lake [15]. The parameters program software displays as graphs as it shown in figure 9.

For analyzing and forecasting the program allows displaying all simulated parameters of the river basin such as Ile delta regime, Balkhash Lake inflows, level changes, Kapchagay reservoir operations, and water supply demands for agriculture, industry, municipal and environmental.

The software displays a two-dimensional interactive visualization of the river basin, which displays water balance, objects interaction and system changes for the simulated period (2016-2050). This interactive visualization allows user to analyze and optimize the necessary parameters of Ile-Balkhash river basin and clearly show the effects of the development according to the accepted scenario. By choosing the required scenario, which implies reducing transboundary flow and water consumption priority "Environment" or "water user" priority, we can see the influence on the Lake Balkhash environment or water supply deficits.

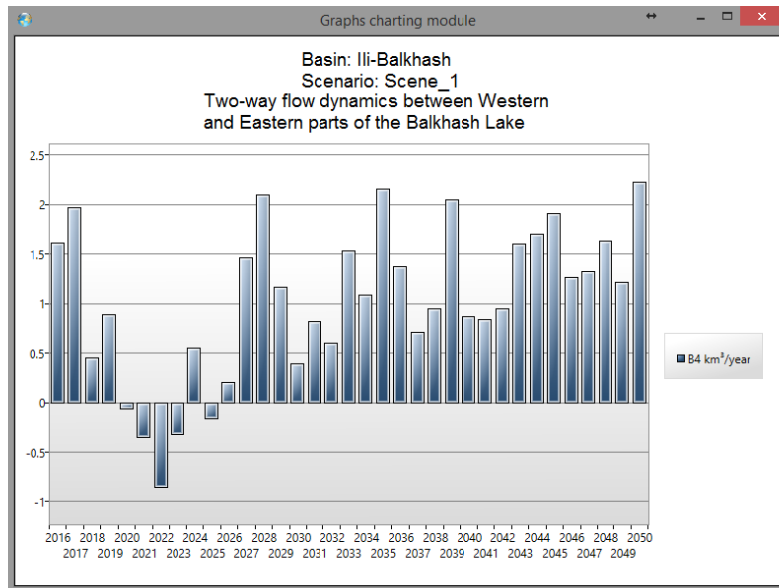


Figure 9 – Two-way flow dynamics between Western and Eastern parts of the Balkhash Lake

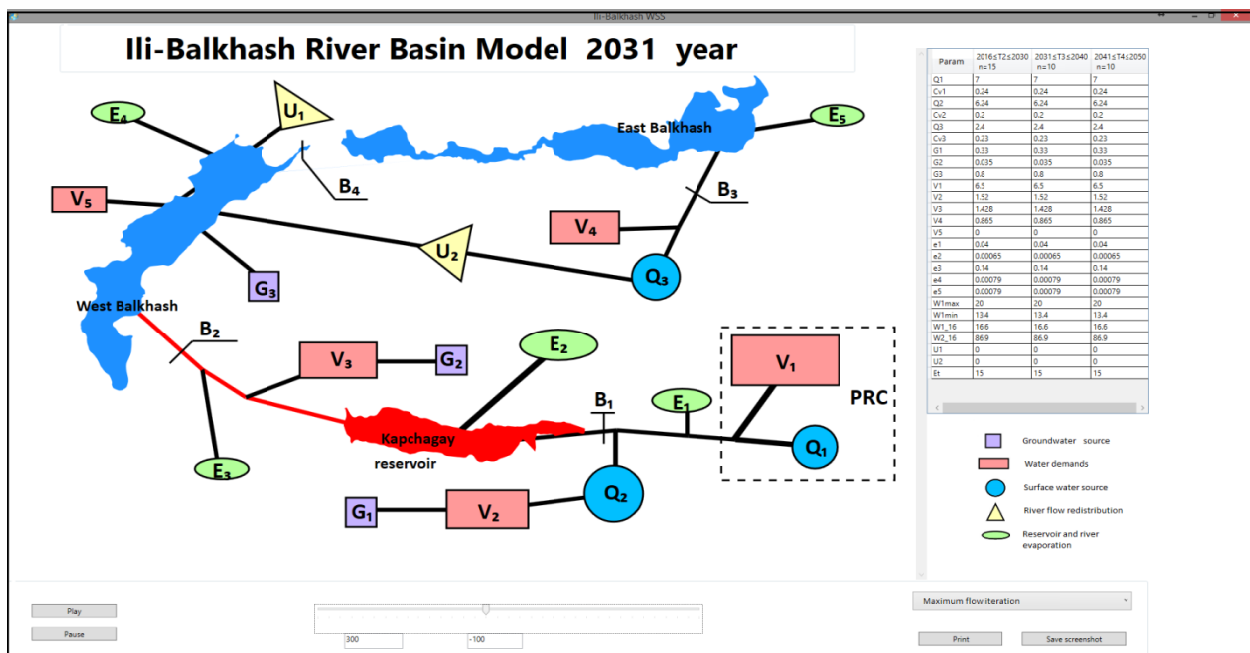


Figure 10 – Ili-Balkhash river basin two-dimensional interactive visualization

Conclusions. Submitted mathematical and software package improves efficiency of water management of the Ili-Balkhash river basin as well as an opportunity for assessment and forecasting in the management of Transboundary Rivers. Computer modeling of river basin allows making policy decisions, according the analysis of simulated data.

The values of the input parameters based on actual data, expert hypotheses or a preliminary analysis. The sensitivity of the results evaluated through a series of iterations. The model accuracy surveyed through a validation period (1992–2011). Model performance for 20-years validation period evaluated using most reliable actual data: downstream reservoir flow and Balkhash Lake level dynamics. Hydrological simulation model of Ili-Balkhash river basin created in object-oriented programming language C#. The developed mathematical software package includes a set of modules: graphical interface, mathematical functions, interactive analysis, and interaction with the operating system. The model

has a two-dimensional visualization of the simulation process, based on schematic symbols of objects, their interaction and parameters. Performing calculations of the model confirmed its functionality and reliability of results obtained in a wide range of input parameters, proved the effectiveness of simulation calculations for water predictive assessment of possible scenarios of river basin and Balkhash Lake hydroecological regime assessment. The numerous iterations function helps to reduce the impact of accidental inaccuracy of the model.

REFERENCES

- [1] Cai X., Ringler C., Rosegrant M. W. (2006). Modeling water resources management at the basin level: methodology and application to the Maipo River Basin. Intl Food Policy Res Inst. Vol. 149. ISBN 0-89629-152-9.
- [2] Rodríguez-Iturbe I., Rinaldo A. (2001). Fractal river basins: chance and self-organization. Cambridge University Press. ISBN 0521 47398 5.
- [3] Axel D.R. (2001). Water Management at the River Basin Level: Challenges in Latin America. Recursos Naturales E Infraestructura. Vol. 29. ISBN 92-1-121321-5.
- [4] Cai X., McKinney D.C., Lasdon L.S. (2003). Integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management. Journal of water resources planning and management. Vol. 1. P. 4-17. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2003)129:1(4).
- [5] Water resources of Kazakhstan in the new millennium. UNDP Report, 2004.
- [6] Wegerich K. (2004). Coping with disintegration of a river-basin management system: multi-dimensional issues in Central Asia. Water Policy. 6(4). P. 335-344. ISSN 1366-7017.
- [7] Dinar A. et al. (2003). Understanding Transboundary Water Conflict, Negotiation and Cooperation Second Edition. ISBN 978-9812568939.
- [8] Malkovskiy I., Toleubayeva L., Tolekova A., Dolbeshkin M., Puzikov E. (2015). The estimated model scenarios of a single water system of the Republic of Kazakhstan. Issues of geography and Geoecology journal. Almaty. N 2. P. 15-25. (In Russian).
- [9] Vörösmarty C.J., McIntyre P.B., Gessner M.O., Dudgeon D., Prusevich A., Green P., Davies P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. Nature. 467(7315). P. 555-561.
- [10] Puzikov E., Dolbeshkin, Povetkin R., Karzhaubaev. (2014). Hydrological risk assessment software for water systems of Kazakhstan. News of the academy of sciences of Kazakhstan. N 5. P. 82-85. (In Russian).
- [11] Hillston J.A. (2005). Compositional approach to performance modeling. Cambridge University Press. Vol. 12. ISBN 0-521-57189-8.
- [12] Robinson S. (1997). Simulation model verification and validation: increasing the users' confidence. Proceedings of the 29th conference on winter simulation. IEEE Computer Society. P. 53-59. DOI:10.1145/268437.268448.
- [13] Fisher M.S. (2007). Software verification and validation: an engineering and scientific approach. Springer Science & Business Media. ISBN 978-0-387-47939-2.
- [14] Petr T. (1992). Lake Balkhash, Kazakhstan // International Journal of Salt Lake Research. Vol. 1. P. 21-46. DOI: 10.1007/BF02904950.
- [15] Malkovsky I. (2008). Water Supply Geographical bases of Kazakhstan's natural-economic systems. Almaty. ISBN 9965-9022-5-9. (In Russian).

М. Долбешкин, Е. Пузиков, Р. Поветкин

География институты, Алматы, Қазақстан

ОРТАЛЫҚ АЗИЯДАҒЫ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ ІЛЕ-БАЛҚАШ ӨЗЕНІ БАССЕЙНІНІҢ МОДЕЛДЕУ

Аннотация. Ұсынылған мақала Іле-Балқаш трансшекаралық өзен алабының математикалық компьютер үлгілеуі. Негізгі құралы ретінде үлгілеуді пайдалану автоматизациялау үшін және су шаруашылық есептеулерді оңтайландыру, су теңдестік алаптарын үлгілеу, және де суға деген табиғи-экономикалық қажеттілігің ескере отыра трансшекаралық ағынды жағдайында су қорына болжау және талдау. Үлгілеу сценарийлерін анықтауға, сумен қамтамасыздандыру жүйесінің сезімталын тексеру және де аймақтың экономикасы және қоршаған ортаға оның әсерін анықтауға мүмкіндік береді. Осы зерттеулерде негізгі назар Балқаш көлі алабын сумен қамтамасыздандыру жүйесінің динамика-стохастикалық үлгеуің жүзеге асыру. Үлгілеу құбылмалық талдаумен және Монте-Карло әдісін пайдалана стохастикалық қасиеттерін бағалаумен толықтырылған. Үлгілеу C# бағдарлама нысанды-бағдарлану тілінде жүзеге асырылған. Іле-Балқаш алабының су теңдестік үлгілеу алгоритмі өңделген. Сумен қамтамасыздандыру сценарийлері еңгізілген және өңделген. Статистикалық бағалау модулі өңделген. Үлгілеу нәтижелерінің көзбен шолу блогі өңделген.

Түйін сөздер: су қорларын басқару, өзен алаптарын үлгілеу, қоршаған орта, су қорлары, гидрология, сумен қамтамасыздандыру, математикалық компьютерлік үлгілеу, динамика-стохастикалық үлгілеу.

М. Долбешкин, Е. Пузиков, Р. Поветкин

Институт Географии, Алматы, Казахстан

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЛЕ-БАЛКАШСКОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО БАССЕЙНА
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

Аннотация. Статья представляет математическую компьютерную модель Иле-Балкашского трансграничного речного бассейна. Использование моделирования как основного инструмента для автоматизации и оптимизации водохозяйственных расчетов, моделирование бассейновых водных балансов, а также анализа и прогноза водных ресурсов в условиях трансграничности стока с учетом природно-экономических потребностей в воде. Модель позволяет определить возможные сценарии, проверить чувствительность системы водообеспечения и ее влияние на окружающую среду, и экономику региона. Основное внимание в этом исследовании уделяется реализации моделируемой динамико-стохастической модели системы водообеспечения бассейна озера Балкаш. Моделирование модели дополняется анализом неопределенности и оценкой стохастических свойств с использованием метода Монте-Карло. Модель реализована в объектно-ориентированном языке программирования C#. Разработан алгоритм моделирования водного баланса Иле-Балкашского бассейна. Разработаны и внедрены сценарии водообеспечения. Разработан модуль статистической оценки. Блок визуализации результатов моделирования.

Ключевые слова: управление водными ресурсами, моделирование речных бассейнов, окружающая среда, водные ресурсы, гидрология, водообеспечение, математическая компьютерная модель, динамико-стохастическая модель.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 181 – 189

UDK 910.3:633.2 (574.1)

**T. K. Salikhov¹, K. S. Baikov², T. S. Salikhova¹, R. S. Sarsengaliyev³, G. Zh. Nurgaliyeva⁴,
A. K. Kushenbekova³, A. A. Ayurzhanayev⁵, M. T. Alibaeva¹**

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

²Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia,

³Central Siberian Botanical garden of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia,

⁴West Kazakhstan Agrarian-Technical University named Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan,

⁵Atyrau State University named after Kh. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan,

⁵Baikal Institute of Nature Management Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ulan-Ude, Buryatia, Russia.

E-mail: tuatai_76@mail.ru; salikhov_tk@enu.kz

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF FODDER GROUNDS OF THE PROJECTED STATE NATURE RESERVE "BOKEYORDA" IN WEST KAZAKHSTAN REGION

Abstract. As a result of the study of geoecosystems, an assessment of the state of the forage lands of the projected state nature reserve "Bokeyorda" of the West Kazakhstan region was carried out. Based on the ecosystem analysis and GIS technology, the boundaries of the reserve are defined, zoning of functional sites was carried out and a map of forage lands was compiled. The analysis of the causes of degradation of the reserve's forage lands is performed. Characteristics of the main types of pasture digressions are given.

Key words: projected state nature reserve, steppes, ecosystem, fodder land, digression.

Preservation of the biological diversity of ecological systems, unique natural complexes, objects of the natural reserve fund, cultural and natural heritage of the Republic of Kazakhstan is one of the important tasks of the state at the present stage. In order to preserve and restore biological diversity and natural ecological systems, the Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan approved the "Concept for the Development and Location of Specially Protected Natural Territories of the Republic of Kazakhstan until 2030". It is aimed at preserving biological diversity, preserving the whole diversity of microorganisms, flora and fauna, as well as natural ecological systems, preventing their losses as a result of economic and other activities [1].

Natural areas should be protected from various risks, such as pollution, poisoning of plants, presence of dangerous wild animals, etc. All natural resources, being carriers of energy and information, are tourist-recreational resources. The availability of natural resources is the first condition for location of productive forces in the region. The quantity, quality and combination of resources determine the potential in natural resources of the territory, which is an important factor in the distribution of population and economic activity. The natural resource potential in the sphere of tourist and recreational services has an impact on its market specialization and its place in the territorial division of labor.

At present, intensive anthropogenic impact on the environment is observed in a number of the most economically developed regions of Kazakhstan, including the West Kazakhstan region. In these conditions, the issues of effective management of drylands are of key importance in achieving the goals of sustainable use of natural resources, competitiveness of rural commodity producers, Kazakhstan's accession to the WTO and the list of 50 most competitive countries in the world [2].

Nowadays, the system of specially protected natural areas of the West Kazakhstan region is represented by 3 state nature reserves of national importance and 7 PAs of regional importance, the total area of which is 188.7 thousand hectares or 1% of the total area of the region. At the same time, there are no PAs with a strict regime of protection and with the status of a legal entity [3, 4].

Experimental. In this research of the west of West Kazakhstan region, geographically in the basin of the Small Uzen and Aschyozek rivers, the space of the Volga-Ural interfluve, in the northwestern part of the Caspian lowland within the territory of the Zhanibek, Kaztalov and Bokeyorda regions on the flat and slightly wavy Plain, the vegetation cover for fodder lands was studied with the identification of valuable forage grasses and anthropogenically disturbed ecosystems by conventional methods [5-13]. The area is 690.9 thousand hectares, or about 4.5% of the region's territory (Figure 1). The monitoring sites were bookmarked with the application of their data to the topographic map and the GPS data on the sites were recorded. Fodder land mapping was carried out.

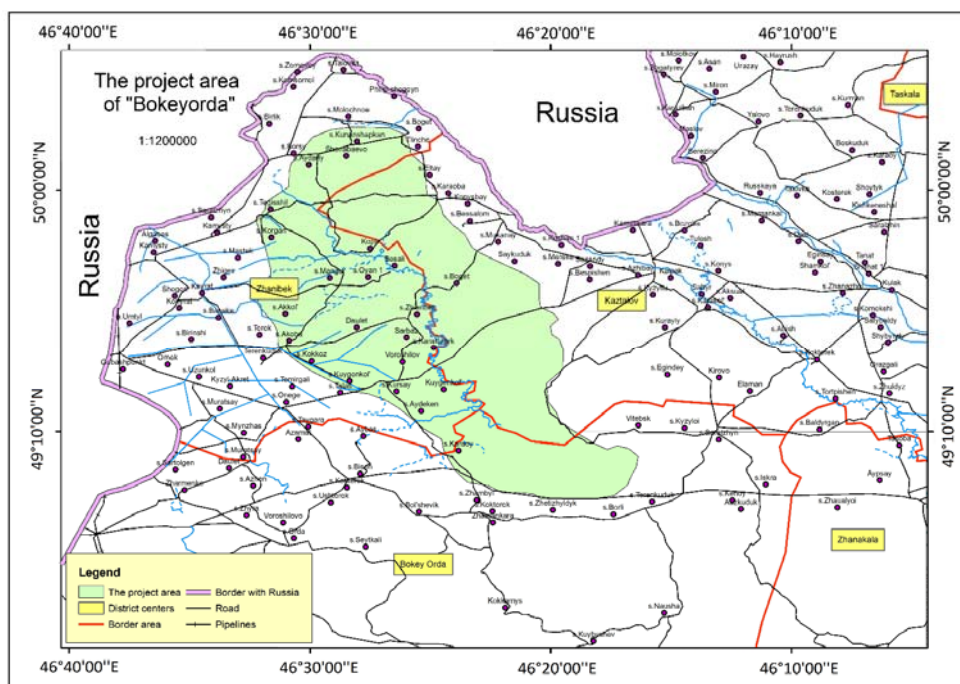


Figure 1 – Map of the projected State Natural Reserve ‘Bokeyorda’ in West Kazakhstan region

Studies were carried out within the framework of the project of the Government of the Republic of Kazakhstan and the Global Environment Facility of the United Nations Development Program "Conservation and Sustainable Management of Steppe Ecosystems" aimed at increasing steppe ecosystems.

Results and discussion. In the flora of the projected territory of the state natural reserve (SNR) "Bokeyorda" we have identified 537 species of vascular plants belonging to 66 families and 265 genera. However, this number does not completely cover the entire species composition of the flora. Only 42.7% of species (537), 54.4% (265) genera and 56.4% (66) families are represented on the territory of the West-Kazakhstan region on the territory of the SNR "Bokeyorda". The most abundant species are the three species: Compositae Biseke, represented by 95 species (17.3%), cereals (Gramineae Juss) - 54 species (9.8%) and mammals (Chenopodiaceae Vent) - 42 species (7.6%). A total of 191 species (35%) [8].

The projected territory of the SNR "Bokeyorda" is located in two natural zones of the steppe (sub-zone of semi-shrub-turf-steppe desert steppes on light-chestnut soils) and semi-desert (northern sub-zone

of wormwood and perennial-salt semi-deserts on brown soils). In the system of botanical-geographical zoning, the proposed territory is represented by the Euro-Asian steppe and the Afro-Asian desert regions. The steppe is represented by the most arid subzone - the Zawolzhsko-Kazakhstani semi-shrub-turf-grass-deserted steppe, which includes the northern part of the territories, and the desert is the least arid northwestern margin of the Caspian region of the North-Turan steppe desert, to which most of the Caspian lowland belongs [14]. On the projected territory, 7 types of vegetation are widely represented: steppe, desert, forest, shrub, meadow, marsh, submerged-water [15].

In this research, the assessment of the significance of the territory of the "SNR "Bokeyorda", we analyzed not only the presence of the Red Book and rare species, but also the availability of economically valuable and resource species. Also, an assessment was made of the presence of wild relatives of cultivated plants. The flora of the reserve is rich in useful plants. It has been revealed that 70% of the plants registered here (about 378 species) are economically valuable and can be used for dyeing, medicinal, tanning, technical, food, decorative and other purposes. A number of plants possess not one but several useful properties and can be used in a complex manner. Among them, the most extensive group consists of fodder species (104 species, 19%). Valuable forage grasses are various species of polynyas, greens, elm, feather grass, etc. Among the wild-growing species are many plants that have high fodder value. The economic importance of forage grasses is determined by their nutritional value, yield, eating by animals, prevalence.

Fodder plants of the projected area:

- | | | |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1. <i>Bassia sedoides</i> | 36. <i>Krascheninnikovia ceratoides</i> L. | 71. <i>Artemisia lessingiana</i> |
| 2. <i>Beckmannia eruciformis</i> L. | 37. <i>Argentina anserine</i> | 72. <i>Artemisia pauciflora</i> |
| 3. <i>Puccinellia dolicholepis</i> V. | 38. <i>Chenopodium album</i> L. | 73. <i>Artemisia monogyna</i> |
| 4. <i>Puccinellia distans</i> | 39. <i>Atriplex verrucifer</i> | 74. <i>Artemisia pontica</i> |
| 5. <i>Puccinellia tenuissima</i> | 40. <i>Atriplex tatarica</i> L. | 75. <i>Aeluropus littoralis</i> |
| 6. <i>Alyssum desertorum</i> | 41. <i>Alopecurus pratensis</i> | 76. <i>Elymus repens</i> |
| 7. <i>Calamagrostis epigejos</i> | 42. <i>Alopecurus arundinaceus</i> | 77. <i>Potamogeton lucens</i> |
| 8. <i>Calamagrostis glauca</i> | 43. <i>Psathyrostachys juncea</i> | 78. <i>Stuckenia pectinata</i> |
| 9. <i>Calamagrostis arundinacea</i> | 44. <i>Arctium lappa</i> | 79. <i>Potamogeton perfoliatus</i> |
| 10. <i>Alhagi pseudalbagi</i> D. | 45. <i>Medicago falcate</i> | 80. <i>Ceratocarpus utriculosus</i> |
| 11. <i>Polygonum aviculare</i> | 46. <i>Medicago sativa</i> | 81. <i>Ceratocarpus arenarius</i> |
| 12. <i>Linosyris villosa</i> | 47. <i>Medicago falcata</i> L. | 82. <i>Typa angustifolia</i> |
| 13. <i>Linosyris vulgaris</i> | 48. <i>Glyceria maxima</i> | 83. <i>Tanacetum achilleifolium</i> |
| 14. <i>Linosyris tatarica</i> | 49. <i>Eremopyrum orientale</i> | 84. <i>Halocnemum strobilaceum</i> |
| 15. <i>Inula Britannica</i> | 50. <i>Eremopyrum triticeum</i> | 85. <i>Suaeda physophora</i> |
| 16. <i>Melilotus officinalis</i> | 51. <i>Poa pratensis</i> | 86. <i>Suaeda prostrata</i> Pallas |
| 17. <i>Sparganium erectum</i> | 52. <i>Poa bulbosa</i> | 87. <i>Juncus Gerardii</i> |
| 18. <i>Echinochloa crusgalli</i> | 53. <i>Poa steposa</i> | 88. <i>Salicornia europaea</i> |
| 19. <i>Anabasis salsa</i> | 54. <i>Poa angustifolia</i> | 89. <i>Glycyrrhiza glabra</i> |
| 20. <i>Agropyron pectinatum</i> | 55. <i>Festuca Beckeri</i> | 90. <i>Salsola laricina</i> |
| 21. <i>Agropyron desertorum</i> | 56. <i>Festuca valesiaca</i> | 91. <i>Salsola tamarix</i> |
| 22. <i>Camphorosma monspeliaca</i> | 57. <i>Festuca pratensis</i> | 92. <i>Butomus umbellatus</i> |
| 23. <i>Limonium gmelinii</i> | 58. <i>Carex praecox</i> | 93. <i>Spiraea crenata</i> L. |
| 24. <i>Trifolium pratense</i> | 59. <i>Carex stepnophylla</i> | 94. <i>Spiraea hypericifolia</i> L. |
| 25. <i>Trifolium repens</i> | 60. <i>Carex melanostachya</i> | 95. <i>Phleum pretense</i> |
| 26. <i>Climacoptera brachiata</i> | 61. <i>Melica altissima</i> | 96. <i>Phleum phleoides</i> |
| 27. <i>Stipa capillata</i> | 62. <i>Petrosimonia triandra</i> | 97. <i>Koeleria cristata</i> L. |
| 28. <i>Stipa zaleskii</i> | 63. <i>Plantago lanceolata</i> | 98. <i>Phragmites australis</i> |
| 29. <i>Stipa lessingiana</i> | 64. <i>Agrostis Alba</i> | 99. <i>Achillea millefolium</i> |
| 30. <i>Stipa sareptana</i> | 65. <i>Agrostis capillaris</i> | 100. <i>Lathyrus pratensis</i> |
| 31. <i>Leymus ramosus</i> | 66. <i>Agrostis canina</i> | 101. <i>Setaria viridis</i> |
| 32. <i>Bromus tectorum</i> | 67. <i>Artemisia austriaca</i> | 102. <i>Setaria glauca</i> L. |
| 33. <i>Bromus secalinus</i> | 68. <i>Artemisia terrae-albae</i> | 103. <i>Onobrychis arenaria</i> |
| 34. <i>Bromus inermis</i> | 69. <i>Artemisia scoparia</i> | 104. <i>Onobrychis sibirica</i> |
| 35. <i>Kochia prostrata</i> | 70. <i>Artemisia lercheana</i> | |

The fodder land in the territory of the SNR "Bokeyorda" can be divided into the following groups depending on habitat conditions (soils, landforms) and species composition: steppe pastures with prevalence of the feather grass over the plains, steppe pastures with prevalence of feather grasses (*Stipa capillata* and *Stipa sareptana*) along plains and valleys, steppe and deserted pastures with predominance of *Agropyron (pectinatum* and *desertorum)* along plains and valleys, steppe and deserted pastures with predominance of *Festuca valesiaca* over plains and valleys, meadow-steppe meadow pastures with predominance of the *Spiraea hypericifolia L.* along the valleys, meadow grasses-cerealspastures along the river valleys, meadow pastures with the predominance of soft-stemmed grasses (*Elymus repens*) along the valleys and river valleys, sagebrush pastures with predominance of wormwood (*Artemisia austriacaon*) on the plains, mixed-pasture pastures with a predominance of wormwood on bitterly saline habitats and juicy-solyankovye pastures in solonchaks leaved grasses (Figure 2).

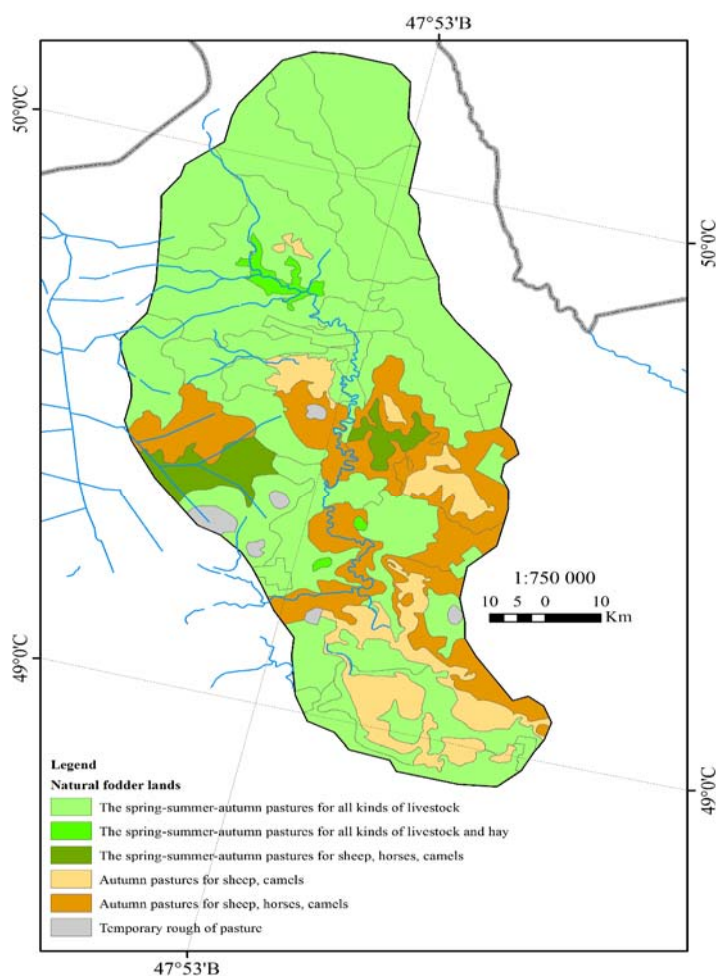


Figure 2 – Map of natural fodder land for animal species of the projected state SNR “Bokeyorda”

The most common steppe pastures on the plain are: *Festuca valesiaca*-Gramineae, *Festuca valesiaca*-wormwood, *Agropyron Gramineae*. The maximum mass of cereals is given in the summer. The yield of pastures in some areas varies from 2 to 6 centners/ha. Turf grasses are characterized by high nutritional value and good eating during the entire pasture season. Cereal pastures are used as spring-summer-autumn pastures. On the solonetztes there are *Artemisia pauciflora* and *Tanacetum achilleifolium* pastures, the herbage of which is a good addition to the cereal forage in the autumn period. The yield of *Artemisia pauciflora* pastures reaches 2-4 c/ha, and *Tanacetum achilleifolium* pastures of 1-2 c/ha. The *Elymus repens* pastures of the projected area are characterized by yields ranging from 20 to 40 c/ha. In the solonchak common *Chenopodium album L.*, *Anabasis salsa*, *Suaeda* pastures. The yield of the *Chenopodium album L.*-*Anabasis salsa* pastures ranges from 1.5 to 5 c/ha.

A serious problem in the current economy of the studied area is the failure to comply with the principles of distribution of pasture load - the result of lack of professionalism in the organization and conduct of livestock grazing.

Additionally, overgrazing of livestock takes place directly near the settlements of Saralzhy, Karaoba, Tegisshil, Borsy, Akoba.

The studied area is characterized by the irrational use and excessive exploitation of pastures. The reasons for this are, firstly, lack of pasture in agricultural units and, secondly, insecurity of many pastures by watering sites, due to which the areas lying closer to ponds, wells and other sources of water are systematically overgrazed. The same overgrazing explains the appearance of sites under different associations, characteristic for the stage of failure, confined to the remains of abandoned settlements, to old camps, broken down wells and abandoned wintering grounds. The type of such malfunctions varies depending on habitat conditions and composition of animals, to a lesser extent on the original association, since often the same types of failures can occur in the place of different plant groups. This similarity of the final results of digression at different initial stages indicates that at its extreme stages a completely new, qualitatively different situation is created, which has a decisive influence on the formation of the vegetation of such sites, regardless of the initial floral and other differences. During the field research on the territory of the SNR "Bokeyorda" using the data of V.V. Ivanov [16], six types of faults were identified: black wormwood-saltwort disruptions (*Artemisia pauciflora-salsola*), ephemeral-mortuaries disruptions (*Cremoporum-ephemerae*), chagyr disruptions (*Artemisia arenaria* and its companions), distal-sagebrush failures (*Artemisia procera*). Lerhopolyno-ephemeral disruptions. (*Artemisia Lerchiana*). ephemeral-ebelekovye disruptions (*Ceratocarpus arenarius*).

Black wormwood-saltwort disruptions (*Artemisia pauciflora-salsola*). Predominantly, sheep grazing is responsible for the emergence of quite frequent in the zone of complex steppes of black wormwood-saltwort (*Artemista-salsola*) malfunctions developing from the previously existing black sagebrush (*Artemista-gramineal*) and grassy-blackgrass groupings. From conventional chernopolynnyh associations they are distinguished by an extremely depressed state of wormwood oliganthous (*Artemisia pauciflora*) and her faithful companion kamforosmy Marseilles (*Camphorosma monspeliacum*) and wide distribution of annual species of thistles (*Salsola*), among which there are anabasis leafless (*Anabasis aphylla*) and sometimes saiga grass (*Frankenia hirsute*), which indicates an increased solonchakiness of the site. Ordinary bug is also pierced (*Lepidium perfoliatum*) and *Descurainia Sophia*, but their role is small.

Ephemeral-mortuaries disruptions (*Cremoporum-ephemerae*). With the activity of sheep, the formation of ephemeral-mortem (*Cremoporum-ephemerae*) faults is formed, formed by almost pure accumulations of annual herrings (*Eremopyrum triticeum*, *E. orientale*), among which are associations of ephemerals formed mainly by various species of cruciferous (*Brassicaceae*). Here are common bug-leaf



Figure 3 – Ephemeral-mortuaries disruptions near to the Tatken wintering in Zhanibek district

piercing (*Lepidium perfoliatum*), *Descurainia Sophia*, *Alyssum desertorum*, chorispora delicate (*Chorispora tenella*), to which sometimes the consanguineous primate (*Ceratocephalus orthoceras*), the small moth (*Myosurus minimus*), large (*Androsace maxima*) and ephemeroïds: small geese (*Gagea minima*) and Bilbifer sparaxis (*sparaxis*) and undersized specimens of ebelek: the sandstone (*Ceratocarpus erenaruis*). In the spring, up to the middle of May, the projective coverage of such groupings reaches 70-80% and they can give up to 4-5 c/ha of dry mass, which does not really matter, since all the named plants are not eaten by animals. The duration of existence of ephemeral associations, apparently, is quite large. We had to meet similar sites of 8-10-year-old age near Samey, Shopan-Kuduk and in a number of other places. Their origin from the grass areas of the steppe is confirmed by the remains of the *Fesluca sulcata*, *Koeleria gracilis* and *Potentilla argentea* that persist in them in some places.

Chagyr disruptions (*Artemisia arenaria* and its companions). In the southern part of the projected area, chagory failures formed by eating animals, formed by wormwood sand (*Artemisia arenaria*) and its companions – *Asperula Danilevskiana*, *Eremosparton aphyllum*, chondrilla Sitnikovida (*Chondrilla funcea*), Siberian tourne (*Tournetortia sibirica*), giant sturgeon (*Elymus giganteus*), camel thorns (*Alhagi pseudoalhagi*), and common (*Peganum harmala*). Unsuitable for haying, or for bleeding, chagyrs are either not used at all, or serve for fuel preparation, which dooms them to further dispelling. Such chagyrs represent, in the vast majority of cases, one of the stages of pasqual digression; when providing rest, they are extremely slow (for 10-25 years), but are steadily transformed into wormwood-cereal "sandy steppe" [13].

Distal-sagebrush failures (*Artemisia procera*). In the estuaries and often in the floodplain meadows, also under the influence of cattle, there are chili-sagebrush scotoprobes represented by large bushes of the *Artemisia procera*, with which the common cocklethorn (*Xanthium strumarium*), the large burdock (*Arctium lappa*), Occasionally licorice naked (*Glycyrrhiza glabra*), and on sandy soils – a fossil felted (*Petasites tomentosus*) and a camel Marshall (*Corispermum marschallii*). The same tapes with a chisel wormwood stretch along the cattle trail paths along the shores of lakes and rivers, for example along the Aszyozeku. The duration of their existence is measured by ten or more years, but they are resistant only to the appearance of sheep, beginning to gnaw leaves of wormwood and turning these groupings into a highly sparse weed (ruderal) malfunction (rudus).



Figure 4 – Tall wormwood disruptions near to Ushtan wintering in Zhanibek district

Lerhopolyno-ephemeral disruptions. Lherhopolyno-ephemeral (*Artemisia Lerchiana*) scotopoies, which are caused by grazing of various types of livestock from the communities of cereals (*Gramineae*) and Lerholyna-cereal associations, are also frequent. Among the rare and largely oppressed wormwood of Lerch (*Artemisia Lercheana*) and the same rod (*Kochia prostrata*), here in the spring, the *Roa bulbosa*, *Carex praecox* and the species *Eremopyrum*, thanks to which such pastures still retain some fodder value until mid-June.

Ephemeral-ebelekoye disruptions. One of the most common types of disruptions should be called the Ebelian (from *Ceratocarpus arenarius*), formation of which can be caused by animals. Abelian failures are characteristic of more or less cohesive light chestnut soils, developing both from cereal and Lerholyna-cereal communities. Ebelek is eaten by all kinds of livestock, why he himself on such sites is represented by extremely short, small plants, which still form an almost continuous grayish carpet. In addition to the Ebeleks (*Ceratocarpus*), *Camphorosma monspeliacum*, *Lepidium perfoliatum* and *Alyssum desertorum*, which are not eaten by cattle, are common here. Very rare are the underdeveloped, severely depressed *Kochia prostrata* and single specimens of *Roa bulbosa*. *Descurainia sophia*, *Chorispora tenella* are also common here, to which *Ceratocephalus orthoceras* (*Myosurus minimus*), *Androsace maxima* and ephemerooids (*Gagea minima* and *S. bulbifera*) sometimes attach in notable numbers. It is eaten only in the first half of summer, when the yield of such a malfunction is about 1.0-1.5 c/ha.

Conclusions. The assessment presented in this work is schematic; more accurate results can be obtained by taking into account a detailed ration of livestock and productivity of forage lands in the region.

In order to increase the productivity of hayfields and pastures and to prevent their degradation, it is necessary to follow recommendations for their rational use. The rational use of fodder lands includes pasture rotation systems with proper grazing organization, optimum timing of the beginning and end of grazing, proper distribution of pasture areas between different livestock species, maintenance of a moderate load and provision of conditions for good growth, renewal of forage grasses and accumulation of nutrients. Since there is a favorable condition for the level of load of livestock in the pasture, it is possible to further increase its livestock in all landscape areas of the region.

Due to the decrease in the number of vulnerable endangered plant species and increase in the anthropogenic pressure on their habitats it is necessary to prohibit a cutting down of forests, cattle grazing, plowing of steppes, collection of flowers, seeds and bulbs. In addition, it is necessary to optimize pasture use and haymaking taking into account conservation of biodiversity of wild plants and to change pastures and hayfields.

Based on the results of the assessment of the ecological state, it is recommended to develop a system of measures to improve the use of pasture territories. Since there is a favorable condition for the level of load of livestock in the pasture, it is possible to further increase its livestock in all landscape areas of the region. To preserve the biodiversity of the steppes used for grazing, it is advisable to alternate regimes of adjustable grazing in the paddock system.

Taking into account the fact that currently in the West Kazakhstan region there are no specially protected natural areas with strict protection regime, the organization of a new environmental institution will allow us not only to ensure preservation and restoration of the steppe biodiversity of the region, but also to improve social and economic conditions through creation of additional work places, development of ecological tourism, etc. To a large extent this will be facilitated by the creation of a large State Nature Reserve "Bokeyorda" and an integrated state nature reserve in the west of the West Kazakhstan region.

Acknowledgements. Research was carried out in the framework of the project of the Government of Kazakhstan and the Global Environment Facility, United Nations Development Programme 'Conservation and sustainable management of steppe ecosystems', which is aimed at increasing the steppe ecosystems. Contract No 62761.

REFERENCES

- [1] Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan "On the Concept of Development and Location of Specially Protected Natural Territories of the Republic of Kazakhstan to 2030" dated 10 November 2000 No 1692.
- [2] Ahmadenov K.M. Geographical aspects of land management in the West Kazakhstan region (within the Volga-Urals interfluvium): Dis. Cand. geographer. Sciences: is protected by 11.12. 2009. Astrakhan, Uralsk: ZKATU, 2009. 24 p.

[3] Petrenko A.Z., Jubanov A.A., Fartushina M.M., Irkalieva R.M., Ramazanov S.K., Sdykov M.N., Darbayeva T.E., Kolchenko O.T., Chernyshov D.M. Natural resource potential and projected objects of the reserve fund of the West Kazakhstan region. Uralsk: WKGU, 1998. 86 p.

[4] Petrenko A.Z., Jubanov A.A., Fartushina M.M., Chernyshev D.M., Tubetov Zh.M. The Green Book of the West Kazakhstan region. Cadastre of natural heritage sites Uralsk: Publishing House of WKGU, 2001. 194 p.

[5] Alekhin V.V. Method of field study of vegetation and flora. M., 1983. 203 p.

[6] Andryushchenko O.N. Naturally-historical areas of the Caspian lowland (Mesopotamia Volga-Ural) // Proceedings of the Geographical Faculty of the Belarusian State University. Minsk, 1958. P. 137-219.

[7] Darbayeva T.E. Abstract of the flora of the Cretaceous Uplands of North-Western Kazakhstan. Uralsk, 2002. 131 p.

[8] Darbaeva T.E., Utaubaeva A.U., Tsygankova T.A. Flora of the West Kazakhstan region. Uralsk, 2003. 92 p.

[9] Methodological guidelines for keeping the Nature Annals in specially protected natural areas with the status of a legal entity. Approved by the Forestry and Hunting Committee of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated April 18, 2007 No 156.

[10] Salikhov T.K. Geoecological assessment of the State Nature Reserve "Bokeyorda": monograph. Almaty: Evero, 2017. 232 p.

[11] Salikhov T.K., Karagoishin Zh.M. Svanbayeva Z.S., Inkarova Zh.I., Dukenbayeva A.D., Sagatbaiev E.N., Rakisheva A.K. Geoecological assessment of the projected State Nature Reserve 'Bokeyorda' in West Kazakhstan Region // Oxidation Communications. 2016. N 39 (4). P. 3579-3590.

[12] Salikhov T.K., Salikhova T.S., Khalel G.K. The Geoecological characteristics and Recreational potential on the territory of the projected State Nature Reserve "Bokeyorda" West Kazakhstan region /News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2017. N 2. P. 113-119.

[13] Salikhov T.K. The Field studies and monitoring soil on the territory of the planned State Nature Reserve "Bokeyorda" West Kazakhstan region /News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2017. N 4(424). P. 258-269.

[14] Lavrenko E.M. Steppes of the Euro-Asian steppe region, their geography, dynamics and history // Questions of botany. Moscow; Leningrad: the publishing house of the Academy of Science of the USSR. 1954. Issue 1. P. 155-191.

[15] Levina F.Ya. Vegetation of the semi-desert of the Northern Caspian and its fodder value. M.; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1964. 336 p.

[16] Ivanov V.V. Steppes of Western Kazakhstan in connection with the dynamics of their cover. M.; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1958. 288 p.

**Т. Қ. Салихов¹, К. С. Байков², Т. С. Салихова¹, Р. С. Сарсенғалиев³, Г. Ж. Нұрғалиева⁴,
А. К. Кушенбекова³, А. А. Ауржанаев⁵, М. Т. Алибаева¹**

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

²Сібір мемлекеттік геожүйелері мен технологиялар университеті, Новосибирск, Ресей,

²Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімшесінің Орталық Сібір Ботаникалық бағы, Новосибирск, Ресей,

³Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан,

⁴Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Атырау, Қазақстан,

⁵Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімшесінің Байқал табиғат пайдалану институты,

Улан-Удэ, Бурятия, Ресей,

**БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДА ЖОБАЛАНҒАН «БӨКЕЙОРДА»
МЕМЛЕКЕТТІК ТАБИҒИ РЕЗЕРВАТ АУМАҒЫНДАҒЫ МАЛ АЗЫҒЫНА АРНАЛҒАН
ЖЕРЛЕРІН ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДАН БАҒАЛАУ**

Аннотация. Ғылыми зерттеу жүргізу нәтижесінде Батыс Қазақстан облысында жобаланған «Бөкей-орда» мемлекеттік табиғи резерват мал азығына арналған жерлердің қазіргі кездегі геоэкожүйелерін бағалау жүргізілді. Экожүйелік талдау және ГАЖ технологиясы негізінде функционалдық учаскелер мен резерваттың шекаралары анықталып, мал азығына арналған жерлердің картасы жасалынды. Резерваттың мал азығына арналған жерлердің тозу себептері талданды. Жайылымның дигрессияға ұшыраған жерлерінің негізгі түрлері сипатталған.

Түйін сөздер: жобаланған мемлекеттік табиғи резерват, дала аймағы, экожүйе, мал азығына арналған жерлер, дигрессия.

Т. К. Салихов^{1*}, К. С. Байков², Т. С. Салихова¹, Р. С. Сарсенгалиев³, Г. Ж. Нурғалиева⁴,
А. К. Кушенбекова³, А. А. Аюржанаев⁵, М. Т. Алибаева¹

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

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, Россия,

²Центральный Сибирский ботанический сад Сибирское отделение Российской академии наук,
Новосибирск, Россия,

³Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, Казахстан,

⁴Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан,

⁵Байкальский институт природопользования Сибирское отделение Российской академии наук,
Улан-Удэ, Бурятия, Россия

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОРМОВЫХ УГОДИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВАТА
«БОКЕЙОРДА» ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Аннотация. В результате исследования геосистем проведена оценка состояния кормовых угодий проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области. На основе экосистемного анализа и ГИС-технологии определены границы резервата, проведено зонирование функциональных участков и составлена карта кормовых угодий. Выполнен анализ причин деградации кормовых угодий резервата. Дана характеристика основных типов пастбищных дигрессий.

Ключевые слова: проектируемый государственный природный резерват, степи, экосистема, кормовые угодья, дигрессия.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 190 – 201

UDC 621.793.71

A. Z. Bukayeva¹, Y. K. Nurymov¹, V. V. Povetkin¹, A. V. Khandozhko²

¹Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev,
Department of Standardization, Certification and Engineering Technology, Almaty, Kazakhstan,
²Bryansk State Technical University, Department of Metall-Cutting Machine Tools and Instruments,
Bryansk, Russia.

E-mail: amina_bukaeva@mail.ru, erlik1982@mail.ru, vv1940_povetkin@mail.ru, chandosh@yandex.ru

**STUDY OF THE APPLICATION HIGH VELOCITY
THERMAL SPRAYING TOOLS USED
IN TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS**

Abstract. In the article the questions of creation of new designs of thermo-tools for destruction of rocks at processing and extraction of block stone, possessing the raised power characteristics and their application as a working body, the mechanized aggregate of the stone carving machine are considered. Gas-flame processes of applying wear-resistant coatings on the surface of machine parts are also considered. Extension of the field of application of supersonic high-temperature jets is the use of them to remove the insulating coatings of oil and gas pipes, with the introduction of a jet of solid particles (abrasive material or water) to obtain an elastic vapor-gas jet for cleaning the surface of pipes.

Keywords: high velocity sprays, combustion chambers, fuel components (oxygen, propane, kerosene, air), oil and gas pipes, rock.

1. Introduction. Development of facing stone deposits has a number of specific features that allow allocating such type of quarries to a special group of mining enterprises. As noted in [1], these features are as follows:

1. requirement to preserve the key quality indicators of stone in the process of its quarrying (i.e. strength, block size and decorative properties);
2. application of special techniques to separate the stone blocks from the face, their loading, transportation and lifting from the quarry;
3. application of special development system options and deposit opening techniques.

The first feature determines the operating characteristics of dimensional stone quarries. It imposes conditions both on the tools and organization of quarrying operations. Everything is based on the stone integrity preservation. As the quarry operation practice indicates, even when the cracks and micro-orientation of minerals are correctly used, yield of large blocks from the rock mass rarely exceeds 25-30% in principle, and the remaining rock mass is a rubble stone, small blocks, etc.

Knowledge of the massif structure anisotropy, which should be considered when selecting the development techniques and directions, has a great importance in the process of work organization in the quarry. The massif structure anisotropy is noted in granites, which simplifies the stone split in the certain directions.

Facing stone is generally quarried by using two techniques:

1. Stone block spalling by using the wedges. Such technique consists in the fact that the holes are drilled along the spalling line, and then the steel wedges are driven into them. A strong mechanical shock is made on these wedges. Such technique is quite laborious and time consuming [2].
2. Thermal stone cutting with fiery jet. Such technique differs with high speed, relatively low cost and high work quality.

Let us consider the second technique in more detail. Thermal technique introduced into production on surface treatment and penetration of slotted workings in the granite massif has significantly increased the work efficiency. There was a possible additional exposure of monolith prepared for breaking. With the application of thermal penetration of slotted workings in the massif, a monolith should be broken when it is exposed on the four planes. A monolith prepared for breaking should be connected with massif by one vertical and horizontal plane. Moreover, the horizontal plane is selected in the place where there is a natural horizontal crack. Such a process layout for breaking has contributed to the stone integrity preservation. Yield of blocks has increased for up to 25–40%. However, the technology basis is an availability of the natural horizontal cracks [1-6].

The main tools for penetration of slotted workings in the granite massifs are hand gasoline-air torches. Such torches enable penetration of slotted workings only in the vertical direction [7, 8].

The depth of workings is generally 1.5-3 meters, although there are examples on penetration of workings to a depth of five meters and more. It is difficult to implement penetration by the hand torches, since they become hard to manage.

In accordance with the terms of reference of the scientific project under the RoK MES grant, a laboratory model of the new machine design - thermal stone cutting unit was designed and manufactured in 2015. The technical requirements include the requirements of design simplicity, maintainability and operating safety, which will ensure a high operating performance of the new machine design.

According to the terms of reference, the thermal stone cutting unit consists of thermal cutter, connection pipes, compressor, fuel and air supply system, as well as transport and supply system. Load bearing characteristics of the unit, including those providing the granite cutting speed of at least 50 mm/min have been justified.

Transport and supply system includes the following requirements for workspace dimensions: horizontal traverse length of at least 4.000 mm and maximum 20.000 mm; vertical traverse length of at least 6.000mm, cutter rotation in the vertical plane of at least 180°. Electromechanical drive that ensures the specific traverse speeds with step control is required for installation. Cutter weight should not exceed 20 kg.

2. Materials and methods. We have developed the improved and modernized designs of thermodynamic tools as an actuating device (TRV-60, TRV12M). They are equipped with thermodynamic nozzles, which enable increasing the energy parameters of torches. Industrial tests of these tools were conducted.

The following specifications were obtained for thermodynamic tool TRV12M: air flow – 5 m³/min, fuel flow (gasoline / diesel oil) – 15 L/hour, nozzle diameter – 13 mm, nozzle head diameter – 20(22) mm. The test results have determined the torch flame as equal to 25 cm and three-dimensional machining efficiency as equal to 4000 cm³/min.

In addition, the alternative designs of BVR80 thermal cutters (Figure 1) and its prototype TR60 have been developed.

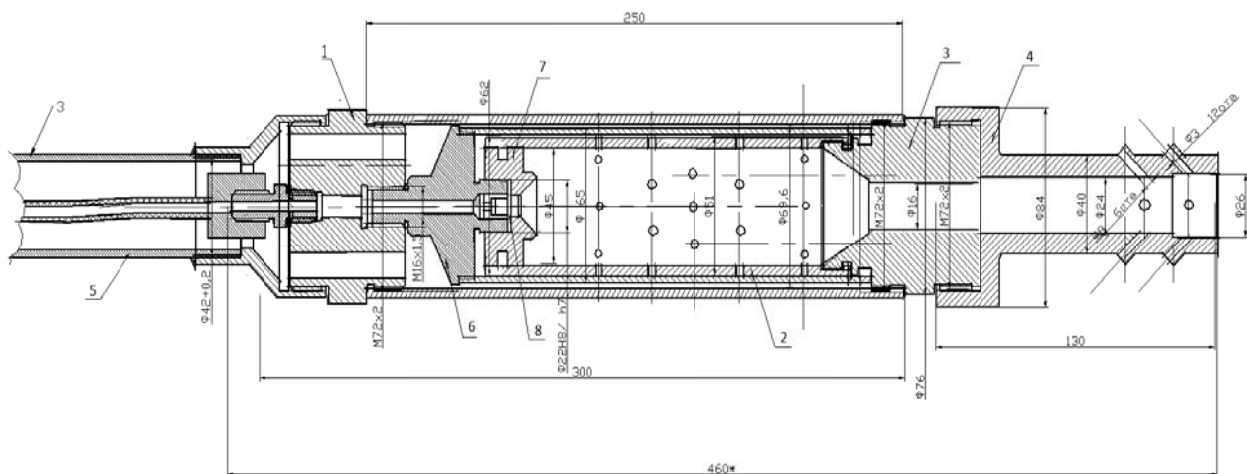


Figure 1 – BVR80 Thermal cutter: 1 – distribution head, 2 – combustion chamber, 3 – nozzle, 4 – gas-dynamic nozzle, 5 – lengthening pipe, 6 – combustion chamber back cover, 7 – air swirler, 8 – jet

Shape and location of nozzles, combustion chamber length, value of slots for air movement in the process of cooling and others have been changed in the schemes proposed.

The most difficult in solving the issue of a mechanized cutting is to obtain a stable working of slots in the areas of granite massif with the inclusion of mafic minerals and other surrounding rocks. Heterogeneity of composition along the cutting line leads to irregular speed of slot workings in depth. When cutting with hand thermal tools, the circumstance does not complicate slot penetration, as in this case, the irregular traverse speed of tool is easily set.

It is quite difficult to set the irregular traverse of actuating device for the stone-cutting machine and provide for an automatic speed control system depending on the thermal breaking of rocks on the face.

Attempts of such solutions were taken in the process of development of the jet-drilling rigs, where the issue was decided regarding a thermodrill feed speed control depending on the rate of face advance, i.e. the issue of maintenance of an optimal distance from the torch nozzle exit to the face. Feed speed control systems that are reliable and easy to use have not been found.

When developing the stone-cutting machines, the feed speed of actuating device should be taken as regular. The value of actuating device traverse speed and gas jet attack angle should be selected so as to reduce the heterogeneity impact in composition of rocks along the cutting line to a depth of slot working, at the same time, by compromising on working efficiency. Such situation when it is necessary to select manual regulation of actuating device (torch) feed speed on more complicated areas should be provided for.

In addition to solution of the task on ensuring a stable working of slots, a number of process tasks should be solved when developing the stone-cutting machines. For the most part, such tasks are common when developing the machines of both vertical and horizontal penetration of slots. Task on a rectangular contour slot working at the gas jet attack angles of less than 90 degrees should be solved here.

The Kharkiv Aviation Institute has determined that cutting is the most effective at the gas jet attack angles of 30-60 degrees.

They use idle stroke in the machine designs developed and perform cutting by traversing the torches only in one direction from the ledge to massif. Such circumstance leads to the fact that the slot working is made as raised. Blinding slot wall looks as inclined; inclination angle is a function of the gas jet attack angle. In such a case, the working stroke length of the torch changes in the process of cutting that makes it difficult to organize an automatic machine operation.

We have developed an experimental stone-cutting unit for penetration of the vertical slotted workings. It consists of a trolley where all the actuating device traverse drives of the machine are mounted. The trolley moves on the rail track along the cutting line. A bracket is mounted on the trolley with the carriage rack, where a rod with thermal cutter is fixed on the hinged bearings. Thermal cutter rotary drive is mounted on the same carriage, refer to Figure 2.

So, the thermal cutter may traverse jointly with trolley along the cutting line, by turning around. The thermal cutter traverse speed along the cutting line is adjusted within 0.25–1.5 cm/sec. The reverse rotation speed is set as constant and equal to 20 rot/min. The rotation angle is adjustable within 90–150 degrees. Thermal cutter drops in depth after each stroke on the value of working.

Driving motion is different in each direction. BVR-80 thermal cutter is installed as an actuating device of the stone-cutting machine.

BVR-80 Thermal Cutter Specifications.

Fuel Component Flows:

Air, m ³ /min	- 18-20
Petrol, kg/h	- 35-40
Torch Diameter, mm	- 60

Torch Traverse Motion. Torch motion speed is regulated with variator, which changes the rotation speed of drive roller. Electrical circuit of control over the traverse motion of thermal tool provides for an automatic reverse and a timed shutdown after each stroke, which makes it possible to obtain a vertical wall at the end of slot. Reverse and shutdown at the end of stroke is performed by using the limit switches. Electrical circuit provides for shutdown and activation of the carriage feed with thermal tool by using a push-button control board.

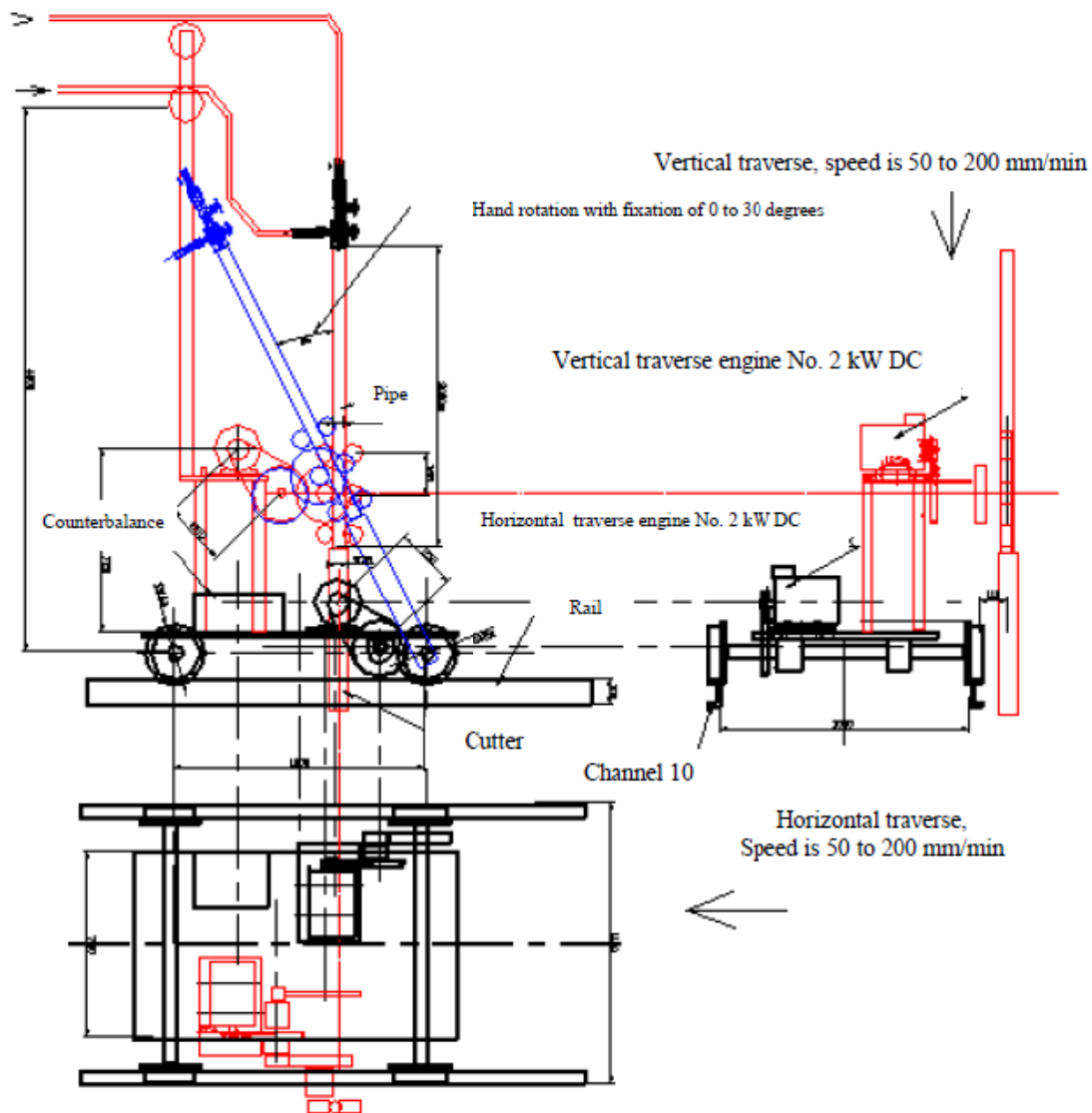


Figure 2 - Structural machine layout with thermodynamic actuating device

The use of gasoline-air torches as actuating devices of the mechanized thermal equipment is restrained by a comparatively low power at the increase of which, their overall dimensions rapidly rises, as well as by the small dimensions of torch flame (0.1–0.15 m) when using the scheme of processing with torch flame throughout its length - "band source". According to this processing scheme, the gas torch jet is directed parallel to the work surface and embedded into the rock by 0.3–0.5 torch nozzle diameter.

However, due to simplicity of gasoline-air torch operation and organization of their supply with fuel components, the use of gasoline-air torches as actuating devices of the mechanized units is relevant. Increase in the power of gasoline-air torches with no significant development of their overall dimensions and increase in the dimensions of torch flame, commensurable with the dimensions of the work surfaces of stone items (border stone, steps, etc.) is possible due to intensification of combustion processes.

One of the techniques for combustion intensification of available jets outside the nozzle exit is a post-combustion of incomplete-combustion products of fuel-rich mixture by atmospheric air ejection. When using heavy fuel mixtures in the torches, the torch ignition technique should be improved.

We have developed a new design of thermodynamic tool as the actuating device. The scheme of such thermodynamic tool is shown in Figure 3. It is proposed to use two nozzle heads in this scheme that allows maintaining the nozzle temperature as not exceeding those permissible. It increases the useful life of the latter [9].

We have developed a design of device for vertical feed of thermal cutter, enabling to enhance the cut quality and efficiency of the stone cutting process, by increasing the rigidity of pipe with thermal cutter at a large cutting depth and reducing the weight load of pipe with thermal cutter on a roller feed [10].

Application of the device proposed will increase the rigidity of pipe with thermal cutter when performing a stone massif cutting, especially at a significant length of the pipe advance downwards. Currently, the pipe advance depth reaches 6 m or more. The high pipe rigidity prevents thermal cutter from oscillation due to the gas jet action that allows making smooth and homogeneous stone cutting profile. It improves the quality of a stone massif cutting process.

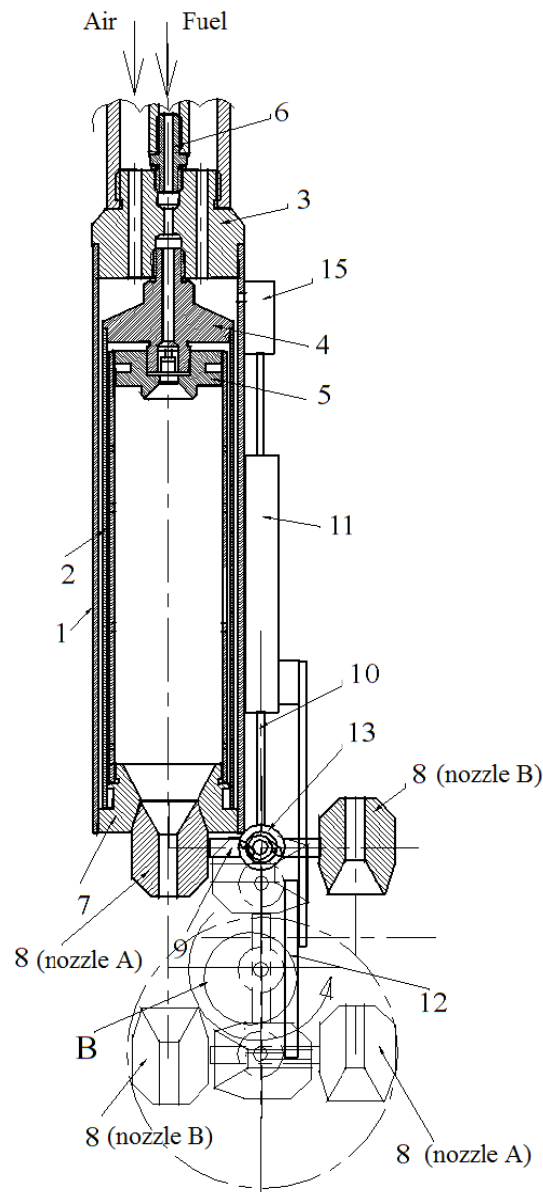


Figure 3 – Thermal cutter for stone cutting with two nozzles:
1 – thermal cutter, 2 – combustion chamber, 3 – distribution head, 4 – jet body, 5 – air swirler,
6 – fuel nozzle, 7 – nozzle body, 8 – changeable nozzle, 9–14 – nozzle rotary and change mechanism

In addition, the cable tension force reduces the impact of pipe/cutter weight force on the feed rolls that allows significantly reducing the pipe slippage in the rolls when lifting the pipe and cutter upwards, especially in case of the rapid lifting.

The specifications obtained are shown in Table 1.

Table 1 – Basic Specifications of the Motorized Machine for Cutting Slotted Workings in the Rock Mass

Name	Value
Cutting Width, at least, mm	80
Cutting Length, at least, mm	20.000
Cutting Depth, at least, mm	6.000
Fuel Type	Diesel
Flow, maximum, L/hour	50
Oxidizer	Air
Thermal Cutter, Length, mm	4.000 - 7.000
Weight, maximum, kg	25
Granite Cutting Speed, at least, mm/min	50

Figure 4 shows the stone cutting process by using BVR60 advanced thermal cutter with a gas-dynamic nozzle.



Figure 4 – Formation of slotted working by using BVR60 Thermal cutter torch with gas-dynamic nozzle

The experiments have shown that the slot width is more than 7 cm that is larger than the outer size of thermal cutter [11].

Other direction of use of the thermotools forming a supersonic high-temperature gas spray (gas-kinetic cleaning) one of the most advanced techniques of the surface treatment in technology of repair of gas of wires. This technique is mostly used in combination with mechanic (mechanical air cleaning) or abrasive (thermal abrasive cleaning) impact.

The scientists from Kazakh National Technical University named after K. I. Satpayev tested the gas-flame destruction of insulation coatings on oil & gas pipes jointly with Intergas Central Asia JSC. They developed a new design of the rocket gun, into which water is injected to form gas/steam mixture, as well as solids (grits or sand), to increase the mechanical part of the spray [12].

Two-phase flow with a high velocity of solid particles will allow increasing the speed at which the coating is destructed and further cleaning of the pipe surface for application of a new coating.

The reached rate of the flame cleaning is 10 m²/h at the fuel consumption consumption rate, the fuel consumption rate is 17–18 kg/h, the air consumption rate is 3.5 m³/min. Figure 5 presents the moment when the pipe is cleaned with a thermal hand tool.

Wide opportunities are offered by using high temperature and high velocity gas sprays (gas-dynamic metal-spraying gun) for application of thermal coatings, namely: the strength of adhesion of coating and the surface is increased and the process gets cheaper as compared to the existing plasma and detonation spraying.



Figure 5 – Treatment of the pipe with a thermal hand-tool

There is some experience in creating a pilot installation for cleaning the gas pipelines that was designed by VNIIGaz (Russia) jointly with Van Voskaleen company (Netherlands) which proved the viability of using supersonic thermal spray technologies in removing the insulation with simultaneous preparation of the surface for application of new coating during the repair of gas pipelines of a bigger diameter [13].

Metallurgical waste slag, sand, cast-iron breakage with up to 2mm fraction size as abrasive agents; compressed air, liquid fuel, compressed methane or liquefied propane is used as fuel component.

The key task in the modern development of machinery is to improve durability and reliability of assemblies and machine parts in metallurgical, chemical, oil & gas, mining, airspace, etc. industries by reducing the intensity of wear-and-tear and corrosion and by applying the thermal spraying.

The most advanced techniques for application of gas-sprayed coatings include plasma and high velocity gas flame processes [14-16].

Small-sized rocket guns with high energy capacity were first used at the ore-mining and processing enterprises in the USA and the Soviet Union. With high temperature and speed of the gas flow, they proved to be highly efficient in rock breaking, well drilling, surface treatment of granite chunks and mining the slot cuts when mining for the granite chunks.

The flow pattern in the high velocity sprays and their parameters depend on the nozzle shape, the sort of spray medium and ambient variables. According to the listed factors, it is a regular practice to group the sprays into a number of types. Based on the spray medium, distinction is made among one-phase, two-phase and three-phase sprays. Based on the nozzle shape, distinction is made among flat, axially-symmetrical and 3D sprays. Based on the stagnation enthalpy or on the structure of stagnation enthalpy or the structure of internal spray, distinction is made among low-temperature (internal energy of molecules practically consists from the energy of translational and rotational degrees of freedom), high-temperature (vibrational degrees of freedom are excited) and plasma (contribution of ionization energy is significant) sprays.

Based on the off-design (n) which is equal to ratio of the nozzle cross-section pressure to the ambient pressure, there are design ($n=1$), underexpanded ($n>1$) and overexpanded ($n<1$) sprays. Depending on the direction of the ambient motion against the nozzle, distinction is made between sprays injected into the submerged space; concurrent, counter and cross flows. Based on the tenuity, distinction is made between dense sprays and low-density gas sprays. Finally, stationary and non-stationary sprays are distinguished [17].

A high velocity spray is a non-stationary, spatially non-homogenous unstable gas formation. The gaseous environment resists the spray flow and the flow flexes warps and fluctuates. Impact and shock waves observed in the initial gas-dynamic area of high velocity spray interact with each other and the spray boundaries. When the impact waves interact in the spray itself, closed subsonic areas are formed in the flows [18].

The last decade has witnessed a rapid progress of high velocity techniques of application of powered coatings under a common English term HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) the Russian counterpart of which is the HVGF (High Velocity Gas Flame). The sprayed materials – polymers, carbides and metals – form high quality thermal-, wear- and corrosion-resistant coatings which can sustain the effects of impact and chemically-active media and high thermal loads.

Alternatives are gas dynamic cold spraying (GDCS), detonation gun (D-gun) and plasma spraying (PS) and supersonic quenching [19].

Table 2 shows that Intelli-Jet is the most advanced installation. It does not require oxygen as the oxidizing agent or water cooling [20-21].

Table 2 – Hourly Consumption of Materials of Some Sonic Gas Flame Installations

		Intelli-Jet	JP -5000	DJ2700	Top Gun
Oxygen, m ³		–	60	18	21
Compressed air, m ³		300	–	23	–
Fuel	Type	Propylene	Kerosene	Propylene	Propylene
	Consumption, kg	30	21	17	16
Nitrogen, m ³		0.96	1.2	1.08	1.02
Cooling water, m ³		–	1	0.72	0.72

According to the review of manufacturers' data [22, 23] (Table 3), Intelli-Jet provides the highest velocity of particles and the maximum temperatures of these particles which are part of alloy matrix is by 100 degrees lower than the cobalt melting point. This features that make them different from other installations lead to reduction in oxidation of particles and allow for improvement in the spraying rate. Feedstock cost-effectiveness for Intelli-Jet means reducing 1.6–2.5 times the relative cost of coatings.

Table 3 – HVGF unit output parameters WG-10Co-Cr Sprayed material, (-45+10) mcm fractions

	Intelli-Jet	JP -5000	DJ2700	Top Gun
Average velocity of particles, m/s	775	665	570	420
Maximum temperatures of particles, K	1543	2078	2253	2573
Spraying rate, kg/h	26	12	9	2.1
Sprayed material utilization ratio, %	68	40	64	60
Spraying relative cost	1	2.5	1.6	1.7

The structure and mechanical properties of the coating depend on the temperature and the velocity of sprayed particles at the moment of their contact with the backing [24].

Supersonic spraying technique is based on continuous combustion of ignitable gas in the oxygen, while forming a supersonic spray on the gun outlet. Powdered material is introduced into the flow; it is heated up and directed at a high speed to the treated part.

The process equipment for high-velocity gas flame spraying includes a high velocity gun, a container for injected powder, control, an ignitable gas bottle and an oxygen bottle.

Coatings formed by high velocity gas flame spraying have strong adhesion, low porosity and significantly increase the service life of equipment operated in the contact with aggressive media or affected by intensive wear. They have the same or even better characteristics as the coatings sprayed with plasma tools but they are 1.5–2 less expensive.

According to GOST 28076-89, thermal spraying is grouped as follows: gas flame spray, plasma spray, plasma arc spray, high-frequency plasma spray, electric arc spray, detonation spray, controlled environment plasma spraying, dynamic vacuum plasma spraying (DVS) and melt spraying. The said GOST does not describe the supersonic spraying which has been dynamically developed for the last 10-15 years in industrially-developed countries by Cabot Corporation, Browning Engineering, Thermodyne Corporation, Perkin-Elmer Corporation (USA), UTP Schweissmaterial GmbH (Germany) and others [25].

The world's best practice of producing gas thermal coatings at supersonic velocities of the particles is called the High Velocity-Oxygen-Fuel or HVOF for short.

The Russian research institute for structural materials and processes (the Moscow State Technical University after N.E. Bauman) has developed the equipment for supersonic gas-flame spraying of wear- and corrosion-resistant coatings, reinforcement, repair and refurbishment of worn parts. A supersonic gas spray generated with special gun is used for spraying the coatings [26].

The working process in gun is similar to that in the microthruster. Due to small dimensions, the equipment can be used in field. The cost of the equipment is around ten times lower than that of foreign stationary installations. The characteristics of the coatings comply with those achieved by the best state-of-the-art plasma equipment at a lesser cost (by 1.5–2 times). The quality of the coatings is 2-3 times higher than that of standard flame-spraying. Propane/Methane is the fuel agent and oxygen is the oxidizing agent. The velocity of the supersonic spray reaches 2,600 m/s, temperature is around 2,200 to 2,700°C. The porosity of coatings does not exceed 5% and their thickness is 0.1–5 mm. 3.5 kg gun is cooled down with running water; the ignition system is piezoelectric one.

The velocity of heated gas spray on the gun nozzle cross-section reaches 1,700 to 2,700 m/s, which allows obtaining coatings with the adhesion strength of around 100 MPa and coating porosity of 0.5%, which, in their characteristics, is close to coatings produced by detonation spraying. With the thickness of supersonic thermal coating up to 0.3 mm, there is little porosity (according to the data provided by a spraying laboratory of scientific production organisation Tularchemet) [27].

Alloys based on nickel, iron and cobalt, as well as metal carbide and self-fluxing alloys; nitrides of silicone, aluminium, chromium, boron, etc. are used as powdered materials in the supersonic thermal spraying.

The authors have designed a unit for application of thermal coatings applied with supersonic high-temperature gun. The general view of the proposed unit for application of thermal coatings is schematically represented in figure 6 [28].

Also, they have offered a gas-flame spraying of metal powders allowing for increase in strength of adhesion of the spray to the base [29].

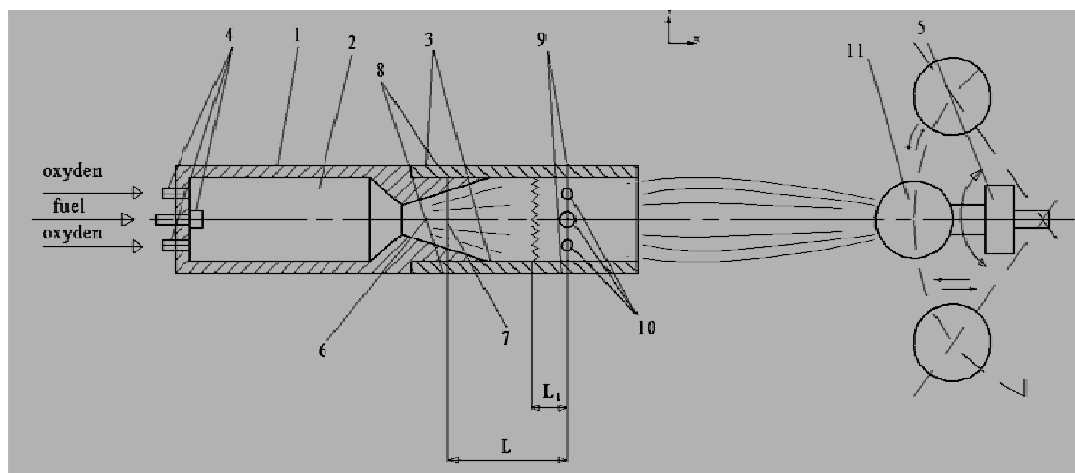


Figure 6 – Unit for application of gas thermal coatings:

1 – combustion chamber, 2 – gas-jet gun, 3 – cylindrical top, 4 – three-channel adjuster, 5 – treated parts handler, 6 – gas-flame gun nozzle, 7 – lengthwise relative cross-section L, 8, 9 – holes, 10 – ring diffuser, 11 – workpiece

Figure 7 shows the described gas-flame spraying of metal powders.

Also, the pipes surface cleaning method and unit were designed to increase efficiency and to expand technological capabilities of cleaning the pipes off the insulation cover [30].

Pipe surface cleaning includes formation of a resilient gas spray and delivering the kinetic energy thereto. This energy is sufficient for destruction of strong materials. Cleaning is carried out consistently, i.e. initially, by using a resilient steam/gas spray that is formed by adding a certain amount of water to a high-speed, high-temperature gas spray. The volume of water determined based on the temperature of the

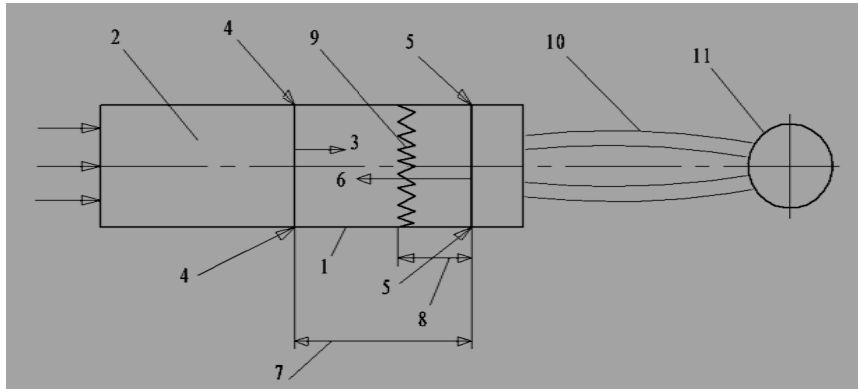


Figure 7 – Schematic diagram of the unit for metal application of flame-sprayed metal powders:
 1 – combustion chamber, 2 – heating/burning zone in the combustion chamber, 3 – main spray from the combustion chamber,
 4 – feed of sprayed powder, 5 – feed (ejection) of oxidant (the ambient air), 6 – external spray,
 7 – the set length of active zone of the main spray, 8 – the set length of the shock-wave formation,
 9 – shock wave front (compression wave), 10 – spraying flow, 11 – base for coating formation

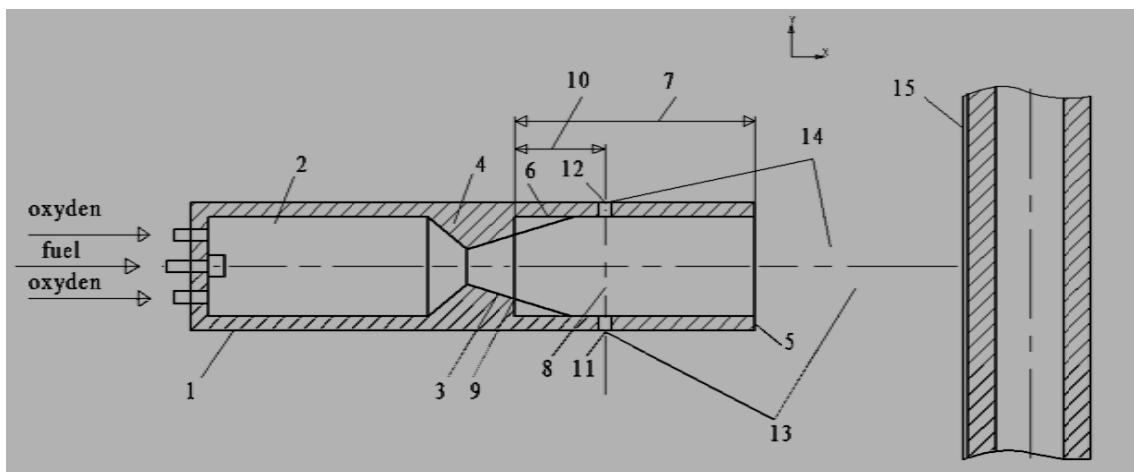


Figure 8 – Sand-blasting unit for cleaning of pipe surfaces:
 1 – combustion chamber, 2 – internal contour, 3 – central supersonic nozzle, 4 – external contour,
 5 – external nozzle, 6 – extension piece, 7, 10 – the set length, 8 – discharging zone, 9 – section,
 11, 12 – channels, 13 – resilient gas/steam spray, 14 – another gas spray, 15 – coating on the treated pipe



Figure 9 - A fragment of introduction into the torch flame to form steam/gas mixture

minimum adhesion of the covering to the pipe surface. Then further cleaning and processing are continued with another gas spray formed by injecting an abrasive mix into the resilient jet.

Figure 8 shows a sand-blasting unit for cleaning the pipe surface.

Figure 9 shows a fragment of creation of torch steam/gas jets used for cleaning of a surface of gas pipes and in processing and cutting the granite rocks.

3. Conclusions.

- the device of the machine equipped with a powerful thermodynamic working organ is developed, which will allow to produce slotted workings, providing an even move of the machine, both in horizontal and vertical directions;

- a review of the application of high-speed and high-temperature gas jets realized in various technological processes (high-speed gas-flame spraying), i.e. a gas-thermal method of applying hardening coatings to the surface;

- further development of gas-flame technologies will allow creating equipment for destruction of insulating coatings of oil and gas pipes during their repair and surface preparation for application of new coatings;

- the conducted experiments showed their expediency and economical efficiency for the destruction of rocks in the course of slit workings.

REFERENCES

- [1] Sinelnikov O.B. Natural Facing Stone Quarrying. RAAS Publisher, 2005, p. 244-249.
- [2] Levkovskiy G.L. A.S. USSR No. 1789687. Technique for Natural Stone Block Quarrying. Vol. 3, 1993.
- [3] Voluyev I.V., Sychev Yu.I., Tkach V.R. Waste-Free Technology for Natural Stone Quarrying and Dressing. Depths, 1994, p. 180-192.
- [4] Grigorovich M.B. Deposits of Minerals for Building Materials Industry. Depths, 1987, p. 144-149.
- [5] Orlov A.M. Natural Stone Quarrying and Dressing. Stroyizdat, 1977, p. 349-357.
- [6] Kosolapov A.I. Facing Stone Quarrying Technology. Krasnoyarsk KrSU Publisher, 1990, p. 192-210.
- [7] Dmitriyev A.P., Goncharov S.A. Thermal and Combined Destruction of Rocks. Depths, 1978, p. 304-311.
- [8] Goldayev I.P., Fursov A.P. Engineering evaluation technique for air-burning torches of thermal tools. News of Higher Educational Institutions. Mining Journal, Vol. 4, 1972, p. 76-81.
- [9] Povetkin V.V., Askarov Ye.S., Povetkin A.V., Shukhanova Zh.K. The RoK Innovation Patent No. 29758. Thermal Cutter for Stone Cutting with Two Nozzles, Vol. 4, 2015, p. 85-95.
- [10] Povetkin V.V., Askarov Ye.S., Povetkin A.V., Kerimzhanova M.F. The RoK Innovation Patent No. 30458. Device for Vertical Feed of Pipe with Thermal Cutter for Stone Cutting, Vol. 10, 2015, p. 35-46.
- [11] Bukayeva A., Povetkin V., Kerimzhanova M., Tatybayev M. High velocity thermal spraying tools used in technological processes and productions // Journal of Vibroengineering Procedia, Vol. 10, 2016, p. 474-479.
- [12] Klimov P.V., Baishuakov A.A., Povetkin V.V. New technical solutions for repair of trunk pipelines // Oil and Gas, scientific and technical journal. Almaty, 2006, p. 89-95.
- [13] Veyulin I.I., Gusev V.A., Spirin V.A. Povarov O.V. Supersonic thermal spray technologies for gas pipeline cleaning // Gas industry. Vol. 4. 2003, p. 60-62.
- [14] Kalita V.I., Baldayev L.H., Lupanov V.D., Shatov A.P. Modern thermal spraying equipment and coatings // Svarshchik-professional. Vol. 3. 2005, p. 14-15.
- [15] Baldayev L.H. Renovation and reinforcement of machine parts by thermal spraying KHT, 2004, p. 134.
- [16] Korobov Yu.S. Prolongation of parts service life by supersonic flame spraying // Heavy mechanical engineering. Vol. 7. 2006, p. 34-38.
- [17] Dulov V. G. Supersonic gas jets. Novosibirsk, 1983, p. 202.
- [18] Isaeva L.A. Application of supersonic currents in technological process of hardening // A compilation of works of 13th workshop on jet, detachable and non-stationary flows devoted to fundamental and applied issues of mechanics of continuous environments. Tomsk, 2012, p. 169-172.
- [19] Korobov Yu.S. Comparative analysis of supersonic gas-flame techniques for application of coatings // Gas turbine technologies. Vol. 6. 2005, p. 38-40.
- [20] Kharlamov Yu.A. Thermal spraying of coatings and environmental friendliness of manufacture, operation and repair of machines//Heavy mechanical engineering. Vol. 2. 2000, p. 10-13.
- [21] Nestler M.C., Erming U. Characteristics and advanced industrial applications using the «Diamond Jet Hybrid» – the third generation of HVOF systems// Films and coatings'98. St.Petersburg, Vol.5. 1998, p. 195-202.
- [22] Verstak A., Baranovski V. Activated Combustion HVOF Coatings for Protection against Wear and High Temperature Corrosion//Thermal Spray 2003: Advancing the Science and Applying the Technology. Proc. of the ITSC. ASM Publication. Vol. 1. 2003, p. 58-63.
- [23] Kreye H. A Comparison of HVOF Systems-Behavior of Materials and Coating Properties // 4th HVOF Colloquium at Erding/Munchen-Bavaria-Nov 13-14. 1997, p. 13-21.

[24] Baldayev L.H., Shesterkin N.G., Lupanov V.A., Shatov A.P. Features of high velocity flame-spraying // Welding production. Vol. 5. 2003, p. 43-46.

[25] Khromov V.N., Vertsov V.G., Korovin A.Ya. etc. From subsonic to a supersonic flame-sprayed coverings in refurbishment and hardening of machine parts // Welding production. Vol. 2. 2001, p. 39-48.

[26] New technologies and equipment at the Intertool-98 exhibition//Tractors and farm machinery. Vol. 2. 1995, p. 48.

[27] Korovin A.Ya., Abashev N.G., Khromov V.N. Experience of the municipal enterprise Orelelektrotrans in parts refurbishment with flame-sprayed coverings: Materials of the scientific and practical conference "State and Prospects of Refurbishment, Hardening and Manufacture of Machine parts". State threads, 1999, p. 74-77.

[28] Baishuakov A.A., Povetkin V.V., Povetkin A.V. Unit for application of thermal-sprayed coatings. Preliminary patent No. 15419-2004 (Request No. 2003/730.1 of 30/05/2003).

[29] Baishuakov A.A., Klimov P.V., Povetkin V.V. Flame spraying of metal powders. Preliminary patent No. 15177-2004. (Request No. 2003/0581.1 of 28/04/2003).

[30] Baishuakov A.A., Povetkin V.V., Klimov P.V. Pipe cleaning technique and unit. Preliminary patent No. 14999-2004 (Request No. 2003/0627.1 of 12/05/2003).

А. З. Букаева¹, Е. К. Нурымов¹, В. В. Поветкин¹, А. В. Хандожко²

¹К. И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Кафедра «Стандарттау, сертификация және машина жасау технология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан,

²Брянск мемлекеттік техникалық университеті, «Металкескіш станоктар және инструменттер» кафедрасы, Брянск, Россия

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕ ЖӘНЕ ӨНДІРІСТЕ ЖОҒАРЫ ДЫБЫСТЫ ТЕРМОАҒЫНДЫ ИНСТРУМЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНУЫН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Мақалада тас кескіш механикаландырылған агрегатты жұмыс органы ретінде жақсартылған энергетикалық сипаттамалары бар және оларды қолдануға болатын, тас блоктарды өндіру және өңдеу кезінде тау жыныстарды бұзу үшін жаңа термоинструмент конструкциясын жасау сұрақтары қарастырылған. Сондай-ақ, машина бөлшектер бетіне төзімді қабатты жағуда газ жалынды процестер қарастырылған. Құбырлар бетін тазалауда серпімді газ-бу ағыны алу үшін қатты бөлшектердің (абразивті немесе су) ағынын жүргізуде, мұнай-газ құбырлар қаптамасын оқшаулағыш алуда және оларды пайдалану, жоғары дыбысты жоғары температуралы ағынды қолдану аясы кеңейтілген.

Түйін сөздер: тау жыныстар, термоинструмент, бензин-ауалы жанарғы, тас кескіш машина, отын компоненттері (бензин, керосин, ауа), жоғары дыбыс ағыны, жану камерасы, мұнайгаз құбырлары.

А. З. Букаева¹, Е. К. Нурымов¹, В. В. Поветкин¹, А. В. Хандожко²

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Кафедра «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения», Алматы, Қазақстан,

²Брянский государственный технический университет, Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты, Брянск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХЗВУКОВЫХ ТЕРМОСТРУЙНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И ПРОИЗВОДСТВАХ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы создания новых конструкций термоинструментов для разрушения горных пород при обработке и добычи блочного камня, обладающими повышенными энергетическими характеристиками и их применения в качестве рабочего органа, механизированного агрегата камнерезной машины. Также рассмотрены газопламенные процессы нанесения износостойких покрытий на поверхности деталей машин. Расширением области применения сверхзвуковых высокотемпературных струй является применением их для снятия изоляционных покрытий нефтегазовых труб, с ведением в струю твердых частиц (абразивного материала или воды) для получения упругой парогазовой струи для очистки поверхности труб.

Ключевые слова: горная порода, термоинструмент, бензовоздушная горелка, камнерезная машина, топливные компоненты (бензин, керосин, воздух), сверхзвуковые струи, камера сгорания, нефтегазовые трубы.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 202 – 212

UDC 004.056.5

B. Aitchanov¹, A. Korchenko², I. Tereykovskiy³, I. Bapiyev¹

¹Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan,

²National Aviation University, Kyiv, Ukraine,

³National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine.

E-mail: bapiyev@mail.ru, bekait@rambler.ru, agkorchenko@gmail.com, terejkowski@ukr.net

**PERSPECTIVES FOR USING CLASSICAL NEURAL NETWORK
MODELS AND METHODS OF COUNTERACTING ATTACKS
ON NETWORK RESOURCES OF INFORMATION SYSTEMS**

Abstract. The article is devoted to the development of the methodological base for increasing the efficiency of using neural network models for the recognition of cyber-attacks on the network resources of information systems. It is shown that the efficiency of use largely depends on the type of neural network model. The list of the main conditions of the recognition problem is determined, which should be provided due to the characteristics of the type of the neural network model. A number of parameters have been developed, the values of which make it possible to determine the degree of such security. As a result of studies of the main types of classical neural network models, the values of these parameters were determined for each of them. Using the parameters obtained and taking into account the expected application conditions, the perspectives of using the main types of classical neural network models are estimated for the recognition of cyber-attacks. The ways of development of neural network systems for the recognition of cyber attacks on network resources are considered. It is shown that a promising way of such development is the rulemaking for determining effective types of neural network models.

Keywords: neural networks; cyber-attack; network resource; information system; data protection.

I. Introduction. Under current conditions, the effective functioning of the information security system is impossible without the use of an intellectualized system for the recognition of cyber-attacks (RCA) on the network resources of information systems (RIS) [1, 9]. At the same time, one of the most promising areas for the development of intelligent RSA for network RIS is the use of models and methods based on the theory of neural networks (NN). These models and methods are used in the contours of the recognition of RSA and, in accordance with the results of [14, 25], significantly improve the accuracy of recognition. Perspectives of neural network items (NNI) recognition are confirmed by their use in Cisco's well-proven software and hardware RSA and a large number of theoretical and practical works in this direction [10-13, 24]. At the same time, the variety of solutions used in modern NNI, the large number of factors that affect their operational characteristics, the inaccessibility of the description of the commercial NNI of RSA significantly complicate the estimation of the effectiveness of their use, which in turn narrows the scope of their application in domestic information security systems. Note that among the analyzed set of works [15-23, 16-28], only [4, 19] propose the basic set of parameters and the method based on them for estimating the effectiveness of estimating NNI of the security parameters of Internet-oriented information systems. However, the solutions [4, 19] are of a general nature, they are oriented to recognizing not only a wide range of various cyber-attacks, but also the recognition of the vulnerabilities of Internet-oriented information systems, and therefore require adaptation to the domestic conditions for the recognition of cyber-attacks on network RIS. Also, we note that as a result of the analysis of modern scientific works in the field of application of NNI in the domain of information protection, it is determined that in most of them are based on classical neural network models (NNM) adapted to the conditions of the task.

In this regard, the purpose of this research is to assess the perspectives for using classical neural network models for recognizing cyber attacks on network resources of information systems.

II. Approach to determining the effectiveness of the type of the neural network model. In accordance with [3, 5], the development of effective NNI is carried out by adapting certain characteristics of NNM to the significant conditions of the problem of determining cyber-attacks. Thus, we can propose the following approach: the most effective type of NNM has characteristics more fully corresponding to the significant conditions of the problem of determining cyberattacks. In the basic version, the significant conditions set is divided into categories characterizing the tutorial data, training process limitations, computing power, output information, technical implementation and the field of application of NNI.

Let's describe the specified categories.

1. The main characteristics of the tutorial data are:

- Number of parameters defining the case study;
- Type of parameters - discrete (symbolic) or continuous (numeric);
- Number of available case studies. For example, in tasks of recognizing the content of texts, the number of case studies can be considered as unlimited. For other tasks (recognition of network cyber-attacks), the number of case studies can be approximately equal to the number of input parameters;
- Presence of errors (noise) in the case studies;
- Correlation of case studies;
- Ability to pre-process input data to remove noise;
- Ability to display all aspects of the process in the training sampling. For example, the ability to reflect signatures of all types of abnormal behavior or signatures of all viruses in the training sampling;
- Proportionality of the case studies corresponding to various aspects of the process. For example, how many case studies correspond to anomalous behavior of type A, and how many case studies correspond to behavior of type B.

2. Restriction of the training process is conditioned by:

- Maximum period of the training;
- Need to present the expected output of the NN in the tutorial data. Thus, the types of training "with a teacher" or "without a teacher" is determined;
- Ability to automate the training process; It is determined by the number and importance of empirical parameters. This possibility largely determines the conditions of application of the NN. Networks where the training process is not automated can only be used in the laboratory;
- Possibility of additional training during operation;
- Training quality requirements, which are usually estimated by the maximum and average errors in the recognition of tutorial and test data. In this case, the test data should be slightly different from the tutorial data;

- Ability to study NN in the laboratory. For example, in the laboratory, it is possible to teach the NS to recognize network attacks of a certain type. At the same time, it is impossible to teach the NN to classify emails in accordance with the interests of a particular user. The expediency of training in the laboratory is explained by the needs of the optimal mechanism for creating and updating the knowledge base of the NN;

- Requirement to have the same output signal of the network for different examples with the same parameters.

3. In practice, the requirements for computing power are determined by the maximum number of case studies (memory capacity) that NN can memorize in order to achieve the required recognition accuracy. In turn, the accuracy of recognition is characterized by the values of the maximum and average NN errors on the data, which can go beyond the set of the training sampling. Accordingly, there arises a problem of extrapolating the outcomes of teaching NN beyond the training sampling of case studies.

4. The requirements to the NN output information indicate the form, in which this information should be presented. For example, when recognizing viruses, it may be necessary not only to determine a situation such as "software malfunction", but also to calculate the probability of this situation or graphically display such situations on the plane, which will allow the final classification of the user. Another requirement may be the need to determine verbal dependencies between input and output information.

5. Restrictions on the NN technical implementation concern the speed of decision-making, integration into the existing information security systems, the scope and complexity of software implementation.

6. The scope determines the systems in which the NN will be used. To date, the use of NN for image recognition, optimization and text analysis are sufficiently investigated. Note, that the system of pattern recognition is fundamentally different from the systems of text analysis, because the number of output and the number of combinations of input parameters in them is fundamentally limited. In text analysis systems, this number is not fundamentally limited. In addition, the scope of application is determined by adaptability of the network to autonomous operation. In this regard, the architecture of the NN should provide for the possibility of complete automation of the complementary training process during operation.

A possible interpretation of the approach is the expression

$$e(a_i) \rightarrow \max, a_i \in A, i = 1, 2, \dots, I, \quad (1)$$

where e is the efficiency criterion; a_i - i -th type of NNM; A is a set of admissible type of NNM; I is the number of admissible type of NNM.

According to the results obtained in [1 - 3, 5, 7], the components of A are defined as follows:

$$A = \{MLP, RBF, PNN, TM, ART, ANN, CNN, ENN, JNN, SNN\}, \quad (2)$$

where MLP is multilayer perspeter, CNN - convolutional NN, RBF - radial basis function network, TM - Kohonen topographic map, ART - adaptive resonance theory network, PNN - probabilistic NN, ENN - Elmen's network, JNN - Jordan's network, SNN - semantic NN, ANN - associative NN.

Note that the set A determines the most approved classical types of NNM. Also, note that deep neural networks are a kind of MLP.

It is obvious that the efficiency criterion used in formula (1) requires detailed elaboration from the point of view of certain characteristics of the type of NNM. It is possible to carry out the detailed analysis keeping in mind that this criterion is calculated using a number of parameters that allow to take into account the peculiarities of the type of NNM. Besides, we should follow up that for various types of NNM, the effectiveness criterion value may be similar. Therefore, it is expedient to determine the set of effective types of NNM. This set will include NNM, for which the value of the efficiency criterion is close to the maximum. Proximity can be estimated by means of the deviation factor kE .

III. Parameters of determining the efficiency of the type of the neural network model. In order to form the effectiveness criteria for NNM type, we used the developed approach to determining the effective type of NNM, the results of research on the possibilities of using the NN theory methods for estimating security parameters, and the results of the analysis of the most approved classical neural network models. The basic list of the obtained criteria is given in Table. 1. In the future, this list can be expanded, for example, by detailing certain criteria or taking into account new areas of NN application.

Table 1 – Efficiency parameters

#	Category	Explanation of the parameter
1	2	3
$E_{1,1}$	Tutorial data	Limitation in a number of input parameters
$E_{1,2}$		Limitation in the tutorial sampling
$E_{1,3}$		Noise acceptability
$E_{1,4}$		Correlation acceptability
$E_{1,5}$		Need to reflect all the aspects of the process
$E_{1,6}$		Need to represent case studies ratably
$E_{1,7}$		Ability to use discrete input parameters
$E_{1,8}$		Ability to use continuous input parameters
$E_{1,9}$		Ability to use tutorial sampling, whose volume is less than a number of input parameters
$E_{2,1}$	Training process	Short training period
$E_{2,2}$		Need to present the expected yield
$E_{2,3}$		Automation of training
$E_{2,4}$		Option of complementary training
$E_{2,5}$		Quality of training
$E_{2,6}$		Possibility to train on the expert data
$E_{2,7}$		Inalterability of results

<i>Continuation of table 1</i>		
1	2	3
$E_{3,1}$	Computation power	Storage capacity
$E_{3,2}$		Extrapolation of the training results
$E_{4,1}$	Initial information	Interpretability of the yield in the form of probability
$E_{4,2}$		Interpretability of the yield in graphical form
$E_{4,3}$		Possibility of verbalization
$E_{5,1}$	Technical implementation	Fast decision making
$E_{5,2}$		The amount of software implementation
$E_{6,1}$	Field of application	Recognition of patterns
$E_{6,2}$		Text analysis
$E_{6,3}$		Control of security settings
$E_{6,4}$		Adaptability to autonomous functioning
$E_{6,5}$		Time series modeling
$E_{6,6}$		Image analysis
$E_{6,7}$		Sound analysis
$E_{6,8}$		Intelligent data analysis

The results of the research carried out in subsection 1.3 allowed us to assess, as a first approximation, the conformity of NNM main types to the proposed parameters. Results of that estimation are presented on a three-point scale and are listed in Tables 2 and 3. The criterion $E_i = 1$, if the i -th characteristic of the estimation problem of security parameters is fully ensured in NNM, $E_i = 0$ – if provided partially and $E_i = -1$ – if not provided.

Table 2 – Parameters of the neural network criteria with direct signal propagation and ART

#	NNM type				
	MLP	CNN	RBF	ART	PNN
1	2	3	4	5	6
$E_{1,1}$	-1	-1	-1	-1	-1
$E_{1,2}$	-1	-1	-1	0	-1
$E_{1,3}$	1	1	0	-1	0
$E_{1,4}$	1	1	1	1	1
$E_{1,5}$	-1	-1	1	-1	1
$E_{1,6}$	-1	1	-1	-1	-1
$E_{1,7}$	1	1	1	1	1
$E_{1,8}$	1	1	1	1	1
$E_{1,9}$	-1	-1	1	1	1
$E_{2,1}$	-1	-1	0	1	1
$E_{2,2}$	1	1	1	-1	1
$E_{2,3}$	1	1	-1	1	1
$E_{2,4}$	0	0	1	1	1
$E_{2,5}$	1	1	0	1	1
$E_{2,6}$	-1	-1	-1	-1	1
$E_{2,7}$	1	1	1	1	1
$E_{3,1}$	1	1	-1	-1	-1
$E_{3,2}$	1	0	-1	-1	-1
$E_{4,1}$	0	-1	0	-1	1
$E_{4,2}$	-1	0	-1	-1	-1
$E_{4,3}$	1	-1	0	-1	0
$E_{5,1}$	1	1	1	1	1

<i>Continuation of table 2</i>					
1	2	3	4	5	6
$E_{5,2}$	-1	-1	1	0	-1
$E_{6,1}$	1	0	1	1	1
$E_{6,2}$	-1	-1	-1	0	0
$E_{6,3}$	-1	-1	-1	-1	-1
$E_{6,4}$	0	-1	1	1	-1
$E_{6,5}$	1	-1	0	0	0
$E_{6,6}$	1	1	-1	-1	-1
$E_{6,7}$	1	0	-1	-1	-1
$E_{6,8}$	-1	-1	-1	-1	-1

Table 3 – Values of parameters for recurrent NC, SNN, ANN and TM

#	NNM type				
	ENN	JNN	SNN	ANN	TM
$E_{1,1}$	-1	-1	1	-1	-1
$E_{1,2}$	-1	-1	1	-1	-1
$E_{1,3}$	1	1	1	-1	1
$E_{1,4}$	1	1	1	-1	1
$E_{1,5}$	-1	-1	-1	0	1
$E_{1,6}$	1	1	-1	0	1
$E_{1,7}$	1	1	1	1	1
$E_{1,8}$	1	1	-1	0	1
$E_{1,9}$	-1	-1	1	1	1
$E_{2,1}$	-1	-1	0	1	1
$E_{2,2}$	1	1	-1	1	-1
$E_{2,3}$	-1	-1	1	0	0
$E_{2,4}$	0	0	1	0	1
$E_{2,5}$	0	0	1	1	0
$E_{2,6}$	-1	-1	-1	-1	-1
$E_{2,7}$	1	1	1	0	0
$E_{3,1}$	1	1	0	0	-1
$E_{3,2}$	1	1	0	1	0
$E_{4,1}$	0	0	-1	0	0
$E_{4,2}$	-1	-1	-1	-1	1
$E_{4,3}$	1	1	-1	-1	-1
$E_{5,1}$	1	1	0	-1	1
$E_{5,2}$	-1	-1	-1	0	-1
$E_{6,1}$	0	0	0	1	1
$E_{6,2}$	-1	-1	1	-1	1
$E_{6,3}$	-1	-1	-1	1	1
$E_{6,4}$	-1	-1	1	-1	-1
$E_{6,5}$	1	1	-1	-1	-1
$E_{6,6}$	0	-1	-1	-1	-1
$E_{6,7}$	0	0	-1	-1	0
$E_{6,8}$	-1	-1	-1	1	1

If we take into account the three-point numerical estimate, formula (1) is modified as follows:

$$E_{\Sigma} = \sum_{k=1}^K E_k(a_i) \rightarrow \max, a_i \in A, i = 1, 2, \dots, 7, \quad (3)$$

where E_{Σ} is an integral criterion for optimization of NNM type; A is the set of admissible NNM types.

For a specific task of determining a cyber attack, the significance of the efficiency parameters can be taken into account if we introduce the corresponding weight coefficients in (3):

$$E_{\Sigma} = \sum_{k=1}^K (r_k E_k(a_i)) \rightarrow \max, a_i \in A, \quad (4)$$

where r_k is a weighting factor of the k -th parameter.

IV. Estimation of perspectives of using classical neural network models. As a result of the research, it can be proposed that the value of the efficiency criterion of the neural network model (4) allows estimating the perspectives of using such a model for the recognition of cyber-attacks on the network resources of information systems. In accordance with [4], in the first approximation, we can assume that the method for determining the effectiveness of use of classical neural network models consists of the following stages:

1. To determine the classical types of neural network models defined by the expression (2), which contain the estimated neural network models.
2. To use the data in Tables 2 and 3 in order to determine the values of the efficiency parameters.
3. To determine the weighting coefficients used in expression (4) by means of the expert evaluation procedure
4. To compute the effectiveness of each estimated model, and to determine the most effective neural network model by means of expression (4).

V. Rules for determining the effective types of neural networks of recognition of cyber-attacks on network resources. According to the results of [1, 2, 9], the main factor that influences the formation of a set of permissible NNM types is the provision of effective training of NNM. To do this, it is necessary to perform the following procedures in a reasonable time: to define a set of input and output parameters of NNM, to encode the input and output parameters, to create a training sampling, and to implement the training process. The first and second procedures are implemented at the preparatory stages of the RCA development, therefore their influence on the formation of many effective types of NNM is not considered. The focus is on the implementation of the second and third procedures. The eligible period for creation of the training sampling and NNM training is determined on the basis of the requirement

$$t_{\Sigma} \leq t_d, \quad (5)$$

where t_{Σ} is the total period of NNM training, t_d is the acceptable period for the creation of NNM.

Thus, the permissibility of using the i -th type of NNM for recognizing cyber attacks on network RIS can be specified with the help of the following rule:

$$\text{If } t_{\Sigma}(net_i) \leq t_d \rightarrow net_i \in \mathbf{Net}_d, \quad (6)$$

where net_i is the i -th form of NNM, \mathbf{Net}_d is a set of admissible type of NNM.

Detailing the expression (5), we obtain:

$$t_{\Sigma}(net_i) = t_v + t_l(net_i), \quad (7)$$

where t_v is time of creating the training sampling, $t_l(net_i)$ is time of determination of the model parameters for the i -th type of NNM.

Note that, in the first approximation, the value of $t_l(net_i)$ is approximately equal to the time of determination of the weight coefficients of the synaptic links of NNM. The creation of the training sampling is formation of such a number of case studies, which is considered sufficient for the qualitative teaching of NNM. In accordance with [2, 4, 9], this number depends on the number of input parameters of NNM and in the base case is calculated as follows:

$$P_{\min} \approx 10N_x, \quad (8)$$

where P_{\min} is the minimum admissible number of case studies, N_x is a number of input parameters of NNM.

It can also be assumed that:

$$t_v = \bar{t}_v P_{\min}, \quad (9)$$

where \bar{t}_v is average time of creating one case study.

It is possible to determine the value of \bar{t}_v by expert evaluation. After substituting (8) into (9), we obtain:

$$t_v = 10\bar{t}_v N_x. \quad (10)$$

At a certain structure for NNM of the i -th type, the duration of the process of determining the weight coefficients can be estimated as follows:

$$t_l(\mathbf{net}_i) = \tau \times L_i \times W_i \times K_{o,i}, \quad (11)$$

where τ is the duration of the training iteration for one link; W_i is a number of connections for the i -th type of NNM; L_i is a number of neurons; $K_{o,i}$ is a number of iterations.

In accordance with [1, 2, 9], with approximate calculations for a set of NNM types \mathbf{net}_i , which consists of NNMs based on PNN, an adaptive resonant theory network, a Kohonen map (TM), a radial basis function network (RBF), associative neural networks (ANS), the duration of training can be written as follows:

$$t_l(\mathbf{net}_1) \approx k_1 \tau e^{-\varepsilon} P(N_x + N_y), \quad (12)$$

where $t_l(\mathbf{net}_1)$ is the duration of the determination of the weighting coefficients for \mathbf{net}_1 , k_1 is the proportionality coefficient for \mathbf{net}_1 , τ is the duration of one computational operation, P , N_y is the number of case studies and output parameters; χ is an empirical coefficient.

It is possible to estimate the training duration of many types of NNM on the basis of a multi-layer perceptron (MLP) \mathbf{net}_2 , as:

$$t_l(\mathbf{net}_2) \approx k_2 \tau e^{-\chi\varepsilon} P^2(N_x + N_y)^2, \quad (13)$$

where $t_l(\mathbf{net}_2)$ is duration of determining the weighting coefficients for \mathbf{net}_2 , k_2 is a proportionality coefficient for \mathbf{net}_2 .

Note that (12, 13) are obtained under the condition of sequential calculation of signals of artificial neurons that are part of NNM, which is typical for its generally accepted implementation. In addition, it is accepted to assume that the structure of NNM and the computational capabilities of the type of NNM are sufficient to obtain an allowable training error.

As the results of [1, 4, 9] show, from the point of view of the recognition of cyber attacks on network RIS, the most promising types of NNM are RBF, TM, SME, ANS, deep neural networks (DNN). For RBF, TM and ANS, the approximate duration of training can be estimated by means of (12), and for MLP and DNN it is advisable to use (13).

Given the software implementation of NNM, the duration of one computing operation of the learning process depends mainly on the computing power of the hardware of the cyber attack recognition circuit in the network security system RIS.

A permissible error in the training of NNM can be calculated on the basis of the requirements for the accuracy of the recognition of cyber attacks on network RIS. In the first approximation, the values of τ and ε can be determined by expert evaluation.

When determining the principal possibility of using NNM, it is advisable to focus on the minimum number of case studies. Taking into account (12, 13) and the dependence (8), we obtain:

$$t_l(\mathbf{net}_1) \approx 10k_1 \tau e^{-\varepsilon} N_x (N_x + N_y), \quad (14)$$

$$t_l(\mathbf{net}_2) \approx 100k_2 \tau e^{-\chi\varepsilon} N_x^2 (N_x + N_y)^2. \quad (15)$$

Substituting (10, 14) and (10, 15) into (7), taking into account that $k_1 \approx 0,1$, $k_2 \approx 0,001$, $\chi \approx 1$, $\varepsilon \approx 0,05$, after trivial simplifications, we get:

$$t_\Sigma(\mathbf{net}_1) \approx 10N_x (\bar{t}_v + 0,1\tau(N_x + N_y)), \quad (16)$$

$$t_{\Sigma}(\mathbf{net}_2) \approx 10N_x(\bar{t}_v + 0,01\tau N_x(N_x + N_y)), \tag{17}$$

Where $t_{\Sigma}(\mathbf{net}_1)$ and $t_{\Sigma}(\mathbf{net}_2)$ is the learning time for \mathbf{net}_1 and \mathbf{net}_2 .

The data of [4] indicate that $N_x = 50...100$, and $N_x + N_y \approx 100$. These assumptions allow us to modify (16, 17) as follows:

$$t_{\Sigma}(\mathbf{net}_1) \approx 1000(\bar{t}_v + 10\tau), \tag{18}$$

$$t_{\Sigma}(\mathbf{net}_2) \approx 1000(\bar{t}_v + \tau). \tag{19}$$

Since $t_{\Sigma}(\mathbf{net}_2) > t_{\Sigma}(\mathbf{net}_1)$, then, taking into account (18, 19), rule (6) can be detailed:

$$\text{If } 1000(\bar{t}_v + 10\tau) \leq t_d \rightarrow \mathbf{net}_1 \in \mathbf{Net}, \tag{20}$$

$$\text{If } 1000(\bar{t}_v + \tau) \leq t_d \rightarrow \mathbf{Net} = \{\mathbf{net}_1, \mathbf{net}_2\}. \tag{21}$$

Condition (20) determines the acceptability of the use for the recognition of cyber attacks on network RIS of NNM on the basis of ANN, TM, CNN, RBF, PNN, networks of adaptive resonance theory. Condition (21) complements the admissible set by models based on MLP and DNN.

Expressions (20, 21) are the rules for determining the permissible types of NNM intended for the recognition of cyber attacks on network RIS. The application of these rules to the set of available NNM allows us to proceed to the definition of a set of effective types of NNM.

Let's assume that among the set of admissible types, the i -th type of NNM is most effective if the efficiency function takes the maximum value for it. The calculation of the efficiency function of the i -th type of NNM is performed as follows:

$$V_i = \sum_{k=1}^K \alpha_k R_k(\mathbf{net}_i), \mathbf{net}_i \in \mathbf{Net}_d, \tag{22}$$

where $\alpha_k = [0...1]$ is a weight coefficient of the k -th efficiency criterion, \mathbf{net}_i is the i -th kind of NNM, K is a number of efficiency criteria, R_k is the value of the k -th criterion for \mathbf{net}_i .

In accordance with the results of [1, 2, 4, 9], the k -th criterion for determining the most effective type of NNM is a measure of providing the k -th requirement of the problem of recognizing cyber attacks on network RIS in NNM. It should be noted that the requirements for NNM characterize their learning ability, computational capabilities and technical implementation. Partially the list of the developed efficiency criteria meeting the specified requirements is shown in table 4.

Table 4 – Efficiency criteria for the type of NNM

Criterion	Requirement
R_1	Ability to use case studies with various number of input parameters
R_2	Minimization of the training sampling volume
R_3	Ability to use the training sampling with not proportional presentation of the recognized classes
R_4	Ability to use case studies without the expected output signal
R_5	Ability to use correlated case studies
R_6	Suitability to complementary training
R_7	Suitability to train in parts

The values of the proposed criteria can vary from 0 to 1. In this case, for the i -th type of NNM, the value of the k -th criterion is 1 if the corresponding k -th requirement is fully provided in this type of NNM, and is equal to 0, if it is not provided.

The use of the proposed criteria allows us to proceed to the calculation of the efficiency function of the type of NNM given by expression (22). In turn, this allows writing down the rule for formation of a set of effective types of NNM with the help of expression (23), and the rule for finding the most effective type of NNM can be written by means of expression (24).

$$\text{If } V(\text{net}) \geq \Delta_V \wedge \text{net} \in \text{Net}_d \rightarrow \text{net} \in \text{Net}_e, \quad (23)$$

$$\text{If } \max_i = \{V(\text{net}_i)\}_I, \text{net}_i \in \text{Net}_e \rightarrow \text{net}_i = \text{net}_e^{\max}, \quad (24)$$

where $V(\text{net})$ is efficiency of NNM, which is calculated by means of (22), Net_d is the admissible set of NNM, which is formed by means of rules (20, 21), Δ_V is the minimum acceptable efficiency of NNM.

Thus, we can draw the following conclusion that a set of rules (20, 21, 23, 24) has been generated, the use of which makes it possible to determine the set of permissible and effective types of neural network models designed to recognize cyber attacks on network resources of information systems.

VI. Conclusions.

- The list of the main conditions of the recognition problem is determined; these conditions should be provided due to the characteristics of the type of the neural network model.

- A number of parameters has been developed; the values of these parameters make it possible to determine the degree of such security.

- As a result of studies of the main types of classical neural network models, the values of these parameters were determined for each of them.

- Assessments of perspectives for using the main types of classical neural network models for the recognition of cyber attacks are presented.

- Perspectives for further research are the details of the proposed method for determining the effectiveness of using classical neural network models for the recognition of cyber attacks on the network resources of information systems.

REFERENCES

[1] Aytchanov BKh, Bapiyev IM (2017) Razrabotka protsedury opredeleniya ozhidayemogo vykhodnogo signala neyrosetvoy modeli raspoznavaniya kiberatak, International Journal Of Applied And Fundamental Research, 5:8-11. (In Russian) DOI: 10.17513/mjpf.11532 Access mode: URL: <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=11532> (reference date: August 22, 17).

[2] Aytchanov BKh, Bapiyev IM, Korchenko AG, Tereykovskaya LA, Pogorelov VV (2017) Kontseptual'naya model' obespecheniya effektivnosti neyrosetevogo raspoznavaniya kiberatak. Mathematical Methods and Information Technologies of Macroeconomic Analysis and Economic Policy, Almaty, Kazakhstan, pp. 321-326. (In Russian)

[3] Aytchanov BKh, Bapiyev IM, Tereykovskiy IA, Tereykovskaya LA, Pogorelov VV (2017) Calculation of expected output signal of neural network model for detecting of cyberattack on network resources. Information Technologies, Management and Society, Riga, Latvia, pp. 59-62.

[4] Akhmetov BB, Korchenko AG, Tereykovskiy IA, Alibiyeva ZhM, Bapiyev IM (2017) Parameters of efficiency estimation of neural networks of cyber attacks recognition on network resources of information systems, Reports Of The National Academy Of Sciences Of The Republic Of Kazakhstan, 2:28–37.

[5] Bapiyev IM, Akhmetov BS, Korchenko AG, Tereykovskiy IA (2016) Primeneniye neyronnoy seti s radial'nymi bazisnymi funktsiyami dlya raspoznavaniya skriptovykh virusov, II International Scientific and Practical Conference "Actual issues of cybersecurity and information protection", Kyiv, Ukraine, pp. 21–24. (In Russian)

[6] Bapiyev IM (2017) Pravila dlya opredeleniya effektivnykh vidov neyrosetevykh modeley raspoznavaniya kiberatak na setevyye resursy. III International Scientific and Practical Conference "Actual Issues of Ensuring Cybersecurity and Information Protection", Kyiv, Ukraine, pp. 27–30. (In Russian)

[7] Bapiyev IM, Korchenko AG, Tereykovskiy IA (2016) Razrabotka kriteriyev otsenki effektivnosti neyrosetevykh sredstv raspoznavaniya kiberatak na setevyye resursy informatsionnykh sistem. IV International scientific conference «Global and regional problems of informatization in society and nature using», Kyiv, Ukraine, pp. 80 – 82. (In Russian)

[8] Bapiyev IM, Korchenko AG, Tereykovskiy IA, Akhmetov BB (2016) Opredeleniye effektivnykh vidov neyrosetevykh modeley raspoznavaniya kiberatak na setevyye resursy. Legal, regulatory and metrological support of information security system in Ukraine, 2:56-63. (In Russian)

[9] Bapiyev IM, Pogorelov VV, Tereykovskiy OI (2017) Sovremennyye neyrosetevyye sredstva raspoznavaniya kiberatak na resursy komp'yuternykh setey. Global and regional problems of informatization in society and nature using, Kyiv, Ukraine, pp. 50-52. (In Russian)

[10] Branitskiy AA, Kotenko IV (2015) Obnaruzheniye setevykh atak na osnove kompleksirovaniya neyronnykh, immunnykh i neyronechetkikh klassifikatorov. Informatsionno-upravlyayushchiye sistemy, 3: 69-77. (In Russian)

[11] Vasil'yev VI, Khafizov AF (2007) Neyronnyye seti pri obnaruzhenii atak v seti Internet (na primere ataki SYNFLDOD). Neyrokomp'yutery v informatsionnykh i ekspertnykh sistemakh, 6:34-38. (In Russian)

- [12] Grishin AV (2011) Neural network technology in problems of detection of computer attacks. Information technology and computer systems, 1:53-64.
- [13] Yemel'yanova YuG (2011) Analiz problem i perspektivy sozdaniya intellektual'noy sistemy obnaruzheniya i predotvrashcheniya setevykh atak na oblachnyye vychisleniya. Programmnyye sistemy: teoriya i prilozheniya. 4:17-31. [Electronic resource]. (In Russian) URL: http://psta.psiras.ru/read/psta2011_4_17-31.pdf (reference date: August 22, 2017)
- [14] Yemel'yanova YuG (2011) Neyrosetevaya tekhnologiya obnaruzheniya setevykh atak na informatsionnyye resursy. Programmnyye sistemy: teoriya i prilozheniya, 3:3–15. (In Russian)
- [15] Zaytsev O (2007) Neyroseti v sistemakh bezopasnosti. IT-Spets, 6:54–59. (In Russian)
- [16] Komar MP (2012) Metod postroyeniya sovokupnogo klassifikatora trafika informatsionno-telekommunikatsionnykh setey dlya iyerarkhicheskoy klassifikatsii komp'yuternykh atak. Sistemy obrabotki informatsii, 3:134-138. (In Russian)
- [17] Komar MP (2011) Neyrosetevoy podkhod k obnaruzheniyu setevykh atak na komp'yuternyye sistemy. Īnformatika ta matematichni metodi v modelyuvanni, 2:156-160. (In Russian)
- [18] Korchenko OG, Tereykovskiy IA, Kazimirchuk SV (2014) Metod otsinki neyromerezhevikh zasobiv shchodo mozhlivostey viyavleniya internet-orientovanih kibieratak. Visnik inzhenernoĭ akademii nauk. 2: 87-93. (in Ukrainian)
- [19] Korchenko A, Tereykovskiy I, Karpinskiy N, Tynymbayev S (2016) Neyrosetevyye modeli, metody i sredstva otsenki parametrov bezopasnosti Internet-oriyentirovannykh informatsionnykh sistem: monografiya, Kyiv, Ukraine, 276 p. (In Russian)
- [20] Krzhyzhanovskiy AV (2008) Primeneniye iskusstvennykh neyronnykh setey v sistemakh obnaruzheniya atak. Doklady TUSURa, 2:37-41. (In Russian)
- [21] Magnitskiy YuN (2008) Ispol'zovaniye binarnoy neyronnoy seti dlya obnaruzheniya atak na resursy raspredelennykh informatsionnykh sistem. Dinamika neodnorodnykh sistem, pp. 200-205. (In Russian)
- [22] Mustafayev AG (2016) Neyrosetevaya sistema obnaruzheniya komp'yuternykh atak na osnove analiza setevogo trafika. Voprosy bezopasnosti, 2:1-7. DOI: 10.7256/2409-7543.2016.2.18834 Access mode: URL: http://nbpublish.com/library_read_article.php?id=18834 (reference date: August 22, 17)
- [23] Polikarpov SV, Dergachev VS, Rummyantsev KE, Golubchikov DM Novaya model' iskusstvennogo neyrona: kibierneuron i oblasti yego primeniya. [Electronic resource]. (In Russian) Access mode: URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0907/0907.0229.pdf> (reference date: August 22, 2017)
- [24] Rudenko OG, Bodyans'kiy YeV (2006) Shtuchni neyronni merezhi. Navch. posib., Kharkov, Ukraine, 404 p. (in Ukrainian)
- [25] Slepovichev II, Irmatov PV, Komarova MS, Bezhin AA (2009) Obnaruzheniye DDoS-atak nechetkoy neyronnoy set'yu. Izvestiya Saratovskogo universiteta, 3:84-89. (In Russian)
- [26] Talalayev AA, Tishchenko IP, Fralenko VP, Khachumov VM (2011) Razrabotka neyrosetevogo modulya monitoringa anomal'noy setevoy aktivnosti. Neyrokomp'yutery: razrabotka i primeniye, 7:32-38. (In Russian)
- [27] Tereykovskiy I (2007) Neyronni merezhi v zasobakh zakhistu komp'yuternoĭ informatsii, Kyiv, Ukraine, 209 p. (in Ukrainian)
- [28] Timofeyev A (2012) Issledovaniye i modelirovaniye neyrosetevogo metoda obnaruzheniya i klassifikatsii setevykh atak. International Journal Information Technologies & Knowledge, 3:257-265. (In Russian)

Б. Х. Айтчанов¹, А. Г. Корченко², И. А. Терейковский³, И. М. Бапиев¹

¹Қ. И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,

²Ұлттық авиациялық университет, Украина, Киев,

³Украина ұлттық техникалық университеті «И. Сикорский атындағы КПИ», Украина, Киев

КЛАССИКАЛЫҚ НЕЙРОЖЕЛІЛІК МОДЕЛЬДЕРДІ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЖЕЛІЛІК РЕСУРСТАРЫНА ШАБУЫЛДАРҒА ҚАРСЫ ӘРЕКЕТ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУ КЕЛЕШЕКТЕРІ

Аннотация. Мақала ақпараттық жүйелердің желілік ресурстарына кибернетикалық шабуылдарды айырып тану үшін нейрондық желілік модельдерді пайдалану тиімділігін жоғарылатудың әдіснамалық базасын дамытуға арналған. Пайдалану тиімділігі едәуір дәрежеде нейрожелілік модельдің түрінен тәуелді болатынын көрсетілген. Нейрожелілік модель түрінің сипаттамаларының есебінен қамтамасыз етілуі тиіс болатын айырып тану міндеттерінің негізгі шарттарының тізімі анықталған. Мәндері осындай қамтамасыз етудің дәрежесін анықтауға мүмкіндік беретін бірқатар параметрлер әзірленген. Классикалық нейрожелілік модельдердің негізгі түрлерін зерттеу нәтижесінде олардың әрқайсысы үшін көрсетілген параметрлердің мәндері анықталған болатын. Қолданудың күтілетін шарттарын есепке алумен алынған параметрлерді пайдалана отырып, кибершабуылдарды айырып тану үшін классикалық нейрожелілік модельдердің негізгі түрлерін пайдалану келешектерінің бағалары шығарылған. Желілік ресурстарға кибершабуылдарды айырып танудың нейрожелілік жүйелерін дамыту жолдару қарастырылған. Осындай дамытудың келешекті жолы нейрожелілік модельдердің тиімді түрлерін анықтау үшін ережелерді әзірлеу болып табылатыны көрсетілген.

Түйін сөздер: нейрондық желі, кибершабуылдау, желілік ресурс, ақпараттық жүйе, деректерді қорғау.

Б. Х. Айтчанов¹, А. Г. Корченко², И. А. Терейковский³, И. М. Бапиев¹

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан,

²Национальный авиационный университет, Украина, Киев,

³Национальный технический университет Украины «КПИ им. И. Сикорского», Украина, Киев

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛАССИЧЕСКИХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ
И МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АТАКАМ
НА СЕТЕВЫЕ РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Аннотация. Статья посвящена развитию методологической базы повышения эффективности использования нейронных сетевых моделей для распознавания кибернетических атак на сетевые ресурсы информационных систем. Показано, что эффективность использования в значительной степени зависит от вида нейросетевой модели. Определен перечень основных условий задачи распознавания, которые должны обеспечиваться за счет характеристик вида нейросетевой модели. Разработан ряд параметров, значения которых позволяют определить степень такого обеспечения. В результате исследований основных видов классических нейросетевых моделей для каждого из них были определены значения указанных параметров. Используя полученные параметры, с учетом ожидаемых условий применения выставлены оценки перспектив использования основных видов классических нейросетевых моделей для распознавания кибератак. Рассмотрены пути развития нейросетевых систем распознавания кибератак на сетевые ресурсы. Показано, что перспективным путем такого развития является разработка правил для определения эффективных видов нейросетевых моделей.

Ключевые слова: нейронная сеть, кибератака, сетевой ресурс, Информационная система, защита данных.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 213 – 219

**M. Zhurinov, S. Kozhabekov, A. Abilmagzhanov,
N. Ivanov, Zh. Tilepbergen, U. Kydyrbayeva**

D. V. Sokol'skii Institute of Fuels, Catalysis & Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: a.abilmagzhanov@ifce.kz

THE APPLICATION OF DEPRESSOR ADDITIVES TO IMPROVE THE RHEOLOGICAL OIL PROPERTIES AND INHIBIT THE BOTTOM SEDIMENTS FORMATION IN STORAGE TANKS

Abstract. The possibility of using depressant additives to improve the rheological oil properties and inhibit the bottom sediments formation during storage in the *Kazakhstan's* oil refinery tanks is investigated. It is shown that the introduction of depressant additives makes it possible to reduce the temperature of oil fluidity loss by 3-6 °C. It was found that the introduction of depressant additives significantly improves the oil fluidity as comparison with the oil without heat treatment and the oil with heat treatment. Analysis of bottom sediments from the storage tanks for the content of the sum of asphalt-resinous compounds and mechanical impurities showed that the test sample belongs to type P1. Chromatographic paraffins determination in oil and bottom sediments showed a higher total content of hard melting paraffins from C18 in the bottom sediments of the storage tanks - 34.69% than in oil entering reservoir parks - 21.04%. A high-molecular alkanes predominate in the sediments up to C₄₀, and the total amount of paraffins in the sediments exceeds their content in the initial oil by 15 %.

Key words: rheological oil properties, asphalt-resin-paraffin deposits, tank, depressor additives.

Introduction. On the Kazakhstan territory highly paraffinic oils, containing along with the branched alkanes a significant paraffins number of a normal or slightly branched structure, are extracted for the most part [1, 2]. A feature of this oil type is the high chilling temperature, which causes the rheological properties (mobility, fluidity, etc.) deterioration of both the oil itself and the products of its processing [3, 4]. During the oil extraction, transportation and storage with a high content of paraffins, intensive formation of asphalt-resin-paraffin deposits occurs on the inner surface of oilfield and refinery equipment, which leads to a decrease in the efficiency of pumping units, a reduction in the capacity of pipelines, the useful capacity of oil storage tanks and reduction of maintenance periods of equipment operation [5-8]. ARPD are highly disperse suspensions of crystals of paraffin-naphthenic hydrocarbons, asphaltenes and mineral impurities in oils and resins [9, 10]. The ARPD composition and properties can vary in a wide range, depending on the oil properties and composition, the development conditions, the surface equipment characteristics, etc., which causes additional difficulties arising during its removal (inhibition) [11, 12].

At the present time, there are a number of methods and technologies for lowering the chilling temperature and improving the rheological characteristics of high-viscosity paraffin oil and inhibiting the ARPD formation: heat treatment and other physical impact methods, dilution with light oil fractions or various solvents, as well as the additives introduction regulating viscoelastic oil properties [13, 14]. The most effective way to improve the rheological characteristics are the chemical methods of treating oils with the application of depressor, inhibiting and detergent additives [15, 16, 19-21].

The introduction of additive, even in small amounts, to highly paraffin oils can significantly alter the rheological oil (chilling temperature, viscosity, shear stress) properties and as a consequence, prevent the paraffin deposition [17, 18].

The work purpose is to investigate the depressor additives efficiency to improve the rheological properties of oil entering the tank farm of an oil refinery and to inhibit the ARPD deposits formation during storage in tanks. To carry out these researches, oil sample of entering the refinery for the refinery tank

farm and a sample of bottom sediments from the tanks were selected. The investigated oil is the oil mixture from the South Turgai trough deposits and refers to paraffin hardening oil. Oil characteristics at the sampling time are presented in table 1.

Table 1 – Oil characteristics

The indicator name	Testing method	Testing result
Oil temperature, °C		17,1
Oil pressure, MPa		0,23
Oil density of under measurement and pressure conditions, kg / m ³	KR ST 2.153	820,3
Oil density at temperature 20 ⁰ C, kg / m ³	KR ST 2.153	818,0
Oil density at temperature 15 ⁰ C, kg / m ³	KR ST 2.153	822,5
Mass sulfur content, %	KR ST ASTM D 4294	0,09
Vapour pressure, kPa (mm Hg)	GOST 1756	29,4 (220,4)
Mass water content, %	GOST 2477	0,03
chloride salts concentration, mg / dm ³	GOST 21534	39,3
Mass chloride salts content, %	GOST 21534	0,0048
Mass mechanical impurities content, %	GOST 6370	0,0085
Total mass ballast content, %		0,0433
Organochlorine compounds content, ml ⁿ - ¹ (ppm)	KR ST ASTM D 4929	1,4
Mass paraffin content, %		
no-flow point, °C	KR ST ASTM D 5853	3,0
Yield fractions % at the temperature up to 200 ⁰ C at a temperature up to 300 ⁰ C	GOST 2177	33,0 53,0
Mass content of hydrogen sulphide, ml ⁿ - ¹ (ppm)		
Mass methyl content - and ethyl mercaptans, ml ⁿ - ¹ (ppm)		
Kinematic viscosity, mm ² / s (cSt) at a temperature of 14.5 °C	KR ST ASTM D 445	10,7

Research methods. At the first research stage it was appropriate to analyze the oil sample and bottom sediment samples to obtain an idea of the percentage of paraffins, asphalt-resin compounds and mechanical impurities ratio.

Determination of the total content of resin-asphalt substances was carried out using the Marcuson adsorption method. This method is based on the ability of resin-asphalt substances, as compounds of unsaturated and containing groups of atoms with large chemical energy, to be retained on the adsorbent surface. As an adsorbent, silica gel, previously dried at a 250°C temperature was used.

Determine the asphaltene content allowed their insolubility in low-boiling limiting hydrocarbons. With sufficient dilution of the sample weighed with a solvent (in our case in a 40-fold volume) the asphaltene precipitate. As a solvent, gasoline was used that did not contain aromatic hydrocarbons and boiling within the 65 - 95 °C range.

The mechanical impurities amount was determined in accordance with GOST 6370-83. The method essence is consists in filtering the tested products with preliminary dissolution of slowly filtering products in toluene, filter washing on the solvent, followed by drying and weighing [22].

Chromatographic paraffins determination in oil and bottom sediments was carried out using the AutoSystem LX gas chromatograph, the Perkin-Elmer 3012 SIMDIS model according to ASTM D2887 with the programmable temperature of the column thermostat and a universal capillary column injector, pneumatics and an autosampler for liquid samples. The AutoSystem LX chromatograph is equipped with a flame ionization detector with a digital signal amplifier, a pneumatics for supplying hydrogen and air, automatic ignition and flame detector monitoring. Before the analysis, the conditioned samples were kept for at least half an hour. In the chromatograph, the same oil samples were introduced in an amount of 0.3 µl. Oil samples chromatographic analysis was carried out on a capillary column ELITE PS 2887. The carrier gas (He) flow rate through a quartz capillary and analytical column was 50 cm/min.

In the second study phase effect of various additives (DP2G, DMN 1005 sample 1, DMN 1005 sample 2, NHT-I, PAO 80072 and PAO 82004) to the dynamic viscosity of the oil was investigated. The oil temperature of fluidity loss (TFL) was also determined by the ASTM D5853 method.

To determine the dynamic viscosity, shear stress, shear stress limit, it was used an Anton Paar-rheometer viscometer (Austria) of the RheolabQC model with the Rheoplus software using the DGR-42 measuring system (12ml), a double-slotted cylinder and the CC-17 measuring cylindrical element (5 ml). Dynamic (apparent) viscosity and shear stress measurements were carried out in a linear temperature measurement mode (cooling rate 25 °C / h) at a constant shear rate (10s^{-1}), and a linear change in shear rate (from 0 to 100s^{-1}) at constant temperature. The flow temperature was used to determine the transition temperature of a Newtonian fluid to a non-Newtonian fluid, a limiting shear stress, and a dynamic (apparent) viscosity.

The oil temperature of fluidity loss (TFL) values without heat treatment, with heat treatment and when various additives were added to the oil were determined according to the ASTM D5853 method at the TFL measurement facility. As cooling baths, 2 thermostats were used: LAUDA RE-420 (with temperature 0 °C maintained - thermostat 1), LAUDA RA-8 (with maintaining the temperature -18 °C - thermostat 2).

Results and discussion. The samples analysis results of bottom sediments showed that the content of resin-asphalt substances in ARPD is in percentage ratio higher than the content of asphaltenes and the content of mechanical impurities is 0,18 % (Table 2).

Table 2 – RA, asphaltenes and mechanical impurities content (%) in the analyzed samples

Analyzed sample	Content RA, %	Asphaltenes content, %	Mechanical impurities content, %
ARPD sample	10,42	6,57	0,18

Chromatographic paraffins determination in oil and bottom sediments indicates a higher total content of hard melting paraffins from C_{18} in the bottom sediments of the tank 34.69 % (Figure 1) than in oil entering the storage tanks 21,04% (Figure 2). It should also be noted that high-molecular alkanes predominate in the sediments up to C_{40} , and the total amount of paraffins in the sediments exceeds their content in the initial oil by 15 %.

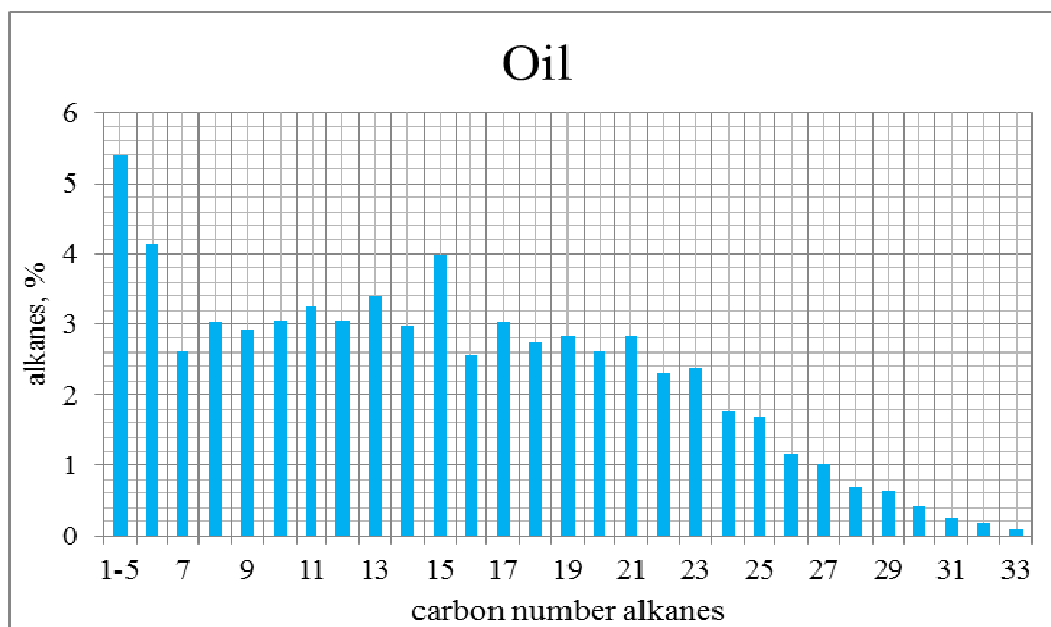


Figure 1 – n-alkanes distribution in oil

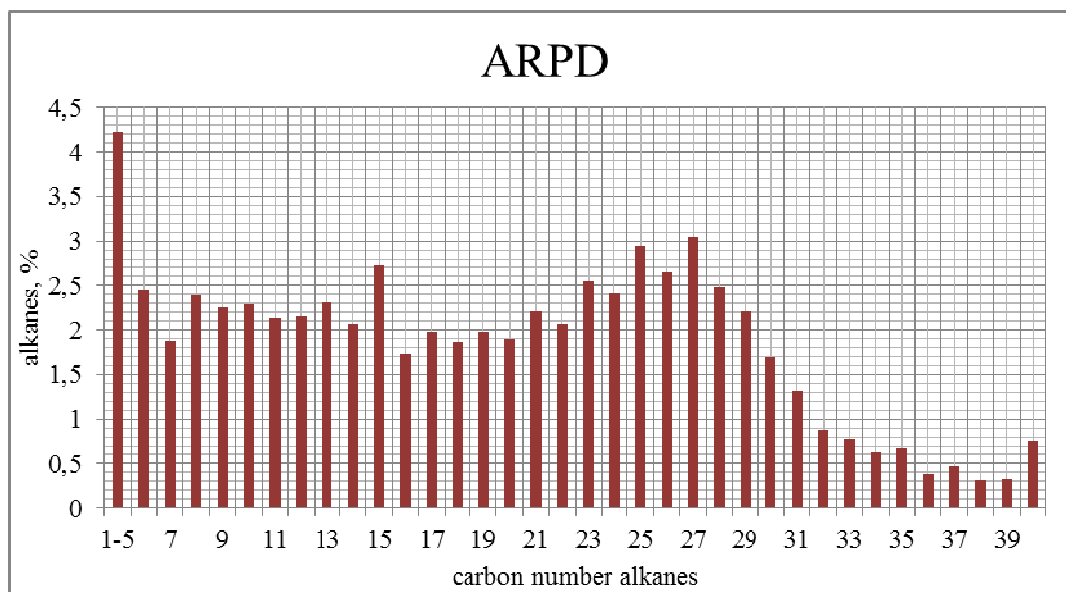


Figure 2 – n-alkanes distribution in the ARPД sample

Thus, it can be concluded that when storing paraffin oil in a tank farm, bottom sediments are formed with a predominant content of high melting paraffins with an increase in their quantity compared to the original oil. In this connection, solid oil sludge is formed in the process of precipitation of hard melting paraffins with asphaltenes and high temperatures are required to destroy them with the use of solvents and surfactants that allow the washing of solid paraffins and asphaltenes from slimes. The selection of solvents and surfactants, as a rule, is carried out according to the type of ARPД. Depending on the content of paraffin hydrocarbons, resins, asphaltenes and their ratio ($\beta = PH/RAS$), oil deposits are divided into the following types: paraffin $\beta > 1,1$; Mixed $\beta \approx 0,9-1,1$ and asphaltenic $\beta < 0,9$ (Table 3) [23].

Table 3 – ARPД classification

ARPД group	Subgroup ARPД	The paraffin ratio (P) content to the sum resins (R) and asphaltenes (A), $P/(R + A)$	Mechanical impurities content, %
Asphaltenic (A)	A ₁	<1	0-0,2
	A ₂	<1	0,2-0,5
	A ₃	<1	>0,5
Mixed (M)	M ₁	≈ 1	0-0,2
	M ₂	≈ 1	0,2-0,5
	M ₃	≈ 1	>0,5
Paraffin (P)	P ₁	>1	0-0,2
	P ₂	>1	0,2-0,5
	P ₃	>1	>0,5

The ratio paraffins content (P) to the resins sum (R) and asphaltenes (A) for the sample of bottom sediments is 3.32, the content of mechanical impurities is 0.18 %, which, in accordance with table 3 allows them to be classified as paraffinic P₁.

The study of the various additives effect (DP2G, DMN 1005 sample 1, DMN 1005 sample 2, NHT-I, PAO 80072 and PAO 82004) on the dynamic viscosity of crude oil showed that the introduction of depressant additives significantly improves the oil fluidity compared to oil without heat treatment and heat treatment. In this case, additives DP2G and DMN 1005 sample 1 are much more effective than other additives (figure 3).

Table 4 shows the results of determining the temperature of fluidity loss. The flow temperature values for oil samples without heat treatment, with heat treatment and the optimum dosage of additives give reason to believe that the introduction of depressant additives allows to reduce the temperature of pour point in comparison with oil without heat treatment by 9 °C.

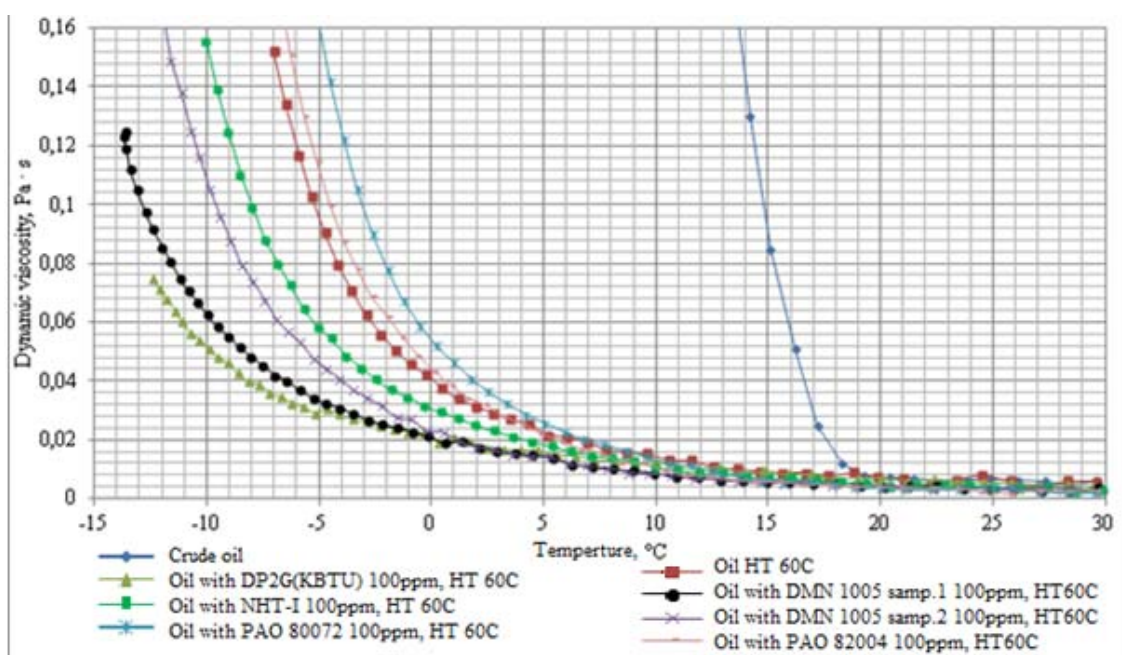


Figure 3 – Rheological oil curves: without heat treatment, with heat treatment and with additives

Table 4 – The temperature of fluidity loss (TFL): without heat treatment, with heat treatment, with an optimum additives dosage

Additive name	Concentration, ppm	TFL, °C
Crude without additive	–	+12
HT 60 °C	–	+3
DP2GKBTU	100	+3
DMN 1005 sample 1	100	+3
NHT-I	100	+6
DMN 1005 sample 2	100	+3
PAO 80072	100	+6
PAO 82004	100	+6

Conclusions. Investigations have shown that when storing paraffin oil in a tank farm, bottom sediments with a predominant content of high melting paraffins are formed with an increase in their amount compared to the initial oil, which leads to the formation of solid oil sludge. Based on the ratio of the content of paraffins (P) to the resins sum (R) and asphaltenes (A), the investigated sediments are related to the paraffin type of deposits, subgroup II. The introduction of various additives into oil improves the fluidity of oil compared to oil without heat treatment and with heat treatment. The most effective additives for the test samples are DP2G and DMN1005 sample 1. The results of the obtained values of flow temperatures for oil samples without heat treatment, with heat treatment and optimal additives dosage have shown that the depressant additives introduction allows to reduce the temperature of oil flow loss in comparison with oil without heat treatment at 9 °C.

REFERENCES

- [1] Vasil'janova L.S. Nekotorye osobennosti neftej Kazahstana // Nef't' i gaz. 2006. N 2. P. 83-90.
- [2] Bakirova S.F., Bujanova N.S., Muhanova M.B. Spektral'naja harakteristika neftej i prirodnyh bitumov jugo-vostoka Prikaspijskoj vpadiny // Nef't' i gaz. 2001. N 1. P. 65-68.
- [3] Mahmotov E.S., Sigitov V.B., Ismurzin O.B., Kondrat'ev V.V., Boranbaeva L.E. Fiziko- himicheskie i reologicheskie parametry neftej Respubliki Kazahstan. Spravochnik na 3-h jazykah (kazahskij, russkij i anglijskij). Ch.1. Almaty: Zhibekzholy, 2008. 629 p.

- [4] Ilyin S.O., Arinina M.P., Polyakova M.Yu., Kulichikhin V.G., Malkin A.Ya. Rheological comparison of light and heavy crude oils // Fuel. 2016. Vol. 186. P. 157-167.
- [5] Ivanova L.V., Burov E.A. Asfal'tosmoloparafिनovye otlozheniya v processah dobychi, transporta i hraneniya // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo». 2011. N 1. URL: <http://www.ogbus.ru>
- [6] Hizhnjak G.P., Usenkov A.V., Ust'kachincev E.N. Oslozhnjajushhie faktory pri razrabotke Nozhovskoj gruppy mestorozhdenij OOO «LUKOIL-PERM» // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Geologija. Neftegazovoe i gornoe delo. 2014. N 13. P. 59-68. DOI: 10.15593/2224-9923/2014.13.6
- [7] Markin A.N. Neftepromyslovaja himija / A.N. Markin, R.Je. Nizamov, S.V. Suhoverhov // Prakticheskoe rukovodstvo. Vladivostok: Dal'nauka, 2011. 288 p. 6.
- [8] Hassanean M.H., Awad M.E., Marwan H., Bhran A.A., Kaoud M. Studying the rheological properties and the influence of drag reduction on a waxy crude oil in pipeline flow // Egyptian Journal of Petroleum. 2016. Vol. 25. P. 39-44.
- [9] Osobennosti sostava asfal'tosmoloparafिनovyx otlozhenij v skvazhinah mestorozhdenij Zapadnoj Sibiri / A.N. Sadykov, R.Sh. Nigmatullina, D.F. Fazlyev, F.R. Farrahova, R.G. Shakirzjanov // Nauchnye trudy "Problemy himii nefti". Novosibirsk: Nauka, 1992. P. 302-305.
- [10] Sharifullin, A.V. Composition and structure of asphalt-resin-paraffin deposit of Tatarstan / A.V. Sharifullin, L.R. Baibecova, R.F. Khamidullin // Tekhnologiinefti i gaza. 2006. N 4. P. 34-41.
- [11] Boukadi A., Philp R.P., Thanh N.X. Characterization of paraffinic deposits in crude oil storage tanks using high temperature gas chromatography // Applied Geochemistry. October 2005. Vol. 20, issue 10. P. 1974-1983.
- [12] Beshagina E.V., Judina N.V., Prozorova I.V., Savinyh Ju.V. Sostav i svojstva nef'tjanyh osadkov // Himija v interesah ustojchivogo razvitiya. 2007. Vol. 15, N 6. P. 653-658.
- [13] Nasyrov A.M. Sposoby bor'by s otlozhenijami parafina. M.: VNIIOJeNG, 1991. 44 p.
- [14] Volkova G.I., Loskutova Ju.V., Prozorova I.V., Berezina E.M. Podgotovka i transport problemnyh neftej (nauchno-prakticheskie aspekty). Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2015. 138 p.
- [15] Sara M. Hashmi, Abbas Firoozabadi. Self-assembly of resins and asphaltenes facilitates asphaltene dissolution by an organic acid // Journal of Colloid and Interface Science. 15 March 2013. Vol. 394. P. 115-123.
- [16] 16Irina V. Litvinets, Irina V. Prozorova, Natalya V. Yudina, Oleg A. Kazantsev, Alexey P. Sivokhin. Effect of ammonium-containing polyalkyl acrylate on the rheological properties of crude oils with different ratio of resins and waxes// Journal of Petroleum Science and Engineering – V.146 (2016)-p. 96–102
- [17] Auezov A.B., Zhumadilova G.T., Karabaeva B.A., Gabsattarova G.A., Bizhanov Zh.A., Mahmotov E.S. Prirodnye depressanty iz chisla kazahstanskih neftej i ih aktivnaja sostavljajushhaja. Neft' i gaz. 2004. N 4. P. 84-90.
- [18] Jafari Behbahani Taraneh, Golpasha Rahmatollah, Akbaria Hassan, Dahaghin Alireza. Effect of wax inhibitors on pour point and rheological properties of Iranian waxy crude oil // FUEL PROCESSING TECHNOLOGY. 2008. Vol. 89. P. 973-977.
- [19] Estrella Rogel, Cesar Ovalles, Janie Vien, Michael Moir Asphaltene characterization of paraffinic crude oils // Fuel. 15 August 2016. Vol. 178. P. 71-76.
- [20] Cesar Ovalles, Estrella Rogel, Harris Morazan, Michael E. Moir Synthesis, characterization, and mechanism of asphaltene inhibition of phosphoropoxylated asphaltenes // Fuel. 15 September 2016. Vol. 180. P. 20-26.
- [21] Uojld Dzh. Himicheskaja obrabotka dlja bor'by s otlozhenijami parafinov (per. s ang. Klepinin V.) / Dzh. Uojld // Neftegazovye tehnologii. 2009. N 9. P. 25-29. 35
- [22] GOST 6370-83 Neft', nefteprodukty i prisadki. Metod opredelenija mehanicheskix primesej.
- [23] Ibragimov G.Z., Sorokin V.A., Hisamutdinov N.I. Himicheskie reagenty dlja dobychi nef'ti: Spravochnik rabocheho. M.: Nedra, 1986. 240 p.

М. Журинов, С. С. Кожабеков, А. З. Абильмагжанов, Н. С. Ивнаов, Ж. Тилепберген, У. Кыдырбаева

Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ИНГИБИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ

Аннотация. Исследована возможность применения депрессорных присадок для улучшения реологических свойств нефти и ингибирования процесса образования донных отложений в процессе хранения в резервуарах казахстанских НПЗ. Показано, что введение депрессорных присадок позволяет снизить температуру потери текучести нефти на 3–6°C. Установлено, что ввод депрессорных присадок значительно улучшает текучесть нефти по сравнению с нефтью без термообработки и с термообработкой. Анализ донных отложений с резервуаров на содержание суммы асфальтосмолистых соединений и механических примесей показал, что исследуемый образец относится к типу П₁. Хроматографическое определение парафинов в нефти и донных отложениях показало более высокое суммарное содержание твердоплавких парафинов от С₁₈ в донных отложениях резервуара – 34,69%, чем в нефти, поступающей в резервуарные парки – 21,04%. В отложениях преобладают высокомолекулярные алканы вплоть до С₄₀, а общее количество парафинов в отложениях превышает содержание их в исходной нефти на 15%.

Ключевые слова: реологические свойства нефти, асфальтосмолопарафиновые отложения резервуар, депрессорные присадки.

**М. Журинов, С. С. Кожобеков, А. З. Абиьмагжанов,
Н. С. Ивнаов, Ж. Тилепберген, У. Кыдырбаева**

Д. В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан

**РЕЗЕРВУАРЛАРДАҒЫ МҰНАЙДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖАҚСARTУҒА
ЖӘНЕ РЕЗЕРВУАР ТҮБІНДЕГІ ШӨГІНДІЛЕРДІ ИНГИБИРЛЕУГЕ АРНАЛҒАН
ДЕПРЕССОРЛЫҚ ПРИСАДКАЛАРДЫҢ ҚОЛДАНЫСЫ**

Аннотация. Қазақстанның МӨЗ резервуарларындағы мұнайды сақтау барысында, оның реологиялық қасиеттерін жақсарту және резервуар түбінде шөгінділердің пайда болу үдерісін ингибирлеу үшін депрессорлық присадкалар пайдалану мүмкүндіктері зерттелді. Мұнда, депрессорлық присадкаларды енгізу кезінде мұнайдың аққыштық қасиетін жоғалту температурасын 3–6°C төмендетуге мүмкіндік берді. Депрессорлық присадкаларды енгізу, мұнайды термоөңдеумен және термоөңдеусізбен де салыстырғанда, оның аққыштығын едәуір жақсартатыны анықталды. Резервуар түбіндегі шөгінділердің асфальтты-шайырлы қосылыстарға және механикалық коспаларға жүргізілген құрамдық жиынтығының талдаулары, зерттеліп отырған үлгінің П1 түріне жататынын көрсетті. Мұнайдағы және шөгінділердегі парафиндерді хроматографиялық жолмен анықтау нәтижелері бойынша С18 жоғары қиын еритін парафиндердің жиындық құрамы резервуар паркіне түсетін мұнайда – 21,04% құраса, ал бұнымен салыстырғанда резервуар түбіндегі шөгінділерде өте жоғары – 34,69% көрсетті. Шөгінділерде жоғары молекулалы алкандар басым С40 дейін, ал шөгінділердегі парафиндердің жалпы мөлшері бастапқы мұнай құрамындағыдан 15% артық.

Түйін сөздер: мұнайдың реологиялық қасиеттері, асфальтты-шайырпарафинді шөгінділер, резервуар, депрессорлық присадкалар.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 220 – 226

UDC 620.197; 541.13

V. N. Statsyuk, Ait Sauyk., M. Zh. Zhurinov, L. A. Fogel, A. A. Abrashov

D. V. Sokol'skii Institute of Fuels, Catalysis & Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: sauik-ait@mail.ru; vadim.st@inbox.ru ; fogel.lidiya@mail.ru

ELECTRODE REACTIONS OF PHOSPHONIC COMPOUNDS OF ATMP AND HEDP ON A PLATINUM AND GLASS-CARBON ELECTRODES

Abstract. The electrochemical activity of ATMF (aminotrismethylenephosphonic acid) and HEDP(1-hydroxyethane 1,1-diphosphonic acid) in solutions of sodium sulfate in the pH range from 1 to 6 on platinum and glass-carbon disc electrodes was determined. It has been established that as the pH decreases, an increase in the current maximum due to the electroreduction of protonated forms of the investigated phosphonic acids is observed. The current value of the cathode maximum for ATMF and HEDP at a constant pH of the solution 3: 2, which corresponds to the ratio of the phosphonic groups in these compounds. On the glass- carbon electrode in the process of anodic polarization, an anode wave is observed for ATMF, which is not characteristic of HEDP under similar experimental conditions. The obtained regularities can be used to determine the ATMF by change in current value of the anode peak from the concentration in the solution study.

Keywords: anodic dissolution, cyclic voltammetry, cathodic maximum, initial potential, potential sweep rate.

Introduction. There are numerous data in the literature on the use of complexones of NTF, OEDP and their complexonates with metal ions as inhibitors of salt formation and corrosion on metals and alloys of different nature [1-16]. Along with the positive effect on the use of these compounds to prevent corrosion and scaling, there is information about the negative consequences of these compounds. The last one is associated not only with technical problems of their operation in real conditions, but also to a greater extent with the absence of a serious fundamental basis for establishing the electrochemical activity of these compounds in neutral and close to neutral solutions on electrodes of different nature and pH. In this connection, special importance is given to establishing the regularities of electrochemical reactions on indifferent disk electrodes made of platinum and glassy carbon.

Experimental method. Cyclic volt-ampere curves were obtained at the potentiostat-galvanostat AUTOLAB (Netherlands) in a sealed cell with a thermostated at 250 ° C using a LOIPLT-105 (Russia) thermostat. The working electrodes were a disk, platinum and glassy carbon electrode with a visible surface of 0.03 cm². To update the surface of the working electrode, abrasive paper of the brand MIRKA 2000 (Finland) was used when the electrode was rotated at 2500 rpm, followed by washing with distilled water. The auxiliary electrode was a platinum helix with a visible surface exceeding the surface of the working electrode by more than 100 times. The potentials given in the article were measured with respect to silver chloride electrode from Metrohm (Switzerland) with a potential of 198 mV relative hydrogen electrode. Deaeration of the volume of the solution in the cell was carried out with an inert gas of argon "v.h." Measurement of the pH of the solution was carried out using a pH-meter of pH-150MI (Russia). Distilled water was used to prepare the solutions. The reagents Na₂SO₄, NTF and OEDF used in the work had qualifications "hh" and "o.ch."

Results and its discussion. Figure 1 shows cyclic volt-ampere curves on a platinum electrode in a solution of 0.3M Na₂SO₄ for various concentrations of NTF at a constant pH of 5.6 in the potential range from -0.4 to -0.8V. Volt-ampere curves were taken in the following order. Initially, cathode volt-ampere

curves were obtained from the initial potential of -0.4V to a final potential of -0.8V, followed by a reversal of the potential sweep to the opposite direction. Anode volt-ampere curves were recorded at the same time. According to Figure 1 in the presence of NTF (CNTF = $1.99 \cdot 10^{-4}$ M), the cathode current peak at $E \sim -0.65$ V and the anode maximum at $E \sim -0.57$ V are observed at the cathode and anode parts of the current-voltage curves. As the concentration of NTF increases, the cathode peak of the current shifts to the region of more negative potentials, and the anode maximum to the region of more positive potentials.

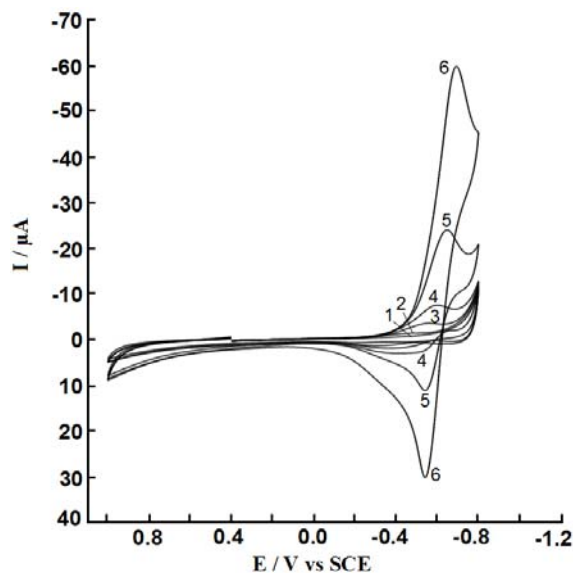


Figure 1 – Cyclic volt-ampere curves of a platinum electrode in a solution of 0.3 M Na_2SO_4 in the presence of different concentrations of NTF. The electrolyte is 0.3 M Na_2SO_4 ; pH = 5.6; concentration of NTF (M): 1 – 0; 2 – $1.99 \cdot 10^{-4}$; 3 – $6.95 \cdot 10^{-4}$; 4 – $1.67 \cdot 10^{-3}$; 5 – $5.39 \cdot 10^{-3}$; 6 – $1.36 \cdot 10^{-2}$

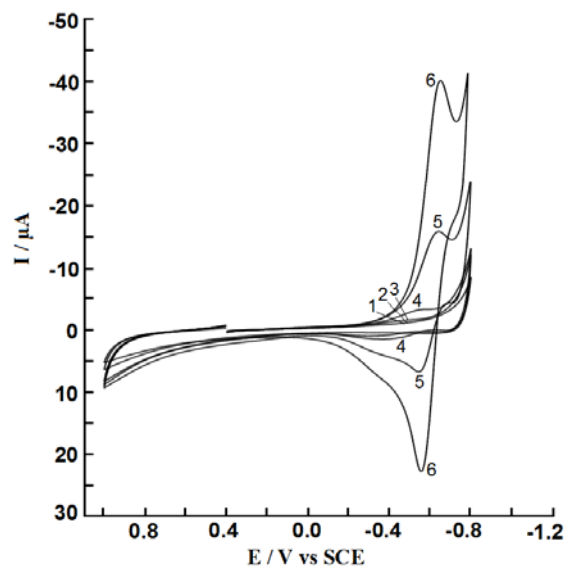


Figure 2 – Cyclic volt-ampere curves of a platinum electrode in a solution of 0.3 M Na_2SO_4 in the presence of different concentrations of OEDPH. The electrolyte is 0.3 M Na_2SO_4 ; pH = 5.6; concentration of OEDPH (M): 1 – 0; 2 – $1.99 \cdot 10^{-4}$; 3 – $6.95 \cdot 10^{-4}$; 4 – $1.67 \cdot 10^{-3}$; 5 – $5.39 \cdot 10^{-3}$; 6 – $1.36 \cdot 10^{-2}$

In many respects similar volt-ampere curves under similar conditions were obtained for Oxyethylenediphosphonic acid. Cyclic voltammetric curves on a platinum electrode in a solution of 0.3 M Na_2SO_4 for different concentrations of Oxyethylenediphosphonic acid (pH = 5.6) are shown in Figure 2. Comparing the cyclic voltammetric curves for identical concentrations of Nitrilotrimethylphosphonic acid and Oxyethylenediphosphonic acid, it follows that the value of the current of the cathode maxima for the investigated phosphonates is significantly different. The current ratio of the maxima for NTPH and OEDPH at the same concentrations is 3:2, which corresponds to the ratio of the phosphonic groups in NTPH and OEDPH. In other words, the magnitude of the current of the maxima on the cathode and anode volt-ampere curves is determined by the presence of phosphonic groups, provided that the pH of the solution does not change.

The magnitude of the current of the maxima and the shape of the curves on cyclic voltammograms is largely determined by the pH of the solution. This is clearly seen from Figure 3, which shows cyclic volt-ampere curves on a platinum electrode in a 0.3M Na_2SO_4 solution in the presence of different concentrations of NTF at pH = 3.0. This is clearly seen from Figure 3, which shows cyclic volt-ampere curves on a platinum electrode in a 0.3M Na_2SO_4 solution in the presence of different concentrations of NTPH at pH = 3.0.

According to Figure 3, with an increase in the concentration of NTPH at a constant pH = 3.0, the shape of the current-voltage curves varies significantly. Thus, if in the solution of 0.3 M Na_2SO_4 in the absence of NTF (Figure 3, curve 1), the cathodic and anodic current peaks are observed on the cyclic volt-ammogram curves, then in the presence of NTPH the shape of the maxima changes significantly. On the cathode part of the current-voltage curve (Figure 3, curve 2), along with a small current maximum at $E = -0.45$ V, one more current maximum is observed for more negative values of the potential $E = -0.65$ V.

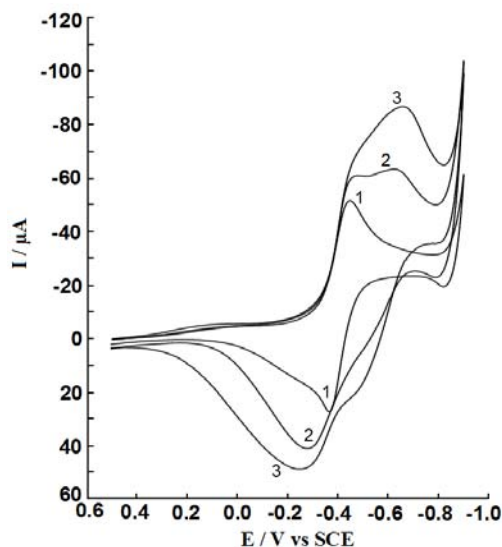


Figure 3 –
Cyclic volt-ampere curves of a platinum electrode
in a solution of 0.3 M Na₂SO₄
in the presence of different concentrations of NTPH.
Electrolyte 0.3 M Na₂SO₄; pH = 3;
concentration of NTPH (M):
1 – 0; 2 – 3.85 · 10⁻³; 3 – 7.4 · 10⁻³

On curve 3 (Figure 2), the current maximum at E = -0.45V is practically not observed, but the current of the maximum at E = -0.65V appreciably increases.

The appearance of the maximum current on curve 1 (Figure 3) in a solution of 0.3 M Na₂SO₄ at E = -0.5 V can be explained by the depletion of the near-electrode layer by H⁺ hydrogen ions as a result of their electroreduction and, as a consequence, an increase in pH in the near-electrode space platinum electrode, then on curves 2,3 (Figure 3), similar phenomena are manifested to a lesser extent due to the presence in the solution and in the near-electrode space of protonated forms of NTPH in the mobile equilibrium, which may be one of the reasons for a significant change in the pH of the near-electrode layer. The protonation constants for NTPH have the following values [17]:

Protonation constants for NTPH and HEDPH

Complexes	$\frac{[HL]}{[L][H^+]}$	$\frac{[H_2L]}{[HL][H^+]}$	$\frac{[H_3L]}{[H_2L][H^+]}$	$\frac{[H_4L]}{[H_3L][H^+]}$	$\frac{[H_5L]}{[H_4L][H^+]}$	$\frac{[H_6L]}{[H_5L][H^+]}$
N(CH ₂ PO ₃ H ₂) ₃	12,10	7,30	5,86	4,64	1,50	0,30
CH ₃ (OH)C(PO ₃)H ₂	10,23	7,28	2,47	–	–	–

In Figure 4, cyclic voltammetric curves are compared on a platinum electrode for solutions with different pH values and a constant concentration of NTPH. According to Figure 4, the magnitude of the current of the maxima on cyclic voltammetric curves varies significantly with different pH. Thus, in a solution close to neutral (pH = 8.4), the cathodic and anodic current maxima are practically absent in cyclic voltammetric curves. However, even at pH = 5.6 on the current-voltage curves, current maxima clearly manifest. In an acidic medium pH = 3.0, a sharp increase in current is observed at the cathode and anode parts of the current-voltage curves. If at pH = 5.6 the potential difference between the cathode and anode peaks is ~ 80 mV, then at pH = 3.0 this value is 200 mV.

It was interesting to clarify the effect of zinc ions on the current-voltage curves obtained on a platinum electrode in a solution of 0.3 M Na₂SO₄ (Figure 5, curve 1) containing a constant concentration of NTPH (Figure 5, curve 2) and in the presence of different concentrations of zinc ions (Figure 5, curves 3,4) in solutions close to neutral with pH = 5.6 and in acidic solutions (pH = 3). According to Figure 5a, when the concentration of zinc ions in a solution of 0.3 M Na₂SO₄ + 3.85 · 10⁻³ M NTPH is increased at a constant pH of 5.6, the magnitude of the current of the cathodic and anodic maxima on cyclic voltammetric curves increases significantly, which can be associated with the formation of complex compounds between zinc ions and NTPH.

In acidic solutions (pH = 3.0), the observed phenomenon is manifested to a lesser extent. An increase in the concentration of zinc ions (Figure 5b) leads to an insignificant increase in the current of a weakly

Figure 4 –
Cyclic volt-ampere curves of a platinum electrode
in solutions with different pH values,
in the presence of a constant concentration
of NTF ($3.85 \cdot 10^{-3}$ M).
The electrolyte is 0.3 M Na_2SO_4 ;
1 – pH = 3; 2 – pH = 5.6; 3 – pH = 8.4

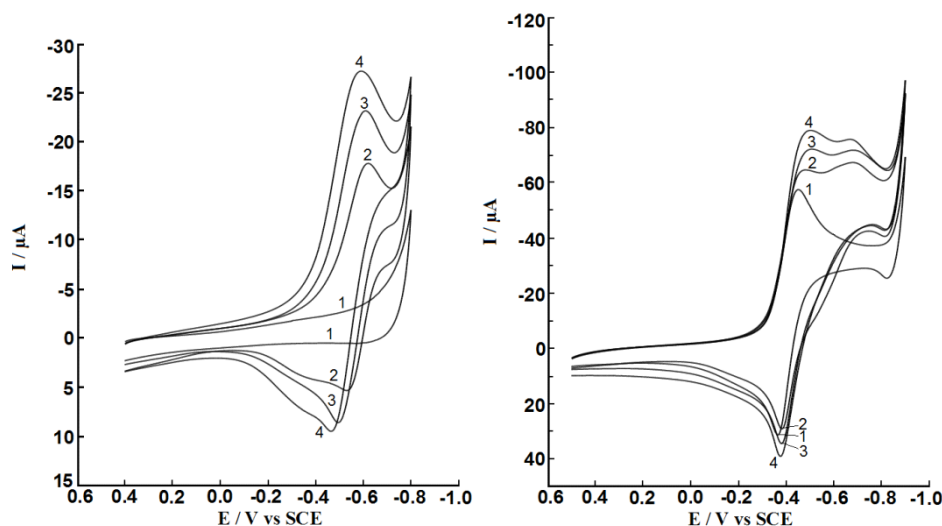
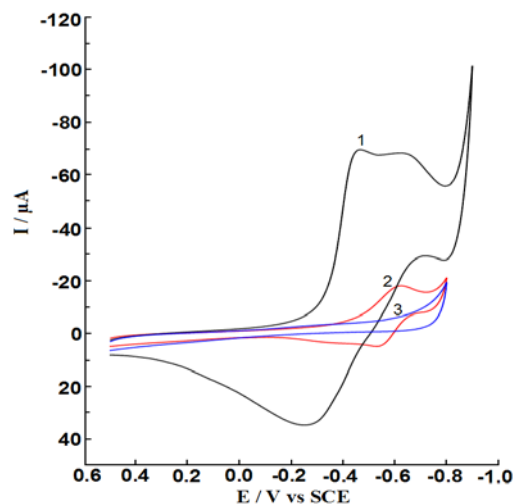


Figure 5 – Cyclic volt-ampere curves of a platinum electrode in a solution of 0.3 M Na_2SO_4 containing a constant concentration of NTF ($3.85 \cdot 10^{-3}$ M) with pH 5.6 (a) and pH 3 (b) in zinc ions:

1 – background 0.3 M Na_2SO_4 ; 2 – 0.3 M Na_2SO_4 + $3.85 \cdot 10^{-3}$ M NTF;
3 – 0.3 M Na_2SO_4 + $3.85 \cdot 10^{-3}$ M NTF + $2.91 \cdot 10^{-3}$ M ZnSO_4 ; 4 – 0.3 M Na_2SO_4 + $3.85 \cdot 10^{-3}$ M NTF + $4.76 \cdot 10^{-3}$ M ZnSO_4

expressed maximum, without significantly affecting the course of the cathode volt-ampere curves. The observed phenomenon is evidently due to the fact that complex compounds are formed in acid solutions between protonated forms of NTPH and zinc ions. The lack of substitution of protons for metal ions with NTPH can lead to the formation of MHL, MH₂L and MH₃L [18, 19].

In order to elucidate the influence of the nature of the electrode material on electrode reactions involving NTPH and OEDPH, a glassy carbon disc electrode was used along with the platinum disc electrode. Figure 6a shows the current-voltage curves on a glassy carbon electrode in a solution of 0.3M Na_2SO_4 (pH = 5.6) for various concentrations of NTPH, the concentration of which varied from $1.99 \cdot 10^{-4}$ to $1.36 \cdot 10^{-2}$ M. Cyclic volt-ampere curves were taken from the initial potential $E_h = -0.14$ to $E_k = -1.4$ V with the subsequent reversal of the direction of the potential swing to + 1.2V. When this potential was reached, the curve was taken from + 1.2V to -0.14V. According to Figure 6, at the cathode part of the current-voltage ones, in contrast to the platinum on the glassy carbon electrode, the maximum current of the electric reduction of hydrogen ions and the effect on this process of NTPH is practically not observed. However, in the potential range from 0.5 to 1.1 V, an anodic wave with a clearly pronounced maximum is observed whose current value depends on the concentration of NTPH. It should be noted that similar phenomena on the platinum electrode under similar conditions are not observed.

Figure 6b shows the cyclic volt-ampere curves for OEDPH under similar conditions of the range of the potential for the removal of cyclic voltammetric curves, the pH of the solution and the selected concentrations.

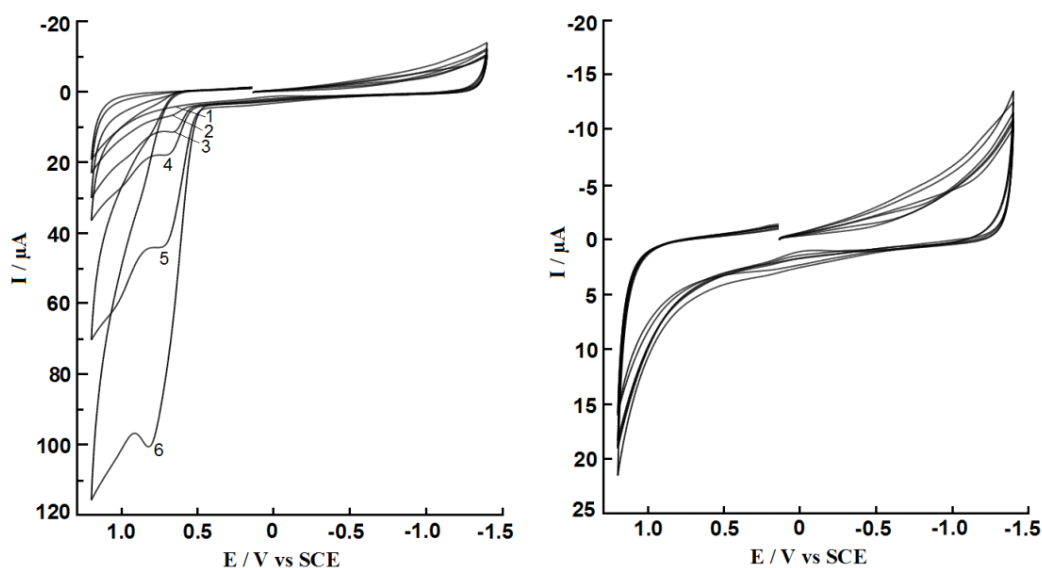


Figure 6 – Cyclic voltammetric curves on a glassy carbon electrode in a solution of 0.3 M Na₂SO₄ in the presence of different concentrations of NTPH (a) and OEDPH (b). Electrolyte 0.3 M Na₂SO₄; pH = 5.6; concentration of NTPH and OEDPH (M): 1 – 0; 2 – 1.99·10⁻⁴; 3 – 6.95·10⁻⁴; 4 – 1.67·10⁻³; 5 – 5.39·10⁻³; 6 – 1.36·10⁻²

According to Figry 6b, in the presence of OEDPH on the cathodic and anodic part of the cyclic voltammetric curves, maximum current is not observed in the potential range studied. In other words, the glassy carbon electrode is not indifferent to nitriles and can be used to determine NTPH in solutions containing other phosphonic compounds [20].

Conclusions. Thus, using a disk electrode from platinum, it was possible to establish the electrochemical activity of the phosphonic compounds of NTPH and OEDPH, which are determined by the presence of protonated phosphonic groups. The current of electroreduction of these compounds in solutions with pH = 5.6 is determined by the ratio 3: 2, which corresponds to the presence of three protonated forms in NTPH and two in OEDPH. The influence of zinc ions on the change in the current of electroreduction of protonated forms of NTPH in acid solutions and solutions close to neutral has been established. In solutions with pH 5.6 in the presence of Zn ions, an increase in the maximum current is observed due to a change in pH as a result of exchange reactions between the protonated form of NTF and zinc ions with the formation of ZnNTPH, and in acidic solutions such phenomena are not observed due to the formation of protonated complexes. The electrochemical activity of NTPH and OEDPH on a glassy carbon electrode was established. NTPH, in contrast to OEDPH, is able to participate in anodic reactions due to the presence of nitrile groups in NTPH. The presence of protonated forms for NTPH and OEDPH under the cathodic polarization of the glassy carbon electrode on the current-voltage curves does not appear in the form of current maxima.

REFERENCES

- [1] Bondar', Ju.F., Maklokova, V.P., Gronskij, R.K. (1976), "Primenenie fosfororganicheskikh soedinenij dlja bor'by s nakipeobrazovaniem v obratnyh sistemah ohlazhdenija". *Teploenergetika*. N 1. P. 70-73.
- [2] Morozova, C.C. (1975), "Issledovanie vozmozhnosti primeneniya nitrilotrimetilenfosfonvoj kisloty v kachestve analiticheskogo reagenta", *Dis. kand. him. nauk. M.: IREA*. P. 165.
- [3] Karmazina, L.D. (1977), "Issledovanie v rjadu kompleksonатов perehodnyh metallov s fosforsoderzhashhimi organicheskimi ligandami" *Dis. kand. him. nauk. M.: IREA*. P. 118.
- [4] Pikel'nyj, A.N., Reznikova, G.G. (1994), "Zakonomernosti jelektrohimicheskogo povedeniya korrozii i ingibirovaniya stalej v nejtral'nyh rastvorah" (*Mater. mizhnar. konf.-vist.*). P. 20.

- [5] Djatlova, N.M., Temkina, V.Ja., Popov, K.I. (1988), "Kompleksyony i kompleksony metallov". M.: Himija. P. 544.
- [6] Kochetkova, N.V., Gavrilov, N.B., Krenev, V.A. (2004), "Fiziko-himicheskoe modelirovanie osazhdenija karbonatov metallov v vodnyh rastvorah jelektrolitov", Zhurn. neorgan. himii. Vol. 49, N 12. P. 2103-2108.
- [7] Kabanchik, M.I., Medved', T.Ja., Djatlova, N.M., Rudomino, M.V. (1974), "Fosfororganicheskie kompleksony". Uspehi himii. Vol. 14, N 9. P. 1554-1574.
- [8] Kuznecov Ju.I. Rol' kompleksoobrazovanija v ingibirovanii korrozii // Zashhita metallov. 1990. Vol. 26, N 6. P. 954-963.
- [9] Abdeev N.G., Kuznecov Ju.I. fiziko-himicheskie osnovy ingibirovanija kislotoj korrozii metallov nenasyshhennymi organicheskimi soedinenijami // Uspehi himii. 2012. Vol. 81, N 12. P. 1133-1145.
- [10] Kuznecov Ju.I., Raskol'nikov A.F. Rol' prirody ligandov v ingibirovanii korrozii metallov fosfatami // Zashhita metallov. 1992. Vol. 28, N 5. P. 707-724.
- [11] Kuznecov Ju.I., Raskol'nikov A.F. Ingibirovanie korrozii zheleza nitriltrimetilfosfonatnymi kompleksami // Zashhita metallov. 1992. Vol. 28, N 2. P. 249-256.
- [12] Ju.I. Kuznecov., L.P. Podgornova ingibirovanie korrozii metallov heterociklicheskimii hladoreagentami // Itogi nauki i tehniki. Korrozija i zashhita ot korrozii. M.: VINITI 1989. Vol. 15. P. 132-177.
- [13] Antropov L.I., Makushin E.M., Panasenko V.F. Ingibitory korrozii metallov. Kiev: Tehnika, 1981. 183 p.
- [14] Incendi. Ja. Primenenie kompleksonov v analiticheskoy himii. M.: Mir, 1979. 376 p.
- [15] Grigor'eev V.P., Jekilik V.V. Himicheskaja struktura i zashhitnye dejstvija ingibitorov korrozii. Rostov-na-Donu: RGU, 1978. 182 p.
- [16] Rozenfel'd I.L. ingibitory korrozii. M.: Himija, 1977. 352 p.
- [17] Martell, A. E., Smith, R.M. (1974- 1982), "Critical Stability Constants" New York. London: Plenum Press. N 5.
- [18] Belokonova, A.F. (1997), "Rezultaty vnedrenija novoj tehnologii podgotovki podpitochnoj vody dlja teplovyh setej s otkryтым vodorazbornom". Jelektricheskie stancii. N 6. P. 9-15.
- [19] Ermolenko, S.G., Kuznecov Ju.I. (1995), "Ingibirovanie korrozii stali novymi fosforsoderzhashhimi kompleksonatami". Zashhita metallov. N 4. P. 341-345.
- [20] Stacjuk, V.N., Fogel', L.A., Zhurinov, M.Zh., Ajt, S. (2016), "Sposob opredelenija koncentracii nitrilotrimetilenfosfonovoj kisloty". Podana zavavka na poleznuju model' 296 /0266. 2 ot 16 maja 2016 g.

В. Н. Стацюк, Айт Сауык., М. Ж. Журинов, Л. А. Фогель, А. А. Абрашов

Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Алматы, Казахстан

ЭЛЕКТРОДНЫЕ РЕАКЦИИ ФОСФОНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НТФ И ОЭДФ НА ПЛАТИНОВОМ И СТЕКЛОУГЛЕРОДНОМ ЭЛЕКТРОДАХ

Аннотация. Определена электрохимическая активность НТФ (нитрилотриметиленфосфоновая кислота) и ОЭДФ (оксиэтилендифосфоновая кислота) в растворах сульфата натрия в интервале рН от 1 до 6 на платиновом и стеклоуглеродном дисковых электродах. Установлено, что с уменьшением рН наблюдается увеличение максимума тока, обусловленного электровосстановлением протонированных форм исследуемых фосфоновых кислот. Величина тока катодных максимумов для НТФ и ОЭДФ при постоянном рН раствора соотносятся 3:2, что соответствует отношению фосфоновых групп в этих соединениях. На стеклоуглеродном электроде в процессе анодной поляризации наблюдается анодная волна для НТФ, которая не характерна для ОЭДФ в аналогичных условиях эксперимента. Полученные закономерности могут быть использованы для определения НТФ по изменению величины тока анодного максимума от концентрации в исследуемом растворе.

Ключевые слова: анодное растворение, циклическая вольтамперометрия, катодный максимум, начальный потенциал, скорость развертки потенциала.

В. Н. Стацюк, Айт Сауык., М. Ж. Журинов, Л. А. Фогель, А. А. Абрашов

Д. В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан

ПЛАТИНА ЖӘНЕ ШЫНЫ КӨМІРТЕКТІ ЭЛЕКТРОДТАРДАҒЫ НТФ ЖӘНЕ ОЭДФ ФОСФОНДЫ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ ЭЛЕКТРОДТЫҚ РЕАКЦИЯЛАРЫ

Аннотация. Дискілі платина және шыны-көміртекті электродтарда рН мәні 1 мен 6 аралығындағы натрий сульфаты ерітінділерінде НТФ (нитрил үшметилді фосфонды қышқыл) және ОЭДФ (оксиэтилен дифосфонды қышқыл) тың электрохимиялық белсенділігі анықталынды. рН мәнінің төмендеуіне байланысты зерттелінетін фосфонды қышқылдардың протонды формаларының электрототықсыздануы кезінде пайда болатын максимумының ток мөлшері артатындығы зерттелінді. Ерітіндінің тұрақты рН мәндерінде НТФ пен

ОЭДФ тың катодтық максимумдарының тоғының шамасы осы қосылыстардағы фосфонды топтардың арақатынасына сәйкес келетін 3:2 қатынасын құрайды. Тәжірибені өткізудің бірдей жағдайларында шыныкөміртек электродында анодты поляризация кезінде НТФ-ті қосқанда анодтық толқын пайда болады бірақ ОЭДФ тың қатысында мұндай құбылыс байқалмайтындығы зерттелінді. Алынған заңдылықтар зерттелінген ерітінділерде анодтық максимумдардың ток шамасының концентрацияға байланысты өзгеруі бойынша НТФ ты анықтауға қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: анодтық еру, циклді-вольтамперометрия, катодты максимум, бастапқы потенциал, потенциал беру жылдамдығы.

Сведения об авторах:

Стацок Вадим Николаевич – д.х.н., профессор, научный консультант лаборатории прикладных исследований ИТКЭ им. Д. В. Сокольского, vadim.st@inbox.ru

Фогель Лидия Алексеевна – к.х.н. в.н.с., лаборатории прикладных исследований ИТКЭ им. Д. В. Сокольского, fogel.lidiya@mail.ru

Айт Сауык – м.н.с., лаборатории прикладных исследований ИТКЭ им. Д. В. Сокольского, sauik-ait@mail.ru

Журинов Мурат Журинович – академик НАН РК, д.х.н., профессор, генеральный директор АО «ИТКЭ им. Д. В. Сокольского», nanrk.mzh@mail.ru

Абрашов Алексей Александрович – к.т.н., доцент, кафедра «Композиционных материалов и технологий защиты от коррозии», РХТУ им. Д. И. Менделеева, abr-aleksey@yandex.ru

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 227 – 237

UDC 628.4. 032

**G. Bekturyeva¹, Sh. Shapalov³, K. S. Baybolov¹, R. Izimova²,
G. Admanova², Z. Sultanmuratova², A. Umbetkulova²,
Sh. Zhumabaeyev³, M. Makhambetov², G. Nurmukhanova²**

¹M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,

²K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan,

³South Kazakhstan pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: gulzhan,bekturyeva@mail.ru

DEVELOPMENT OF FOOD WASTES UTILIZATION TECHNOLOGY

Abstract. At the present stage of the food industry are sources of significant quantities of wastes of organic origin. These wastes are a valuable feed product, however, quickly decomposing, they become unsuitable for further use and, moreover, are harmful to the environment in General and man in particular. Therefore, the main waste processing food production is an important task to ensure forage agriculture and the prevention of environmental pollution. The main wastes of food industry wastes are canning, wine industry, fruit and vegetable waste, meat and fish waste, bones, bread, dairy products, waste, brewery and distillery industry waste essential oil industry, waste oil and fat industry, waste confectionery and dairy industries, waste from livestock farms and meat processing industry.

Listed wastes for food production may be considered as secondary material resources (BMP), as they contain protein and minerals, carbohydrates and vitamins.

Based on the above, seems highly relevant topic of this thesis, is devoted to the development of technologies for recycling food waste.

To date, the levels of recycling of these wastes in our country and, in particular, in Shymkent, were small, despite the fact that they contain up to 25% of the nutrients of raw materials, which again confirms the relevance of the development of resource-saving technologies of processing food waste into feed products. Such technology should be low-waste to ensure environmental protection.

Keywords: extrusion processing, composting, microbiological bioconversion, recycling, landfill, burial.

Objective: development of technologies for recycling food waste. The goal involves the following tasks:

- development of a system of selective collection of household waste,
- review of technologies for the treatment of food waste;
- development on the basis of the information technology systems of disposal of food waste;

Scientific novelty of the research. On the basis of monitoring of the collection, storage, recycling food waste, the proposed introduction of selective waste collection that will minimize inefficient and environmentally unsafe handling of food waste. The proposed scheme sort or separate collection of waste, which is a major trend in the reduction of emissions of harmful substances into the environment. The proposed technology microbial bioconversion of waste into high-quality carbohydrate-protein feed and feed additives. Also provides a process flow diagram of the extrusion processing of solid food wastes into animal feed.

The practical significance. Worldwide recycling and disposal of household waste is becoming more urgent problem. This mainly concerns large densely populated cities, where the annual accumulated millions of cubic meters of all kinds of garbage. Steaming dumps, piles of discarded rubbish, overflowing garbage cans – is familiar to many urban residents. It is estimated that every year in the country only

accumulates solid waste 140 million cubic meters. The developed technology of food waste allows to minimize the environmental effects from pollution by landfills, translating them from waste into feed proteins, the proposed scheme of selective collection of waste is to minimize the cost of mechanical processing of household waste. Problem of literacy such a huge amount of waste, no doubt, can be classified as environmental; on the other hand, it is most closely associated with solving complex technical and economic issues.

Objects of research: cannery waste, the wine industry, fruit and vegetable waste, brewery and distillery industry waste essential oil industry, waste oil and fat industry, waste confectionery and dairy industries, waste from livestock farms and meat processing industry.

Extrusion - perfect technological process for the production of products with a normalized amount of proteins, fibers, vitamins corresponding to the indications of your dietician. The ability to control the composition of the products of proteins, vitamins or minerals plays an important role in the prevention of many human diseases.

It is extrusion – very progressive method of obtaining high-quality and balanced composition of foods, the main advantages of which lie in the flexibility of its technological schemes, high performance and small dimensions of the extruder, the continuity of the process, low production cost.

Extrusion processing of food waste involves obtaining biologically valuable, secure and persistent storage of food. A necessary condition for achieving this purpose is the thermal treatment of waste, in which occur the disinfection and dehydration of raw materials. From the correctness of its implementation depends on the quality of the resulting feed.

Traditionally, the most common hours of heat treatment at elevated pressures in the apparatus of periodic action, in particular in vacuum boilers (boilers-utilizers Lapsa) dry (no contact with live steam or water) or wet method. In such boilers raw material is slowly heated to a temperature of 11 8-1 30° C which kills the majority of bacteria, and sterilized for 30 to 60 minutes at a pressure of 0.3-0.4 MPa. Then tenderized the mass is dried for several hours under a pressure of 0.05-0.06 MPa at 70-80° C. From heat-treated wastes get meat, bone, meat, blood, bone, feather meal. It should be noted that recently in EU countries, sterilization is carried out at a temperature 1 33° C and a pressure of 0.3 MPa for 20 minutes, excluding the time for the ascent and descent of the steam pressure in the boiler.

We can distinguish the following main shortcomings of traditional technologies:

- the duration of the process of obtaining the finished product (up to 10-1 2 hours);
- hours of heat treatment causes denaturation of 70-75% protein, thereby reducing the nutritional value of the product (it is poorly absorbed by the bird);
- high intensity: for installations in addition to the electricity needed gas, steam and hot water;
- environmental pollution malodorous and toxic substances (hydrogen sulfide, sulfur dioxide, mercaptans, etc.);
- the formation of fat-containing waste water, which increases the load on local wastewater treatment facilities.

The use of continuous-flow lines for disposal of biological wastes reduces the time of manufacture of the finished product (meat and bone meal) to 1-2 hours and slightly increases its nutritional value. Continuous-flow lines vary as to heat the raw materials, and temperature regimes. The raw material may be heated either by direct contact with hot liquid coolant - fat or steam, or by using the conductive method. The temperature treatment can be both above and below 100 C. However, these lines are also characterized by high energy intensity, environmental imperfection and the additional load on local wastewater treatment facilities.

To obtain high quality feed product, where maximum stored biological value of raw materials, it is necessary to minimize the heat treatment. Thus it is desirable to use efficient and environmentally friendly technologies.

Modern extruders, depending on the nature of the processed material temperature can reach 200° C, a pressure of 4-5 MPa. At the same time, the negative effects of the treatment are minimized due to its brevity. The processed material in the extruder is not more than 30-90 seconds.

The development of extrusion technology has allowed us to offer new ways of recycling wastes of food industry, fur farms, pig and poultry breeding. The proposed technology is a dry extrusion method in which heating of the extruded material occurs due to friction as within it, and the barrel of the extruder.

The fundamental problem is high humidity waste (85%). For its solution the crushed wastes of animal origin (including case and confiscated SES) is premixed with vegetable filler. In this way, reduce the humidity of the mass fed into the extruder, to 28-30 percent. The resulting mixture is subjected to extrusion processing, getting suitable for feeding pigs and poultry product. As filler can be used for grain, grain waste, bran, meal. Filler volume 3-5 times more animal waste and is determined by their moisture content.

With the passage of the mixture through the compression aperture in the barrel of the extruder inside her rises the temperature over 110 C and the pressure is 40 atmospheres. The passage of the mixture through the extruder does not exceed 30 seconds, and in the zone of maximum temperature, it is only 5-6 seconds, so the negative effects of the heat treatment is minimized. However during this time the mixture:

- sterilized and disinfected (disease-causing microorganisms, fungi, mold completely destroyed);
- increases in volume (due to rupture of molecular chains of starch and cell walls at the exit of the extruder);
- homogenized (a process of grinding and mixing of raw materials in the barrel of the extruder continues, the product becomes completely homogeneous);
- stabilized (is neutralized by the action of enzymes that cause rancidity of the product, such as lipase and lipoxygenase, inactivated anti-nutritional factors, toxins);
- dehydrated (humidity is reduced by 50-70% of the original).

As a result, the digestibility of the protein reaches 90 percent. Amino acids are becoming more affordable due to the destruction of molecules in the protein secondary links. The content of available lysine reaches 88%. At the same time are totally or substantially destroyed anti-nutritional compounds such as urease, protease inhibitors, and trypsin. Starch gelatinizes that increases its digestibility.

Fats are evenly distributed throughout the mass of the product, forming complex compounds with starch in a ratio of 1:10, which increases their accessibility. Stability of fats increases as destroy enzymes that cause oxidation and rancidity, such as lipase and lip oxidase, and lecithin, and Tocopherols, which are natural stabilizers, retain full activity. The digestibility of dietary fiber increases due to chemical modification.

The rigidity of the extrusion processing, destroying pathogens, allows to obtain high-quality food, even if the filler is represented substandard grain products. The sterility of the resulting feed is especially important when feeding the young, as up to 90% of the livestock are dying due to diseases of the gastrointestinal tract or infections listed through the digestive system.

For the first time such technology for processing wastes of poultry and livestock was proposed by American specialists in 1995 (according to the figurative expression, delivered at one of the seminars, the Americans are extruded everything I see).

Extrusion technology biological waste disposal developed by Wenger Manufacturing (USA), including preliminary heat treatment of the mixture in the conditioning of the extruder, extruding the steaming and drying of the extrudates. The necessity of operations of steaming and drying increases the cost and complicates the process, since in addition to electricity requires the use of other energy sources (steam and gas).

The company's technology InstaPro (USA) does not require steaming, however, the moisture content of the resulting extrudates exceeds 14-16 percent. Because product storage humidity more than 14.5% is not allowed, to ensure a sufficiently long shelf life are the extrudates optionally dried. For waste disposal in the meat case of pig and get cheap sterile protein feed Supplement, I suggest the following scheme (figure 1).

The method allows excluding using special dryers and diverse sources of energy to reduce temperature effects on the product. As a result it is possible to obtain a product suitable for long-term storage (6 months) even with considerable humidity of raw materials.

Production line extrusion recycling can be designed to almost any performance. Complete technological process consists of:

- 1) shredding;
- 2) mixing the crushed mass in certain proportions with vegetable filler;
- 3) extrusion of the mixture;
- 4) cooling;
- 5) packing unit.

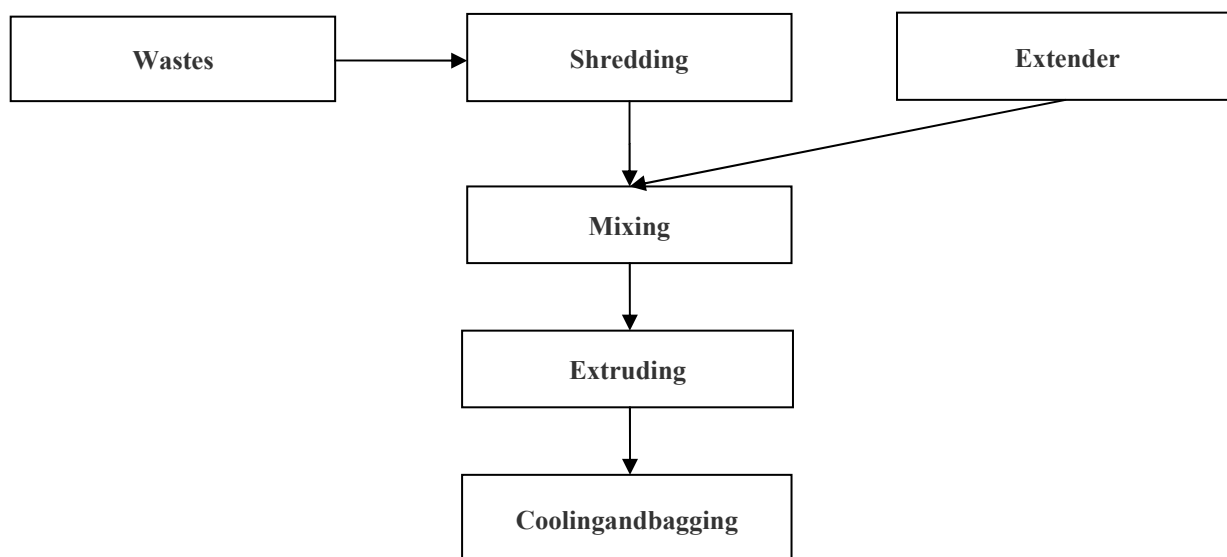


Figure 1 – Scheme of waste disposal in the meat industry

To the resulting product (protein feed additives) is characterized by:
protein content - between 14 and 20% (depending on the type of processed wastes and vegetable filler);

- high digestibility (90%);
- exchange energy - 290-310 kcal per 100 g;
- bacterial clean - not more than 20 thousand units (at a rate of 500 thousand units);
- humidity - not more than 14%;
- long shelf life - at least 6 months.

The cost of the resulting product is determined mainly by the cost of the filler. In this case the energy consumption for processing of 1 kg of biological wastes do not exceed 80 tyn, whereas in the processing in package boilers - not less than 4 tg.

The use of extrusion technology allows:

- to intensify the production process;
- to reduce energy consumption (excluding electricity for the technological process does not need other energy sources: gas, steam, hot water);
- reduce labor costs;
- increase the utilization of raw materials;
- to improve the digestibility of foods;
- to reduce microbiological contamination of the products;
- reduce the pollution of the environment (no emissions, effluents and waste secondary).

In conclusion, we should say that the potential income households from the use of feed additives derived from its own biological waste, can be comparable with the income from the sale of basic food production.

The main technological machine for the production of extruded products - extruder, which consists of several main components: the housing, equipped with heating and cooling elements, a working body (auger, disc, piston),

Arranged in the housing, the core matrix, loading unit of processed product, power drive, system tasks, and maintaining the temperature and other measuring and control devices.

The most important node of the extruder is the screw special design, which can be collected from the individual model elements of different configurations. It is the auger determines the modes of material handling, machine performance and the quality of the finished product.

Currently overseas industry offers a wide range of extrusion machine - from laboratory to high-performance industrial plants of various designs and modifications to meet the ever-increasing requirements to the quality and range of products.

Analysis of engineering and technology of extrusion of the Western countries allowed to systematize the most important types of these machines and to classify them according to various criteria that, in our opinion, best reflects the essence of the extrusion process and is an important auxiliary material in the design of modern extrusion lines to produce new products.

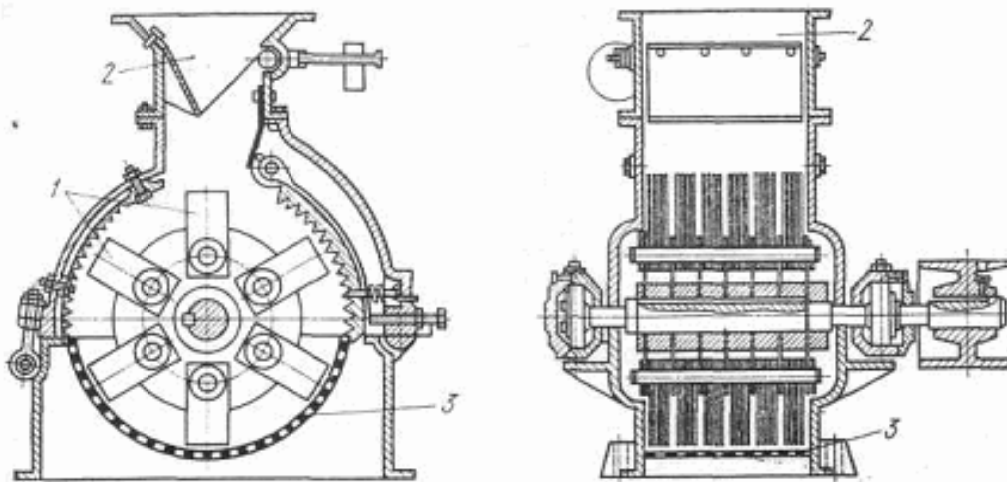
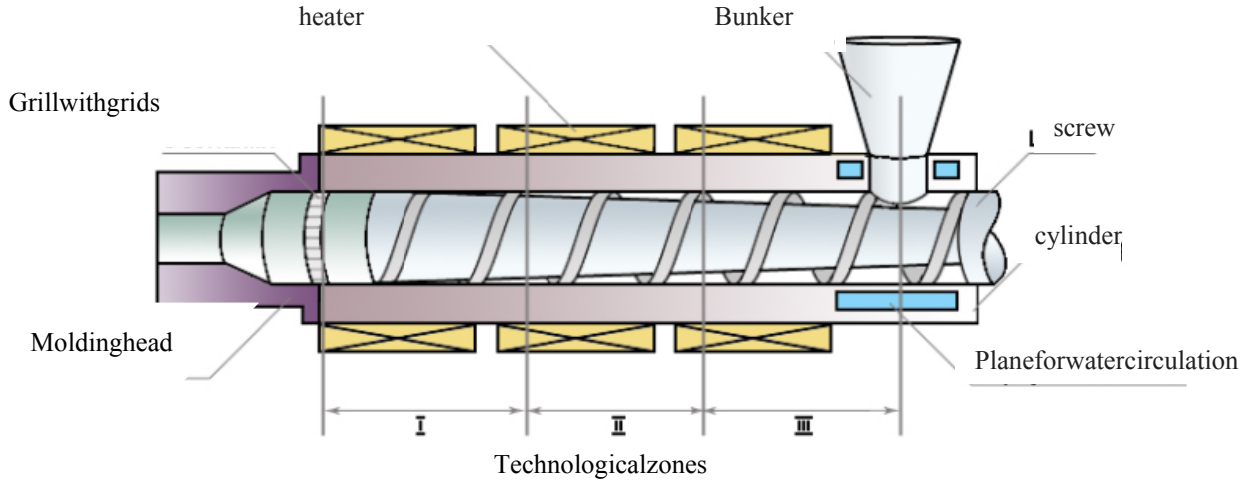


Figure 2 – Scheme extrusion processing of food waste into feed: 1 – cylinder; 2 – hopper; 3 – grid with grids

The apparatus operates as follows. Base composite screw is a stud with left-hand thread on which are mounted: the screw of the first stage (input auger); auger second stage (middle part); auger third stage (the output part); the heating of the washer.

The main auger is the most critical node of the screw extruder, which determines the performance of the machine, the processing modes of the mixture and the quality of the finished product. Usually the screw is single - or double-threaded worm, consisting of several sections, separated by the compression diaphragms (steam locking or heating washers) that create resistance to movement of the mixture and facilitate the compression and heating. Auger design provides a gradual increase of pressure and temperature in the extruder. In some extruders depth of the helical grooves of the worm is reduced to the output end of the auger to provide additional compaction and increasing pressure and temperature.

Sections of the worm are mounted in removable housings having on the inside longitudinal ribs for providing movement of the mixture along the axis of the screw. In places the washers all the material takes part of it is returned through the horizontal grooves back in the feeder and moves them to the exit again. Through internal recirculation of the product under pressure, its temperature increases and reaches at the exit of the extruder of considerable magnitude.

When the output of the extruder finished product "blows up", you lose the humidity, the temperature falls and swells the stream of extruded. The use of different dies or granulating head allows you to obtain an extruded in the form of cords (strands) various shapes, or granules of a certain size, which then require refrigeration.

Transmission of rotation from the main drive shaft precast auger comes with dowels. Precast closed auger housings consisting of two halves each, and one piece body. The latter is screwed to the bearing housing press-extruder. Rectangular window in the housing is used for mounting of the tray through which the mixture flows from the auger dosing in prefabricated housing screw. On the inner surfaces of the housings is provided with longitudinal grooves for moving the mixture along the axis of the screw. To reduce wear of buildings in places over the heating washers installed replaceable wearing rings (three pieces).

At the output section of the screw part is the regulator granulator (depending on the configuration can be set to normal output or oil separating console), consisting of the nose of the housing, the adjustment disc (matrix) with a handle, a drive roller with a cutting knife, pressed against the adjusting disc spring. The rotation of the drive shaft with a knife is passed through the leash and fingers. Seal on drive shaft end, consisting of a replaceable bronze details: bushing in the nose body ring and a driven roller.

The output of the extruded is affected by the combined openings in the nose housing and the adjusting disk. Rotate adjustment disc alters the flow area, thereby regulating the temperature and pressure. The adjusting disc is secured in position by a bolt and is pressed against the nose-body disk. The thermocouple in the housing serves for measuring the temperature in the pressing zone.

On the screw applies an axial force f , the torque MD and uniformly distributed load g from the own weight of the worm. The force P and g cause the deflection of the worm. Task strength calculation is to check the predefined dimensions of the worm and of determining allowable deflection.

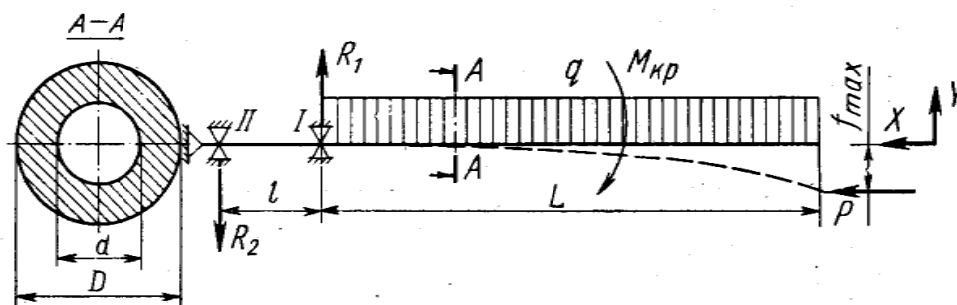


Figure 3 – Scheme to the calculation of a worm

To determine the design scheme of the worm is checked for flexibility according to the formula:

$$\lambda = \frac{k \cdot L}{R_t} \leq 120, \quad (1)$$

where k – coefficient depending on the method of fastening the end portion of the shaft $k = 2$; L – length of the worm, m ; R_t is the radius of gyration of the cross section, m .

$$R_t = \sqrt{\frac{J}{F}}$$

where J is the moment of inertia of the cross section of the shaft screw, M^4 ; F – cross-sectional area of the worm, m^2 ;

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{64} (1 - i^4),$$

where $i = d_0/D$ – the ratio of the diameters of the worm (in the middle of the height of the ridge).

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (1 - i^2)$$

$$i = \frac{0,066}{0,08} = 0,825;$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} (1 - 0,825^2) = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$J = \frac{3,14 \cdot 0,08^4}{64} (1 - 0,825^4) = 1,08 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$R_i = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{1,08 \cdot 10^{-6}}} = 38,51 \text{ м}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 2}{38,51} = 0,103 \leq 120,$$

The condition is satisfied.

Technical characteristics of the geometric shape of the channel surrounding the head. Composite materials based on polyethylene is subject to degradation, therefore, the transition from the cylindrical part of the extruder to the profile of the product output end of formalizing the head should be smooth.

Head is divided into three conditional, characterized by the geometrical shape of the parts: two parts of a circular conic section which fades into one another and a circular annular channel of constant cross section along the length.

The shape factor for round tapered channel section K1:

$$k_1 = \frac{3\pi D^2 d^3}{128L(D^2 + Dd + d^2)},$$

where L is the length of the channel, m; D is the largest diameter of the zone head, m; d – the smallest diameter of the head m.

$$k_1 = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 0,082^2 \cdot 0,05^3}{128 \cdot 0,115 \cdot (0,082^2 + 0,082 \cdot 0,05 + 0,05^2)} = 4,04 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3;$$

The shape factor for round tapered channel section K2:

$$k_2 = \frac{3\pi D^2 d^3}{128L(D^2 + Dd + d^2)}$$

$$k_2 = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 0,032^3}{128 \cdot 0,06 \cdot (0,05^2 + 0,05 \cdot 0,032 + 0,032^2)} = 1,96 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3;$$

The shape factor for a channel of circular annular cross-section K3:

$$k_3 = \frac{\pi}{8L} \left[R_n^4 - R_o^4 - \frac{R_n^2 - R_o^2}{2,3 \lg(R_n/R_o)} \right],$$

where RL is the outer radius portion of the channel of circular annular cross-section, m; R_n – the radius of the inner part of the channel of circular annular cross-section, m; L – length of the canal zone, m.

$$k_3 = \frac{3,14}{8 \cdot 0,04} \left[0,016^4 - 0,0124^4 - \frac{0,016^2 - 0,0124^2}{2,3 \lg(0,016/0,0124)} \right] = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3;$$

The total resistance coefficient of placing head:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{4,04 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{1,96 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{4,8 \cdot 10^{-3}}} = 1,82 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

The performance of the extruder.

Performance is determined based on the length of the forming zone:

$$\Pi_t^z = \frac{k \cdot \varphi \cdot n}{k + \beta + \gamma},$$

where k is the total resistance coefficient formalizing the head φ is a constant forward flow, м^3 ; β is a constant return flow, м^3 ; γ is a constant of the leakage flow, м^3 ; n – frequency of rotation of the worm, s^{-1} .

The calculation of the constant forward flow by the formula:

$$\varphi = \frac{\pi \cdot m \cdot D_v \cdot \cos^2 \alpha \cdot \left(\frac{z}{m} - e\right) \cdot h}{2},$$

where φ is the angle of helix m – the number of starts of the worm, is taken $m=1$.

Calculation of the angle of inclination of the helix by the formula:

$$\alpha = \arctg \frac{z}{2\pi R}$$

$$\alpha = \arctg \frac{0,075}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,04} = 17,65^\circ$$

$$\varphi = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 0,082 \cdot \cos^2 17,65 \cdot \left(\frac{0,075}{1} - 0,007\right) \cdot 0,007}{2} = 5,05 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

The calculation of a constant return flow by the formula:

$$\beta = \frac{m \cdot \left(\frac{z}{m} - e\right) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot h}{13 \cdot L},$$

where L is the length of the forming zone of the extrusion head $L = 0,215 \text{ м}$.

$$\beta = \frac{1 \cdot \left(\frac{0,075}{1} - 0,007\right) \cdot \cos 17,65 \cdot \sin 17,65 \cdot 0,007}{13 \cdot 0,215} = 3,73 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

The calculation of the constants of the leakage flow by the formula:

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot D_v \cdot \delta^3 \cdot \text{tg} \alpha}{10 \cdot L \cdot e},$$

where L is the length of the forming zone of the extrusion head $L = 0,215 \text{ м}$.

$$\gamma = \frac{3,14^2 \cdot 0,08 \cdot 0,001^3 \cdot \text{tg} 17,65^\circ}{10 \cdot 0,215 \cdot 0,007} = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Such a way

$$\Pi_t^z = \frac{1,82 \cdot 10^{-3} \cdot 5,05 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5}{1,82 \cdot 10^{-3} + 3,73 \cdot 10^{-6} + 1,67 \cdot 10^{-6}} = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

when the density of the material $\rho = 950 \text{ kg/m}^3$

$$\Pi_z = 3600 \cdot \Pi_z^c \cdot \rho.$$

$$\Pi_z = 3600 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 950 = 7,17 \text{ kcal/hac}$$

The calculation of the coefficients of viscosity.

The coefficients of viscosity μ_1 and μ_2 are determined by the value of the velocity gradient within the channel of the worm and in the gap between the crest of the screw and cylinder of extruder:

$$\left(\frac{du_s}{dy} \right)_{\text{in2}} = \frac{u_s}{h} = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n \cdot \cos \alpha}{h} = \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 0,5 \cdot 0,953}{0,007} = 11,1 \text{ c}^{-1}$$

$$\left(\frac{du_s}{dy} \right)_{\text{out2}} = \frac{u_s}{\delta} = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n \cdot \cos \alpha}{\delta} = \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 0,5 \cdot 0,953}{0,001} = 119,6 \text{ c}^{-1}$$

Using rheological curve of polyethylene and found gradients of velocities defined on the chart

$\mu_2 = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)$ at the proper temperature values μ_v and μ_v

$$\mu_v = 80 \text{ kcal/m}^2$$

$$\mu_v = 100 \text{ kcal/m}^2$$

The pressure in the metering zone of the screw.

The extrusion process is possible if the pressure p in the metering zone of the screw will be more resistance ρ of the crosshead or equal to, i.e.

The pressure in the metering zone of the screw.

The extrusion process is possible if the pressure p in the metering zone of the screw will be more resistance ρ of the crosshead or equal to, i.e.

$$p \geq \Delta p$$

As it follows from depending on performance:

$$\Delta p = \frac{\Pi_z \cdot \mu_i}{k_i},$$

where is dynamic viscosity and resistance factor of the corresponding channel. Therefore, you should:

The pressure drop for the first channel "round tapered":

$$\left(\frac{du}{dy} \right)_{\text{first}} = \frac{256 \cdot \Pi_z}{\pi \cdot (D+d)^2} = \frac{256 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot (0,082+0,05)^2} = 0,074 \text{ c}^{-1};$$

$$\mu_1 = \mu_{\text{first}} = 0,9 \cdot 10^4 \text{ kcal/m}^2;$$

$$\Delta p_{\text{first}} = \frac{\Pi_z \cdot \mu_1}{k_1} = \frac{2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,9 \cdot 10^4}{4,04 \cdot 10^{-5}} = 4,67 \cdot 10^2 \text{ kcal/m}^2$$

The pressure drop for the second channel "round tapered":

$$\left(\frac{du}{dy} \right)_{\text{second}} = \frac{256 \cdot \Pi_z}{\pi \cdot (D+d)^2} = \frac{256 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot (0,05+0,032)^2} = 0,031 \text{ c}^{-1};$$

$$\mu_2 = \mu_{\text{second}} = 0,5 \cdot 10^4 \text{ kcal/m}^2;$$

$$\Delta p_{\text{second}} = \frac{\Pi_z \cdot \mu_2}{k_2} = \frac{2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 10^4}{1,96 \cdot 10^{-5}} = 5,34 \cdot 10^2 \text{ kcal/m}^2$$

The pressure drop for the third round of the ring":

$$\left(\frac{dM}{\Phi}\right)_{\text{трет}} = \frac{5,58 \cdot \Pi_1}{\pi \cdot (R_n + R_g)(R_n - R_g)^2} = \frac{5,58 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot (0,016 + 0,0124)(0,016 - 0,0124)^2} = 10,12 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_2 = \mu_{\text{трет}} = 0,79 \cdot 10^4 \text{ кгс/м}^2;$$

$$\Delta p_{\text{трет}} = \frac{\Pi_1 \cdot \mu_2}{k_3} = \frac{2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,79 \cdot 10^4}{4,8 \cdot 10^{-3}} = 3,46 \cdot 10^3 \text{ кгс/м}^2$$

The total pressure loss in making the head:

$$\Delta p_o = 467,12 + 534,24 + 3460,94 = 4462,3 \text{ кгс/м}^2$$

Thus, the pressure in making the head

$$p \geq \Delta p \text{ or } p \geq 4462,3 \text{ кгс/м}^2$$

If the efficiency of the transmission mechanism taken equal to 0.8, then the power of the motor must be

$$N_o = \frac{N}{\eta} = \frac{1117,81}{0,8} = 1397,26 \text{ Вт}$$

REFERENCES

- [1] Babkov-Esterkin V.I. Food waste – environmental problems and directions of their solution // Intern. Congress. On probl. Circle. Environment and urbanization. EURO'98 "A man in a big city of the 21st century". M., June 1-4, 2008.
- [2] Weissberg L.A. et al. New technologies for processing domestic and industrial wastes, "Secondary Resources", 2001, N 5-6.
- [3] Analysis of various technologies for thermal processing of solid domestic waste / Eskin NB, Tugov AN, Khomutsky AN And others // Energetik. 2004. N 9.
- [4] Belotserkovsky G.M., Kalmykov Yu.P. Modern domestic garbage trucks. The system of machines developed by AOZT "Ecomtech" // Ekol. Systems and devices. 2008. N 4.
- [5] The choice of optimal technologies for food waste processing / Yakovlev VA, Likhachev Yu.M., Gusarov V.V. and others // Integrated processing of solid domestic waste – the most advanced technology: Sat. Tr. SPb.: SPbSTU, 2005.
- [6] Jangiroff DA Concept of the program on industrial processing of solid domestic waste // Problems of the environment and natural resources: overview information. VINITI. 2007. Issue 4.

Г. Бектуреева¹, Ш. Шапалов³, К. С. Байболов¹, Р. Изимова²,
Г. Адманова², З. Сулгамуратова², А. Умбеткулова²,
Ш. Жуматаев³, М. Махамбетов², Г. Нурмуханова²

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан,

²Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе Өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан,

³Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Шымкент, Қазақстан

ТАҒАМ ҚАЛДЫҚТАРЫН ӨНДЕУДІҢ КЕШЕНДІ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ

Аннотация. Қазіргі кезеңде тағамдық өнеркәсіп кәсіпорындары органикалық қалдықтардың үлкен мөлшердегі шығу көзі болып табылады. Бұл қалдықтар өте бағалы азықтық өнім болып табылады, бірақ олар тез бұзылатындықтан ұзақ уақыт пайдалануға жарамсыз болып қалады және сонымен қатар, қоршаған ортаға, атап айтқанда адамға зиянын тигізетін болады. Сондықтан, тағам өндірісінен шығатын неізгі қалдықтарды қайта өңдеу ауыл-шаруашылық кешенінің азықтық базасын қамтамасыз ету үшін маңызды міндет болып табылады және қоршаған ортаның ластануын болдырмайды. Тағам өнеркәсібінің негізгі қалдықтарына жататындар, консервілік, шарап жасайын өнеркәсіптен шығатын қалдықтар, жеміс және көкөніс қалдықтары, ет және балық қалдықтары, сүйек, нан, сүт өнімдері, сыра қайнату және спирт өнеркәсібінің қалдықтары, эфир майларын шығаратын өнеркәсіп қалдығы, май өнеркәсібінің қалдықтары, кондитерлік және

сүт өнеркәсібінің қалдықтары, мал шаруашылығымен айналысатын фермалардың және ет өңдейтін салалардың қалдықтары жатады.

Тағам өндірісіндегі бұл айтылған қалдықтар, екінші материалдық ресурстар ретінде қарастырылады, себебі, олардың құрамында ақуыздық және минералдық заттар, көмірсулар және дәрумендер болады.

Жоғарыда айтылғандардан басқа, бұл диссертациялық жұмыстың өте өзекті мәселесі, тақырыбы, тағамдық қалдықтарды пайдаға асыру технологиясын жасауға арналады.

Осы уақытқа дейін бұл қалдықтарды пайдаға асыру біздің елімізде және атап айтқанда Шымкентте көп бола қойған жоқ, олардағы бастапқы шикізат құрамында 25% дейін қоректік заттардың болатынына қарамастан оған назар аударылмай келді, бұл жағдайлар, тағамдық қалдықтарды азықтық өнімдерге қайта өңдеудің ресурстық қордағы технологиясын жасаудың өзектілігін көрсетіп отыр. Бұл секілді технология қоршаған ортаны қорғауды қамтамасыз ету үшін қалдықсыз болуы тиіс.

Түйін сөздер: экструзиялық өңдеу, компостерлеу, микробиологиялық биоконверсию, қайта өңдеу, полигон, көму.

Г. Бектурсева¹, Ш. Шапалов³, К. С. Байболов¹, Р. Изимова²,
Г. Адманова², З. Султамуратова², А. Умбеткулова²,
Ш. Жуматаев³, М. Махамбетов², Г. Нурмуханова²

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан,

²Актюбинский государственный университет им. К. Жубанова, Казахстан,

³Южно-Казахстанский педагогический университет, Шымкент, Казахстан

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. На современном этапе предприятия пищевой промышленности являются источники значительного количества отходов органического происхождения. Эти отходы являются ценным кормовым продуктом, однако, быстро разлагаясь, они становятся непригодными для дальнейшего использования и, более того, наносят вред окружающей среде в общем и человеку в частности. Поэтому переработка основных отходов пищевого производства является важной задачей для обеспечения кормовой базы сельскохозяйственного комплекса и предотвращения загрязнения окружающей среды. Основными отходами пищевой промышленности являются отходы консервной, винодельческой промышленности, фруктовые и овощные отходы, мясные и рыбные отходы, кости, хлеб, молочные продукты, отходы пивоваренной и спиртовой промышленности, отходы эфирно-масличной промышленности, отходы масло-жировой промышленности, отходы кондитерской и молочной промышленности, отходы животноводческих ферм и мясоперерабатывающей отрасли.

Перечисленные отходы пищевых производств могут рассматриваться как вторичные материальные ресурсы (ВМР), так как в них содержатся белковые и минеральные вещества, углеводы и витамины.

Исходя из вышесказанного, чрезвычайно актуальной представляется тема данной дипломной работы, посвященной разработке технологий утилизации пищевых отходов.

До настоящего времени объемы утилизации этих отходов в нашей стране и, в частности, в Шымкенте, были невелики, несмотря на то, что в них содержится до 25 % питательных веществ исходного сырья, что опять же подтверждает актуальность разработки технологии ресурсосберегающей переработки пищевых отходов в кормовые продукты. Такая технология должна быть малоотходной для обеспечения охраны окружающей среды.

Ключевые слова: экструзионная переработка, компостирование, микробиологическая биоконверсия, утилизации, свалку, захоронение.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 238 – 243

UDC 625. 861; 666.973.2.00.2

**K. T. Zhantsov, K. S. Dosaliev, V. N. Bosak, Sh. Shapalov, K. S. Baybolov,
Zh. A. Usenkulov, Y. B. Kunanbayeva, A. S. Naukenova, A. Tulenov**

M. Auezov South Kazakhstan state university, Shymkent, Kazakhstan.
E-mail: dosaliev_k@mail.ru

MATERIALS OF BOX-TYPE PAVEMENT

Abstract. The development of the automotive industry require modern approaches to construction of pavements and highways coatings.

The data for use as the raw building materials are not scarce and cheap phosphorus waste production and coal production that preserve the landscape surrounding environment and improve the environmental situation of industrial enterprises and some of the regions as a whole. A part of the raw materials for the manufacture of pavement box type, used in the construction of highway coverage, with the aim of improving the properties of the roadway and stabilize the moisture balance in it. Given a brief description of waste facilities used in the laying of the pavement. Experimental studies using as ingredients pavement box-type, consisting of a thin-walled lean concrete with slag phosphorus production ground to a class of less than 2 mm, as well as in the manufacture of underlayment internal overburden coal mining industry and phosphogypsum forming in the preparation of the extraction of phosphoric acid from phosphate materials. In pavement placement technology the mixture is prepared in advance from the raw materials, which is thoroughly mixed, and then laid on the roadbed of the future highway. This design of box-type pavement is made of lean concrete laid, which is subjected to hardening and drying under natural climatic conditions.

Calculations revealed that the total savings in material and labor costs for the construction of the pavement over the existing types of pavements may be up to 30%.

Keywords: construction, civil engineering, highway engineering, pavement, pavement, building, highway, road construction machinery, road surface, charge.

Introduction. Nowadays, in the age of technological progress, increased cargo volume and road transport vehicles, which often leads to the destruction of the roadway. Therefore, pavement modern highways needs to be durable and safe in operation and safe for human activity.

The basic condition for reliable operation of the roadbed and pavement is the stability of the soil, depending on its density, so the saturation of the subgrade moisture - an extremely dangerous phenomenon, which leads to a decrease in the stability and the bearing capacity of the ground elements of the road [1].

The degree of strength and stability of the roadbed and pavement elements in different climatic zones under various environmental conditions, it can characterize the water-temperature conditions and changes in temperature and humidity of time at different points of the road subgrade [2]. If these changes are within the limits for which the subgrade loses its strength and stability necessary to construct buildings that protect it from waterlogging and sudden temperature changes.

In the following periods can be characterized by the annual cycle of changes in the water regime of the subgrade:

- The initial accumulation of moisture in the fall, as a result of infiltration of atmospheric precipitation;
- Freezing of the roadbed and winter moisture redistribution;
- Thawing of the subgrade soil waterlogging and spring;
- Saving moisture removal and drying of the roadbed.

On roadbed humidity also affect terrain, vegetation, wind and other natural factors and features of climatic regions.

The methods and techniques that will improve the bearing capacity of subgrade soil, is widely known throughout the world and in the Republic of Kazakhstan [3-8].

Analysis of thermal sources shows that the most dangerous type of deformation of subgrade is a loss of stability of all parts of the road structure due to moisture, since moisture leads to the loss of stability and their implementation is fast enough, resulting in failure of the entire distillation section.

For example, when the road device strengthen weak soils binders, such as cement, lime, bitumen and others., Using industrial wastes as the ash and slag, oil sludge, secondarily processed construction materials as concrete, limestone and waste etc. [9-13].

There are a number of technological solutions [3-4], which require their improvement and use of cheaper materials that do not violate the surrounding landscape of the environment and ecological situation in the areas of production: Ingredients used in the construction of the foundations of the roadway.

For example, the known pavement with prefabricated flat reinforced concrete plates with a thickness of 18 to 24 cm [12]. Due to collecting, not require expensive facilities for their construction, and because of their small size, thermal deformations occur to a small extent. However, the shortcomings of the road construction can be attributed to their weak pairing underlying layers, thereby possibly uneven deformation in the longitudinal and transverse directions.

In addition, proposed pavements consisting of coatings with the use of concrete plates and the underlying layers comprising a bottom and side walls defining a box of thin layer of concrete-filled layers of sandy loam or silt and sand, with plates coated with a lower surface of the pointed cone-shaped elements [12]. Disadvantages include increased consumption of special cement binder and the availability of soil moisture, which leads him to a longitudinal shift of the underlying layer, and the complexity of the complexity of the lay-up of sandy loam and loam, and the absence at the base cracks interrupt layers of granular materials.

The purpose of research is to develop a more reliable, durable and safe in operation pavement structure.

Methods. To solve this problem the pavement of roads consisting of a coating with the use of reinforced concrete plates that form the box side walls and a bottom, as well as the underlying layer, regulating water and thermal regime. The side walls and the bottom are made of thin-walled lean concrete, containing a certain amount of finely ground slag phosphorus production ground to a class of less than 2 mm, whose chemical composition is shown in Table 1. Underlying layer of sandy loam or loam contains minor amounts of domestic coal mining overburden (GDP) and phosphogypsum waste-phosphate production. The chemical composition of GDP and phosphogypsum used in experimental research is shown in Tables 2 and 3, respectively.

Table 1 – Chemical composition of phosphorus slag production

#	Content	Indicators, mass %
1	P ₂ O ₅	1,5
2	SiO ₂	38,0
3	Fe ₂ O ₃	1,0
4	Al ₂ O ₃	2,3
5	CaO+MgO	43,0
6	CaF ₂	2,7
9	Moisture	5,2
10	Other	6,3

Table 2 – Chemical composition of internal overburden

Field	The content of components, %									
	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	C _{CB}	MnO
Lenger	0,5	0,5	0,1	9,3	8,3	49,9	1,8	1,8	28	0,1-0,6

Table 3 – Composition phosphogypsum plant fertilizer LLP "Kazphosphate"

#	Thecontentofcomponents	indicators, mass %
1	P_2O_5	0,7
2	MgO	absent
3	N_2O	0,4
4	Al_2O_3	0,1
5	F	0,1
6	Insolubleresidue	19,7
7	Fe_2O_3	0,1
8	CaO	31,8
9	SO_4^2	47,1

The optimal values of the content of ingredients of the raw materials used to create base layers, due to the fact that when the content of domestic waste rock and phosphogypsum less than the minimum or more than the optimum value is not observed a significant increase in its reliability and the increased moisture content of the material, which could lead to a shift in the underlying layer in the longitudinal and transverse directions, leading to the formation of potholes and grooves of the roadway.

When the content of lean concrete, used to create the side walls of the box and pavement bottom ingredients less than 10 %, a significant effect of reducing the flow of material resources is not observed, and when exceeding 20% by weight of phosphorus slag composed lean concrete reduces the strength of the walls characteristics flash design box of lean concrete, due to the possible presence of phosphorus in the slag and molten rounded particle size of less than 2 mm.

The figure 1 shows a cross-sectional view of the pavement of the proposed box type, and figure 2 - reinforced concrete plate with the bottom surface of the pointed elements.

The proposed pavement box type, below in figures 1 and 2 comprises a bottom 1 and side walls 2 of the box, made of lean concrete thin-layer, composed of ground phosphorous slag is introduced.

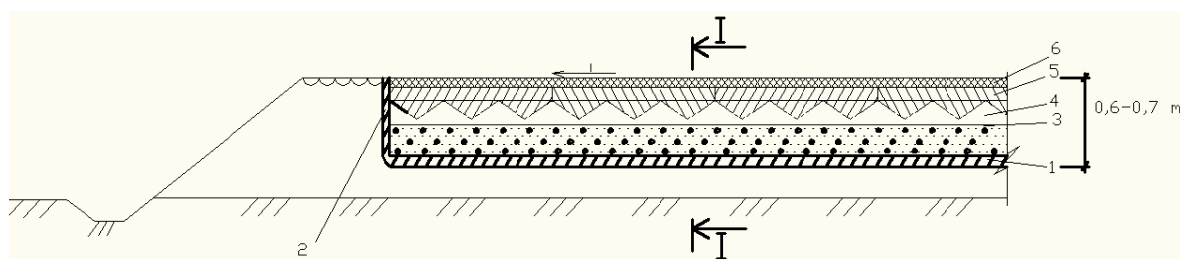


Figure 1 – Pavement box type

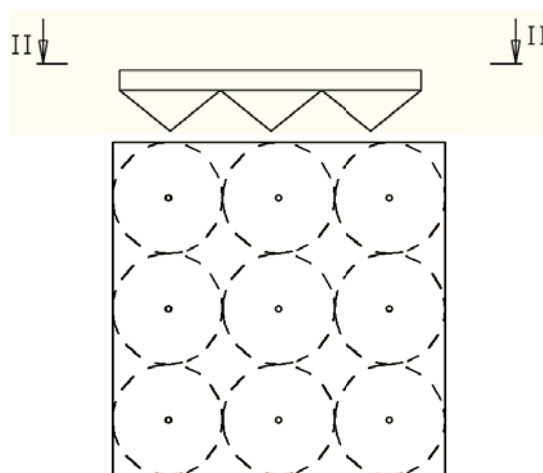


Figure 2 – Reinforced concrete plate with a bottom surface of the pointed cone-shaped elements

On the bottom are stacked two layers of soil - sandy loam or loam mixed with internal overburden and phosphogypsum 3 and 4 sand, and then laid concrete plates 5, the lower surface of which is made in the form of a pointed cone-shaped elements. The upper surface is covered with plates cushioning layer of asphalt concrete 6.

Introduction of finely ground slag phosphorus production is carried out at the mixing stage, the raw materials for the preparation of lean concrete and laying pavement box configuration. After the implementation of these works fit underlayment mixture and loam, containing in its composition of waste coal (internal overburden) and phosphorus production (electro thermal phosphoric slag) in predetermined amounts.

In practice electro thermal phosphoric slag is obtained in two ways, depending on the process design of production:

- granulation fiery molten slag into the water stream in the liquid-solid ratio 20:1;
- cooling flaming molten slag into the pits to obtain the solid material, it requires crushing to a particle size less than 10-15 mm when receiving flintstone and which can serve as an element of a pointed lower pavement layer.

Used in the manufacture of pavement phosphorous slag technology must be crushed, and comply with the requirements of ST RK 935-92 "granulated slag" and contain SiO₂ - not less than 38 and CaO + MgO at least 43%. Milling electro thermal phosphoric granulated slag due to the fact that they are spliced rounded shape, which reduces the effect of coupling binder cement material. This reduces the load bearing capacity of the box walls pavement thin layer of lean concrete, which should correspond to the thickness of 15-20 mm.

Results and discussion. When creating a pavement design box type box made of lean concrete laid, which is subjected to hardening and drying under natural climatic conditions.

On the pavement laying technology previously preparing a mixture of raw material containing a certain amount of coal waste phosphogypsum - the cost of production of phosphorus, sandy loam and loam, which is thoroughly mixed, and then laid on the roadbed of the future highway.

The optimum composition of lean concrete, 100 kg of mixture introduced in the specified amounts: cement, ground slag electro thermal phosphoric (phosphorus slag production) based filler sand and gravel, which was stirred in the presence of water.

As may be used crushed gravel phosphorus slag obtained by cooling sumps. The resulting mixture is thoroughly mixed and put into the formwork of the side walls of the pavement. On top of the concrete plate is laid a base layer of asphalt concrete.

Compared with known pavement with prefabricated flat reinforced concrete slabs with a thickness of 18 to 24 cm, this construction of the road reduces the cost of the current, average and major repairs of roads, increasing its reliability, durability and safety are improved traffic conditions and livelihoods of people.

Conclusions.

1. It is proposed to use in the optimum composition of the underlying layer of loam, sandy loam, internal overburden, crushed slag, phosphorus, gravel and phosphogypsum.

2. The proposed pavement design prevents the occurrence of local deformations of the pavement of the road in the vertical and horizontal directions from the action of loads, since together with the upper layer of shock-absorbing asphalt turns into a single massive structure rigid.

3. Due to the absorption of atmospheric precipitation decreases the cost of the current, average and major repairs of roads, at the same time increases its reliability, durability, conditions for road safety and livelihoods of people.

4. Calculations revealed that the total saving sinmaterial and laborcosts compared to existing types of pavements may be up to 30%.

5. The introduction of the pavement of phosphogypsumandslag phosphorus production, and coal was terpermit releasel and sand reduce the consumption of natural gravel, maintaining the landscape.

REFERENCES

[1] Kruchinin I.N., Dedyukhin A.Y. Improved deformation characteristics of asphalt concrete pavement of roads. Upgrade and research in the transport sector: Materials of the international scientific-practical conference. Perm: Publishing house PNRPU, 2016. P. 280-282.

- [2] Buldakov S.I. Highway. Pat. Number 163782, Russian Federation, IPC E01C 7/00. the applicant and the patentee F.S.E.I. of Higher Education, Moscow State University of Technology and Management. №201603993; published .09.09.2016.
- [3] Buldakov S.I., Murzich S.A. Assessment of the stability of asphalt concrete pavement for rut formation. Scientific creativity of youth - Russian forestry complex: mater //XII All-Russian Scientific – Technical Conference. Yekaterinburg: Ural. state. Forestry Engineering. University Press, 2016. P. 128-131.
- [4] Chudinov S.A., Kukarskikh D.N. Modern additives for the production of cement-concrete mixtures Road. Scientific creativity of youth – Russian forestry complex: mater // XII All-Russian Scientific – Technical Conference. Yekaterinburg: Ural. state. Forestry Engineering. University Press, 2016. P. 114-117.
- [5] Yushkov V.S. diagnosis and assessment of the state of roads // Young scientist. 2011. Vol. 1, N 12. P. 67-69.
- [6] Grinevich N.A., Plotnikova A.V., Kochergin Ya.A. Fiber concrete modifiers // Proceedings of the VII All-Russian scientific and engineering. Conf. undergraduate and graduate students and "Egghead" contest on the program / 1 piece / USFEU, Yekaterinburg, 2011. P. 51-54.
- [7] Sharov A.Yu., Chigorin S.M. Foreign experience in the construction of asphalt concrete pavement. Scientific creativity of youth - Russian forestry complex: mater. //XII All-Russian Scientific – Technical Conference. Yekaterinburg: Ural.sta. Forestry Engineering. University Press, 2016. P. 153-155.
- [8] Geosynthetics. Moscow. 2014 (<http://geosynt.ru/requirements-for-subgrade-soils/>)
- [9] Alinova M.Sh., Prokopenko N.V. // PSU Bulletin Series Physical – mathematical account of the experience physical requirements of the roadbed. Pavlodar State University PSU. 2010. N 4. P. 93-115.
- [10] Innovative patent of RK №20083, Pavement box type, publ. 27.06.2008.
- [11] E.A. Lando. Highways and Road Safety. Bulletin Dnieper State Academy of Construction and Architecture. 2013. N 11(188). P.15-22.
- [12] Nesvetaev G.V. For the construction of roads with cement concrete of use. Internetmagazine Naukovedenie. 2013. N 5(18). P. 1-5. (<http://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-stroitelstva-avtomobilnyh-dorog-s-primeneniem-tsementnyh-betonov>)
- [13] Serikov D.L., Kravchenko S.E., Makarevich A. Determination of the influence of the main parameters of structural pavement layers on reflection cracking of asphalt concrete coatings. Journal "Roads and bridges" Belarusian National Technical University. 2013. N 1(11). (<http://www.bntu.by/news/24-ftk-news/929--q-q-.html>).
- [14] Sirotyuk V.V. Standardization and perspectives of using ash-and-slag of energy for road construction in Russia V.V. Sirotyuk // Materials of III International scientific and practical workshop "ashes from TPPs: removal, transport, processing and warehousing. M.: MPEI Publishing house, 2010. P. 58-59. [In Russian].
- [15] Ivanov E.V. Overview of normative-methodical documents, concerning the use of ash and slag waste TPP in road construction // The Development of road-transport complex and construction infrastructure on the basis of environmental management: Materials of the IV all-Russian scientific-practical conference of students, postgraduates and young scientists, 20-21 may 2009. SibADI. Omsk, 2009. Book 1. P. 176-180. [In Russian].
- [16] Kritsky M.J., Start I.V., Skorkin V.F., Lanis A.L. Treatment of diseases of the subgrade with the use of modern technology. Tr. Intern. scientificparkt. Conf. On problems of soil mechanics, Foundation engineering and transp. str-vu. – Perm.: PGTU publishing house, 2004. Vol. Second. P. 47-53. [In Russian].
- [17] The roadbed of roads: defects, damage and destruction, their causes, methods of prevention and recovery: study guide / M. J. Kritsky, V. N. Shestakov. -Omsk: Publishing house SibADI, 2008. 56 p. [In Russian].
- [18] Bogomolov A.N. Evaluation of stress-strain state, the values of the stability coefficient and landslide pressure forces in a homogeneous isotropic slope for the management of landslide processes / A. N. Bogomolov [and others] // Vestnik Volg GASU. Ser.: Building and architecture. Volgograd, 2008. Vol. 10(29). P. 74-80. [In Russian].
- [19] Pochinkov V.A., Myaskov A.V. Analysis of existing methods of utilization and processing of waste coal. Proceedings of the XIII international scientific-practical conference "Energy safety of Russia. New approaches to developing coal industry". The side, 2011. [In Russian].
- [20] Tupa N., Palmeira E.M. Geosynthetic reinforcement to reduce the effects of explosions under the influence of internal pressure buried pipe // Geotextiles and Geomembranes. 2007. N 25. P. 109-127.
- [21] Long P.V., Bergado D.T., Abuel-Naga H.M. The use of geosynthetics for reinforcement of tsunami reconstruction: evaluation of interface parameters with silty sand and weathered clay // Geotextiles and Geomembranes. 2007. N 25. P. 311-323.

**К. Т. Жантасов, К. С. Досалиев, В. Н. Босак, Ш. К. Шапалов, К. С. Байболов,
Ж. А. Усенкулов, Я. Б. Кунанбаева, А. С. Наукенова, А. Туленов**

Южно Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

МАТЕРИАЛЫ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ КОРОБЧАТОГО ТИПА

Аннотация. В работе приведены сведения по применению в качестве шихтовых строительных материалов отходов фосфорного производства и угледобычи, которые позволяют улучшить экологическую обстановку регионов, где расположены промышленные предприятия. Предложен состав шихтовых материалов для изготовления дорожной одежды коробчатого типа, применяемого при строительстве покрытия автомобильной трассы, который позволяет улучшить свойства дорожного полотна и стабилизировать влажностной баланс. Даны краткие характеристики отходов производств применяемых при укладке дорожной одежды.

Проведены исследования по применению шлака фосфорного производства измельченного до класса менее 2 мм в качестве ингредиентов дорожной одежды коробчатого типа, состоящих из тонкостенного тощего бетона. При технологии укладки дорожного покрытия предварительно готовится смесь из исходных материалов, которая тщательно перемешивается, а затем укладывается на земляное полотно будущей автомобильной дороги. Расчетами установлено, что общая экономия материальных и трудовых затрат по возведению данной дорожной одежды по сравнению с существующими типами дорожных одежд может составлять до 30%.

Ключевые слова: строительство, гражданское строительство, дорожное строительство, дорожная одежда, строительство, шоссе, дорожно-строительная техника, дорожное полотно, шихта

**К. Т. Жантасов, К. С. Досалиев, В. Н. Босак, Ш. К. Шапалов, К. С. Байболов,
Ж. А. Усенкулов, Я. Б. Кунанбаева, А. С. Наукенова, А. Туленов**

М. Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті Шымкент, Қазақстан

ҚОРАПША ТҮРІНДЕГІ ЖОЛ ТӨСЕНІШІНІҢ МАТЕРИАЛДАРЫ

Аннотация. Жұмыста шихталық құрылыс материалдары ретінде, фосфор өндірісінің қалдықтары және өнеркәсіп орындары орналасқан аймақтарда экологиялық ахуалды жақсартуға мүмкіндік беретін көмір олжасын қолдану жөніндегі мәліметтер келтірілген. Жол төсемінің қасиеттерін жақсартатын және ылғалдылықты реттеп тұратын автомобиль жолын салу кезінде қолданылатын қорапша түріндегі жол төсенішін дайындаудағы шихталық материалдардың құрамы келтірілген. Мақалада, жол төсеміне қолданылатын өндіріс қалдықтарына қысқаша сипаттама берілді. Жұқа қабырғалы бетоннан тұратын қорапша түріндегі жол төсемінің ингредиенттері ретінде, 2 мм дейін майдаланған фосфор өндірісінің шлагына зерттеулер жүргізілді. Жол төсемін төсеу технологиясында, бастапқы материалдардан жақсылап араластырылған, топырақ үстіне төсеу үшін, келешек автомобиль жолына төселетін қоспа дайындалады. Типтік жол төсенішімен салыстырғанда берілген жол төсеніші, материалдық және еңбек шығындарын 30% үнемдейді.

Түйін сөздер: құрылыс, азаматтық құрылыс, жол құрылысы, жол төсеніші, тас жолы, жол- құрылыстық техника, жол төсемі, шихта.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 244 – 248

UDC 55.553

S. K. Kurbaniyazov, G. Sh. Shalabayeva, N. A. Abdimutalip, G. B. Toichibekova, G. Zh. Aripzhan

International Kazakh-Turkish university named by Kh. A. Yesevi, Turkestan, Kazakhstan.

E-mail: gazi_toychibekova@mail.ru

MAIN PROPERTIES OF ZEOLITES AND THEIR MULTIPURPOSE APPLICATION

Abstract. The study of the geological system of zeolite deposits in recent years in developed countries is becoming more profound, since zeolites are significant in a broad sense mineral objects. The scientific research in this field is carried out in many countries of the world, especially in European countries. Over the past century, the use of zeolites has been expanding more and more. This is explained by the valuable mineral composition and various chemical properties of zeolites. When carrying out geological studies on this project, zeolite deposits Birlik, Kainarbulak, Kainar will be thoroughly studied and the original origin in all areas of geology is revealed. In addition, laboratory work will be carried out with the appropriate kinds of analyzes required for studying the composition and properties of zeolites.

Key words: zeolite, minerals, geological system, chemical properties, purification, fertility.

After the discovery of catalytic properties of zeolites in the late 50's, intensive studies of their structure, properties and methods of production began. In nature, zeolites are formed as a result of hydrothermal synthesis. Effective ways of enriching the rocks do not exist, therefore in practice only rich deposits of zeolites are used.

Natural zeolites refer to the first group of natural materials on thermo-and acid-fastness (i.e. highly resistant). Zeolites have good regenerative abilities, withstand high temperatures (up to 600 ° C), are resistant to aggressive environment without visible traces of destruction. Zeolites are not toxic, no mutagenic actions have been detected, and the use of zeolites has no limitations in all areas of the economy.

Chemical composition of zeolite: $(Na, K)_2 O \cdot Al_2O_3 \cdot 10SiO_2 \cdot 8H_2O$. The total cationic capacity is 87 mg-equ/100 g of rock, the ion exchange capacity is 2.5 mg-equ/g. There is an adsorption capacity for H₂O (water), methanol, CO₂ (carbon dioxide), O₂ (oxygen), SO₂ (sulphurous gas), H₂S (hydrogen sulfide), NH₃ (ammonia), N₂ (nitrogen), large organic molecules (table 1).

Table 1 – Chemical composition of zeolite

SiO	69,0-74,0 %	CaO	1,7-3,3 %
TiO	0,08-0,16 %	MgO	0,4-1,7 %
Al ₂ O ₃	11,4-14,0 %	K ₂ O	4,0-5,5 %
Fe ₂ O ₃	0,60-1,8 %	Na ₂ O	0,4-0,9 %
MnO	0,02-0,05	H ₂ O	до 10 %

On an industrial scale, synthetic zeolites are mainly used. Although more than 30 natural zeolites are known, only 8 of them (analcime, chabasite, clinoptilolite, erionite, ferrierite, lomontite, mordenite and phillipsite), found mainly in sedimentary rocks, can be of industrial importance. Difficulties are associated with exploration, study and development of deposits [1]. In general, the world wide potential supply of zeolites suitable for use is sufficiently large (Figure 1).



Figure 1 – Application of zeolites in various industries

The level of modern industrial production of synthetic zeolites reaches several hundred thousand tons per year and is mainly determined by the needs of the petrochemical industry, where synthetic zeolites of some structural types find wide application as catalysts or their carriers. Also zeolites are widely used for drying, cleaning and separation of substances, as well as ion exchangers. The effectiveness of using Zeolite perfectly aerates the soil, promotes the development of the root system, the growth of the entire plant; keeps in the root zone a sufficient amount of water – 40-70% of its weight, works as a storage tank for fertilizers - nitrate, phosphates, potassium, nutrients, the most important components for plant health and its growth. Zeolite captures fertilizers in its branched structure, until the roots of the plants find them. Nitrogen, detained in Zeolite, is insoluble in water and is not washed out by rain for a long period of time. Zeolite saves fertilizer. Less fertilizers, especially nitrogen, fertilizers are washed into groundwater. It increases fertilization by 20-40%. Without the use of Zeolite, about 35% of the nitrogen is washed out of the root zone and enters groundwater and pollutes it with nitrates and nitrites.

The use of Zeolite can give positive results in almost all types of soil and according to some data it can increase the yield of many crops - potatoes, barley, winter wheat, clover, maize, etc. by 10-30%. After the application of Zeolite, increased yields can be observed for 3- 4 years and more. According to some researchers, even after 7 years from the introduction of zeolite into the soil, its adsorption and cation-exchange functions did not change. In plant cultivation, Zeolite is extremely useful because of the stimulation of crop yields. When zeolite is introduced into substrates in organic mineral mixtures of the earth, the quality of the soil will improve by the majority of its parameters.

The results of numerous studies conducted in more than 20 scientific and research institutions in Ukraine show that the introduction of 4-10 tons / ha of zeolite fraction of 0-1 mm against a background of full mineral and organic fertilizer provides an increase in the yield of the main agricultural crops, reduces the consumption of nitrogen fertilizers (Table 2). Due to adsorption of gaseous and water-soluble nitrogen compounds, the coefficient of their use increases by 20-25%. Simultaneously, when zeolite is introduced in the calcareous soils, the content of exchangeable potassium increases by 20-45%.

Table 2 – Efficacy of using zeolites as a fertilizer

Crop	Dose t/ha	Efficiency of application	
		Yield increase	Other indicators
Cereal crops wheat barley	4-10	10% 20%	The duration of the action is 4-5 years, the improvement of the nitrogen nutrition regime, the reduction of heavy metals, radionuclides.
Potato	4-10	32%	Decrease in the content of nitrates, heavy metals, radionuclides, decrease in nitrogen washability by 5 times.

The effective use of zeolite in the feed of agricultural poultry was unmatched. The use of natural zeolites in poultry farming began with the replacement of gravel chips, traditionally used in poultry feeding as a physiological and mechanical factor. However, as it turned out, zeolite crumb helps to accelerate the growth rate of broiler chickens in comparison with ordinary gravel. Now a lot of experience has been acquired on the use of zeolites in poultry feeding, as evidenced by a number of methodological and practical recommendations. In the wild nature (established on the basis of research and observations), chicken (grouse, hazel grouse), inhabiting the area of zeolite deposits, gastroliths prefer this mineral in selection. In addition to mechanical functions, gastroliths also participate in the chemical processes of digestion.

On the basis of available data, it can be said that the use of zeolite additives in feeding all types of agricultural poultry, in amounts of 3 to 6% of the composition of feed increases the body weight, reduces the cost of feed, protein and exchange energy per 1 kg of growth by 3-19%, and in adult poultry increases the incubatory quality of eggs and the strength of the shell (Table 3). As in ruminants and other animal species, the chemical composition of the carcass meat of the control and experimental groups was practically the same.

Table 3 – Change in live weight of experimental chickens

Groups	At the beginning of the experiment	After 7 days	At the end of the experiment
Average weight of one chicken	Average weight of one chicken	Average weight of one chicken	Average weight of one chicken
year	/%	year/	%
I	553,7 /100,0	681,3 /123,0	795,6 /147,7
II	540,7 /100,0	672,3 /124,0	778,0 /143,0
III	559,7 /100,0	684,3 /126,6	796,0 /143,0
IV	556,5 /100,0	680,7 /122,3	789,3 /141,2

In addition to the use of zeolites as a mineral additive in rations of farm animals and poultry, as well as the use in the production of mixed fodders and premixes, the use of natural zeolites as a mineral hygienic litter and deodorant for livestock and poultry houses is highly effective.

Natural Zeolite eliminates unpleasant odor due to enhanced adsorption and the ability to ion exchange. In addition, Zeolite adsorbs water well and is used as an excellent desiccant.

When applying Zeolite on the floor of poultry houses in the amount of 150-200 g per m², the unpleasant odor disappears within 15 minutes. The systematic application of this amount of Zeolite with an interval of 2-3 days is sufficient for almost complete deodorization of air.

Adding 200 g of Zeolite to 1 kg of chicken manure completely destroys the unpleasant odor, while the time that is required to reduce the humidity of the litter to 25% when dried in the sun is reduced to two days, whereas without zeolite, it takes 4 days.

The use of Zeolite provides a litter with a large content of fine particles, which increases its value when used as fertilizer.

At the same time, zeolites themselves are interesting objects for scientific research: they are porous bodies characterized by a specific skeleton structure and regular pore geometry (intracrystalline cavities and channels). An important feature of zeolites is the possibility of varying the chemical composition of crystals and the geometric parameters (shapes and sizes) of intracrystalline pores, i.e., the possibility of their structural and chemical modification, which can be carried out either by varying the conditions for

direct zeolite synthesis, or by changing the chemical composition of zeolite crystals of one and the same structural type. Due to the comparative ease of chemical modification of zeolites, there are ample opportunities for implementing controlled changes in the structure and properties of crystals. This circumstance makes zeolites very convenient objects for studying adsorption equilibria, the nature of adsorption interactions, the mechanism and kinetics of catalytic reactions, molecular sieve effects and diffusion of molecules in thin pores of controlled sizes.

When considering the chemical and catalytic properties of zeolites, a phenomenological description is often enough, but one can really understand these phenomena only by studying in detail the crystalline structure of zeolites.

Due to the complexity of the physical properties of the zeolites, it is difficult to give an accurate definition. Therefore, one of the authors [2] suggests to call zeolites as "aluminosilicates with a framework structure in which there are cavities occupied by large ions and water molecules, both of which are characterized by considerable mobility, which provides the possibility of ion exchange and reversible dehydration." The frame structure is constructed from tetrahedrons connected by peaks, in which small atoms (called as T-atoms) lie in the centers of tetrahedra while oxygen atoms at their vertices. The positions of T in natural zeolites are predominantly occupied by Al and Si atoms, but in synthetic zeolites they can be replaced by Ga, Ge, and P atoms close in nature. The role of large ions in the cavities of natural zeolites is performed by single- and double-charged cations as Na, Ca, K, Mg and Ba, the content of which depends on the geochemical composition of the mineral formation environment and the distribution of elements between the crystallizing minerals. Under laboratory conditions, a wide range of other cations can be introduced into the zeolite by ion exchange or direct synthesis. The general formula for zeolite is $M_pD_q [Al_p + 2qSi_rO_{2p} + 4q + 2r] ChsH_2O$. Since each vertex belongs to two tetrahedra, the oxygen atoms in the framework must be twice as large as the T-atoms. For the charge to be compensated, the number of triple-charged Al ions should be equal to the sum of p (the number of singly charged cations) and 2q (twice number of doubly charged cationions).

In addition, A. S. Shakora was engaged in studies of the properties of cement-zeolitic, ash-zeolitic and cement-ash-zeolite compositions for use in mortars, heavy and light concretes, non-autoclaved cellular aerated concrete, and overburden zeolitic rocks in the production of ceramic products. In his experimental work, the rocks were crushed in a ball mill to the fineness of grinding, characterized by a residue on a No. 008 sieve in an amount of 15 ... 20%. Then, compositions were made with the addition of zeolites from 10 to 40; (on the weight of cement and cement-ash binder) with a gradation of 5%.

As a result, it has been found that the addition of zeolite additives of 10 ... 15% makes it possible to reduce cement consumption and use an astringent optimum ratio in mortars and heavy concretes of class B15 ... B10 [3-4]. Samples were made from non-autoclaved aerated concrete of grades D500 ... D700, in which the siliceous component was completely replaced by ground zeolite-containing tuff, and cement-ash and cement-ash-zeolite compositions were used as a binder.

From overburden zeolite-containing rocks, a brick of grade 150 and expanded clay gravel with a bulk density of 400–600 kg/m³ was obtained.

REFERENCES

- [1] Rabo J. Chemistry of zeolites and catalysis on zeolites. M.: Mir, 1980. Vol. 1. 502 p.
- [2] Zhdanov S.P., Khvoshchev S.S., Samulevich N.N., Synthetic zeolites. M.: Chemistry, 1981. 264 p.
- [3] Senderov E.E., Khitarov N.I. Zeolites, their synthesis and conditions of formation in nature. M.: Science, 1970. 395 p.
- [4] Neimark I.E. Synthetic mineral adsorbents and catalyst carriers. Kiev: Science dumka, 1982. 216 p.
- [5] Akbasova A.D., Sainova G.A., Abdimalip N.A., Toychibekova G.B. Managing Heavy Metals Translocation Based on Variation of Composition and Properties of the Upper Soil Horizon. «World Applied Sciences Journal» (Index Hirshi). ISSN 1818-4952. 20 (10). 2012. (International): Database – Skopus. Impakt factor – 0. P. 1341-1346.
- [6] Bostanova A., Abdimalip N., Toychibekova G., Azhibayeva Z., Yusupov B., Akeshova M. Bioecological Peculiarities of Fungi Species, Affecting Seed in Granaries of South Kazakhstan. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. ISSN: 0975-8585, July – August 2016 RJPBCS. N 7(4). P. 1431-1445.
- [7] Abdimalip N., Toychibekova G., Ozler A., Oshakbayev M. Fresenius Environmental Bulletin. Management of agricultural wastes and soil neutralization by vermicomposting with Californian red worms. 2014. Vol. 23, N 2a. P. 640-644.
- [8] Akbasova A.D., Sainova G.A., Beisembaeva L.S., Toychibekova G.B. and Sunakbaeva D.K. Impact Assessment of Environmental Natural-Climatic and Anthropogenic Factors on State of Kh. A. Yasawi Mausoleum. January – February 2016. RJPBCS 7(1). P. N 2068. 2074. ISSN 0975-8585.

[9] Kurbaniyazov S.K., Toichibekova G.B., Zhanbaz M. General characteristics of the position of glauconite in the sections of Southern Kazakhstan and an estimation of their resources. Bulletin of the National Academy of Sciences of Kazakhstan. Almaty, 2014. ISSN 1991-3494, N 4. P. 132-137.

С. К. Құрбаниязов, Г. С. Шалабаева, Н. Ә. Әбдімүтәліп, Г. Б. Тойчибекова, Г. Ж. Әріпжан

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

ЦЕОЛИТТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ОЛАРДЫҢ ӘРТҮРЛІ САЛАДА ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аннотация. Цеолитті кенорындарының геологиялық жүйесін зерттеу соңғы жылдары дамыған елдерде тереңдетіліп зерделеуде, себебі цеолиттер кең мағынада аса маңызды минералды нысандар болып табылады. Бұл салада орындалатын ғылыми зерттеулер әлем бойынша көптеген елдерде орын алып жатыр, әсіресе Еуропа мемлекеттерінде. Соңғы жүзжылдықта цеолиттерді пайдалану салалары кеңінен таралуда. Бұл жағдай цеолиттердің бағалы минералды құрамымен және әртүрлі химиялық қасиеттерімен түсіндіріледі. Бұл жұмыс бойынша жүргізілген геологиялық зерттеулердің нәтижесінде Бірлік, Қайнарбұлақ, Қайнар цеолитті кенорындары алынған және геология бағытында олардың алғашқы түзілу үдерістері аталып кеткен. Сонымен қатар цеолиттердің құрамы мен қасиеттері бойынша бірқатар зертханалық жұмыстар сәйкесінше анализдер де жүргізілген.

Түйін сөздер: цеолит, минералдар, геологиялық жүйе, химиялық қасиеттер, тазалау, құнарлық.

С. К. Курбаниязов, Г. С. Шалабаева, Н. А. Абдимуталип, Г. Б. Тойчибекова, Г. Ж. Арипжан

Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясауи, Туркестан, Казахстан

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЦЕОЛИТОВ И ИХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. Изучение геологической системы цеолитовых месторождений в последние годы в развитых странах становится все более глубоким, так как, цеолиты являются значимыми в широком смысле минеральными объектами. Осуществляемые научные исследования в этой области проводятся во многих странах мира, особенно в Европейских. За последнее столетие сферы использования цеолитов все больше и больше расширяются. Объясняется это ценным минеральным составом и различными химическими свойствами цеолитов. При проведении геологических исследований по данной работе всесторонне изучены цеолитовые месторождения Бирлик, Кайнарбулак, Кайнар и раскрыто изначальное происхождение по всем направлениям геологии. Проведены лабораторные работы с соответствующими видами анализов требуемых для изучения состава и свойств цеолитов.

Ключевые слова: цеолит, минералы, геологическая система, химические свойства, очистка, плодородие.

Information about authors:

Kurbaniyazov S. K. – c.g-m.s.

Shalabayeva G. Sh. – c.tech.s., associate prof.

Abdimutalip N. A. – doctor PhD, associate prof.

Toichibekova G. B. – doctor PhD, associate prof.

Aripzhan G. Zh. – teacher

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 249 – 254

**B. K. Kenzhaliyev, S. A. Omarova, A. I. Manapova, S. S. Temirova, K. R. Plekhova,
B. M. Sukurov, M. N. Kvyatkovskaya, G. K. Zhumabekova, L. U. Amanzholova**Institute of Metallurgy and Ore beneficiation, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: rin-abd@mail.ru; a32745@gmail.com; a.omarova.saltanat@gmail.com**RECEIVING STONE CASTING FROM THE ASH-AND-SLAG**

Abstract. Researches were carried out for obtaining stone casting from a mix material by heating at 1300 °C consisting of ash-and-slag from burning Ekibastuz coal and limestone. The amount of limestone added in the mix material was chosen from the calculation in the mix material of the molar ratio of the alkali and acid components $\text{CaO} : \text{SiO}_2 = 0.7$. The addition of limestone calcium oxide promotes the polymerization of the glass phase, increasing the crystallization ability of the melt. As a result of melting ash-and-slag with limestone in the specified conditions, a cast stone casting of black color was obtained. Casting was represented by artificial mineral phases – a skeleton – like light gray mass, a darker homogeneous matrix, dark, almost black impregnations and formations filling microcracks. According to the results obtained on a raster microscope, stone casting is represented by phases: the phase of iron hydroxides with an admixture of Ca and Si; phase ferroakermanite ($\text{Ca}_2\text{FeSi}_2\text{O}_7$), the amount of which is about 0 %; phase of the host matrix represented by gehlenite with the formula $\text{Ca}_2\text{AlSiAlO}_7$ and the melilite phase. The results of thermal analysis at 1261.6 °C melt the triple eutectic of the $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--SiO}_2$ system. The eutectic is anorthite (CaSi_2O_7), gehlenite (C_2A_3) and α -tridymite.

During the stone casting samples test the following data were obtained: comprehensive strength – 120 MPa, water absorption – 0.953 %, density – 2900 kg/m³, the frost resistance meets the standard GOST 7025-91 "Brick and stones, ceramic and silicate" for heat-resistant stone casting products requirements.

Keywords: ash-and-slag, limestone, mix material, stone casting, eutectic.

УДК 669.7.018.672

**Б. К. Кенжалиев, С. А. Омарова, А. И. Мананова, С. С. Темирова, К. Р. Плехова,
Б. М. Сукуров, М. Н. Квятковская, Г. К. Жумабекова, Л. У. Аманжолова**

Институт металлургии и обогащения, Алматы, Казахстан

ПОЛУЧЕНИЕ КАМЕННОГО ЛИТЬЯ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВ

Аннотация. Проведены исследования получения при температуре 1300 °C каменного литья из шихты состоящей из золошлака от сжигания экибастузского угля и известняка. Количество добавляемого в шихту известняка выбрано из расчета получения в шихте молярного отношения щелочной и кислой составляющей $\text{CaO}:\text{SiO}_2=0,7$. Добавление оксида кальция известняка способствует полимеризации стеклофазы, повышая кристаллизационную способность расплава. В результате плавания золошлака с известняком в указанных условиях получено монолитное каменное литье черного цвета. Литье представлено искусственными минеральными фазами – скелетоподобной светло-серой массой, более темной однородной матрицей, темными почти черными вкраплениями и образованиями заполняющие микротрещины. По результатам полученном на растровом микроскопе каменное литье представлено фазами: фаза гидроксидов железа с примесью Ca и Si; фаза ферроакерманита ($\text{Ca}_2\text{FeSi}_2\text{O}_7$), количество которой составляет около 70 %; фаза вмещающей матрицы представленной геленитом с формулой $\text{Ca}_2\text{AlSiAlO}_7$ и фаза мелилита. По результатам термического анализа при 1261,6 °C плавится тройная эвтектика системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--SiO}_2$. Эвтектику составляют анортит (CaSi_2O_7), геленит (C_2AS) и α -тридимит.

При испытаниях образцов каменного литья определены параметры прочности при сжатии – 120 МПа, водопоглощения – 0,953 %, плотности – 2900 кг/м³ и морозостойкости, которые соответствуют требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7025–91 «Кирпич и камни керамические и силикатные» к термостойким изделиям каменного литья.

Ключевые слова: золошлак, известняк, шихта, каменное литье, эвтектика.

Введение. Каменное литье относится к искусственным силикатным кристаллическим материалам, получаемым путем плавления при 1400 – 1450 °С горных пород или шлаков с необходимыми добавками с последующей тепловой обработкой разлитого по формам расплава. В качестве горных пород испльзуют в основном базальт и диабаз. Процесс плавки каменного литья осуществляется в электродуговых или газовых печах, аналогично плавке металла.

Изделия из каменного литья обладают высокой химической и атмосферостойкостью, механической прочностью и долговечностью. Разработан ассортимент выпускаемых изделий – плитки, трубы, изделия цокольных частей зданий, различные рельефные изделия, тепло и звукоизоляционные материалы и так далее.

Исходя из потребности рынка и необходимости комплексной утилизации техногенных отходов, одним из которых является золошлак, исследована возможность получения каменного литья из золошлака и извести.

Результаты исследований. В работе использован золошлак от сжигания экибастузского угля на ТЭЦ 2 г. Алматы (таблицы 1, 2). Золошлак образуется в результате совместного гидросмыва золы–уноса и шлака осуществляемого по существующей технологии.

Таблица 1 – Химический анализ золошлака

Table 1 – Chemical analysis of ash-and-slag

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Na ₂ O	0,94	CaO	2,5
K ₂ O	0,34	SO ₃	0,164
MgO	0,804	MnO	0,2
SiO ₂	44,2	TiO ₂	0,98
Al ₂ O ₃	20,7	Fe ₂ O ₃	9,1
P ₂ O ₅	0,33	п.п.	19,742

Таблица 2 – Рентгенофазовый анализ* золошлака

Table 2 – X-ray phase analysis of ash-and-slag

Соединение	Формула	%
Силлиманит	Al ₂ SiO ₅	32,5
Муллит	Al(A _{1,83} Si _{1,08} O _{4,85})	27,2
Геденбергит	CaFe+2Si ₂ O ₆	12,4
Кварц	SiO ₂	8,7
Гематит	Fe ₂ O ₃	6,7
п.п.		12,5

*Рентгенофазовый анализ выполнен в АО «ИМиО» Слюсаревым А.П. на дифрактометре D8 Advance (BRUKER), излучение α -Cu.

Результаты ИКС-анализа (рисунок 1) показали присутствие в пробе золы кварца α -SiO₂ – 1163, 1084, 797, 779, 695, 463, 397, 373 см⁻¹ и муллита – 915, 559 см⁻¹.

Для определения гранулометрического состава золы использовали ситовой анализ (таблица 3).

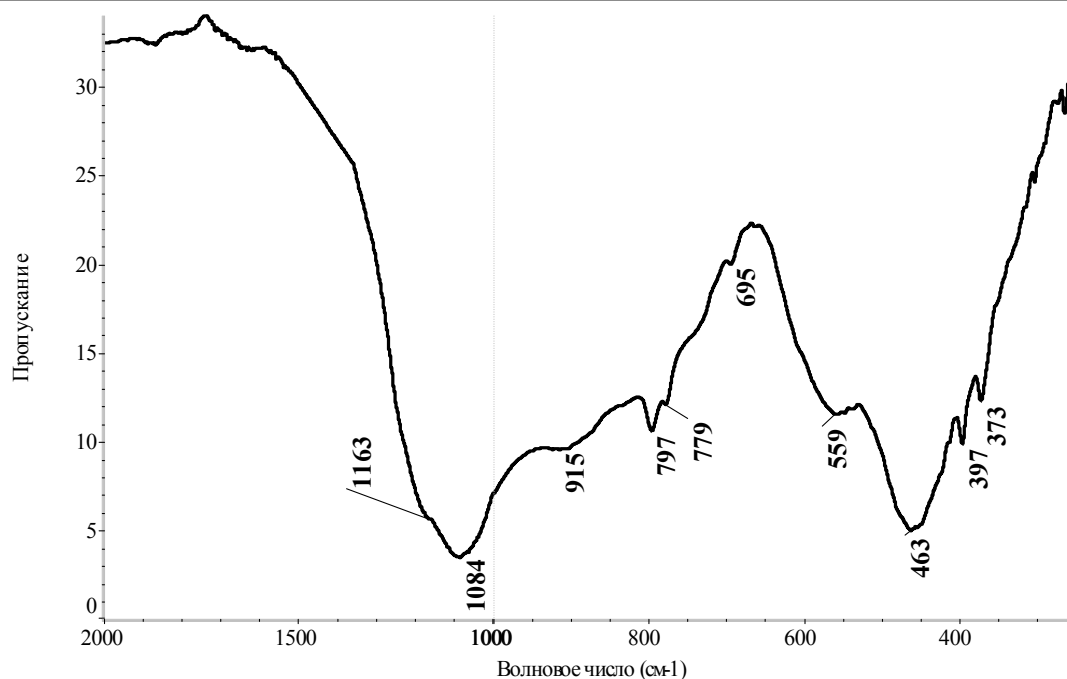


Рисунок 1 – Инфракрасный спектр золошлака

Figure 1 – Infrared spectrum of ash-and-slag

Таблица 3 – Ситовой анализ золошлака

Table 3 – Sieve analysis of ash-and-slag

Класс крупности, мм	Выход класса, %	Содержание, %				Распределение, %			
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂
+1,0	11,7	44,59	12,22	16,92	0,96	11,77	13,6	9,88	11,4
-1,0 +0,25	10,4	43,79	8,36	20,56	0,92	10,26	8,3	10,67	10,0
-0,25 +0,1	57,5	44,24	8,98	20,65	0,98	58,0	49,0	59,2	58,3
-0,1 +0,056	13,6	43,14	14,63	20,23	0,92	13,21	18,9	13,72	13,0
-0,056 +0	6,8	44,35	15,68	19,31	1,11	6,76	10,2	6,53	7,3
Итого	100					100	100	100	100

Из результатов ситового анализа золошлака следует, что его основная масса около 60,0 %, представлена классом -0,25+0,1 мм. Крупность материала позволила проводить дальнейшую переработку без предварительного измельчения.

Количество добавляемого известняка было выбрано из расчета получения в шихте молярного отношения щелочной и кислой составляющей $\text{CaO}:\text{SiO}_2 = 0,7$. Оксид кальция известняка способствует полимеризации стеклофазы, повышая кристаллизационную способность расплава. В результате получили шихту в которой содержание щелочноземельного элемента CaO составило допустимые 25 %, расплавы с более высоким содержанием щелочноземельного элементов дают значительную усадку при затвердевании. Температура при плавлении составляла 1300 °С, продолжительность 45 минут. Плавление проводили в графитовом тигле в муфельной печи.

Проведены физико-химические исследования состава каменного литья методами химического, рентгенофазового, кристаллооптического, электронно-зондового микроскопического и термического анализов.

Химический состав каменного литья, масс %: Na₂O 0,878; MgO 0,918; Al₂O₃ 16,877; SiO₂ 36,125; P₂O₅ 0,429; SO₃ 0,064; K₂O 0,260; CaO 24,94; TiO₂ 0,880; MnO 0,255; Fe₂O₃ 10,4; п.п. 7,974.

Рентгенофазовый анализ каменного литья показал, что основными фазами являются, масс. %: акерманит 70,4; геленит 20,6; мелилит 9,0.

Согласно кристаллооптического анализа материал каменного литья внешне черный, однородный, с редкими порами. Литье представлено искусственными минеральными фазами – скелетоподобной светло-серой массой, более темной однородной матрицей с темными, почти черными, вкраплениями и заполняющие микротрещины образованиями.

На электронно-зондовом микроскопе каменное литье представлено фазами гидроксидов железа с примесью Ca, Si (от матрицы), ферроакерманита, геленита (феррогеленит – $\text{Ca}_2\text{FeSiAlO}_7$) и мелилитом (рисунок 2).

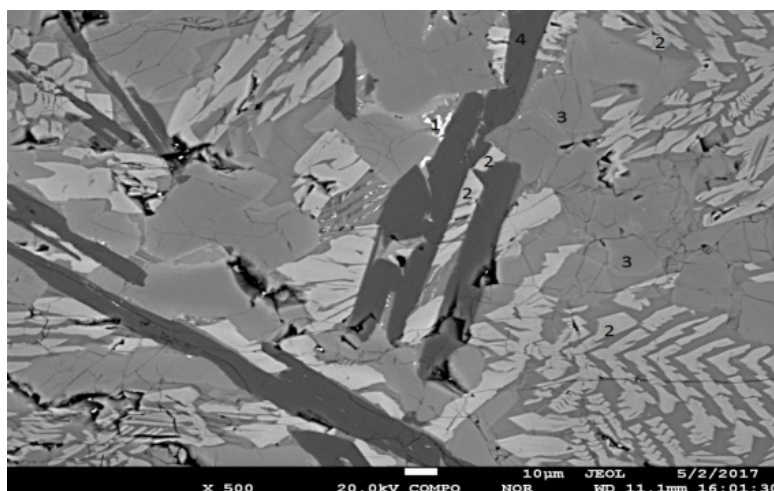


Рисунок 2 – Каменное литье. Электронно-зондовый микроскоп, режим COMPO, увел. 500: 1 – гидроксиды железа с примесью Ca, Si (от матрицы); 2 – ферроакерманит; 3 – геленит (феррогеленит – $\text{Ca}_2\text{FeSiAlO}_7$); 4 – мелилит

Figure 2 – Stone casting. Electron probe microscope, COMPO mode, magnification 500: 1 – iron hydroxides with an admixture of Ca, Si (from the matrix); 2 – ferroacermanite; 3 – gehlenite (ferrogehlenite – $\text{Ca}_2\text{FeSiAlO}_7$); 4 – melilite

Скелетоподобная фаза – ферроакерманит (фаза 2) преобладает в пробе и по данным рентгенофазового анализа составляет около 70 %. Его формула $\text{Ca}_2\text{FeSi}_2\text{O}_7$ с расчетными содержаниями элементов, масс. %: Ca 26,35; Fe 18,36; Si 18,47; O 36,82. Содержание компонентов искусственной фазы (таблица 4) несколько отличается от расчетной, но незначительно. По оптическим константам минерал одноосный отрицательный, $n_o = 1,690$, $n_e = 1,673$.

Таблица 4 – Состав искусственных минеральных фаз каменного литья

Table 4 – Artificial mineral phases' composition of stone casting

Название фазы	Содержание элементов %								
	Ca	Al	Si	O	Fe	Mg	Mn	Ti	Na
Оксиды железа Фаза 1	9,66 -10,90	1,74-2,17	6,15-7,07	34,31-4,53	43,26-4,80	–	1,20-1,40	0,68-1,53	–
Ферро-акерманит Фаза 2	17,12-7,41	3,58-6,60	12,94-13,42	38,04-9,68	21,03-6,22	0,74	–	1,10-1,36	–
Геленит Фаза 3	28,29	10,76	12,06	41,42	5,35	1,23	–	-	–
Мелилит Фаза 4	14,61	15,52	18,32	47,29	4,26	–	–	-	0,88

Фаза вмещающей матрицы представлена геленитом с формулой $\text{Ca}_2\text{AlSiAlO}_7$ (фаза 3). Её расчетный состав следующий, масс. %: Ca 29,25; Al 19,66; Si 10,24; O 40,85. Наличие небольшого количества железа объясняется присутствием в ней примеси, в виде твердого раствора, ферроакерманитовой молекулы, содержащей железо.

Качественный состав четвертой фазы в виде черных под микроскопом и на снимках электронного зонда образований (фаза 4) аналогичен вышеописанным фазам, но отличается по содержанию слагающих минеральную фазу компонентов (таблица 4). По данным рентгенофазового анализа в пробе в количестве 9 % отмечается мелилит. Это разновидность акерманита, но в данном случае она, как и вышеописанные фазы, не содержит магния.

Термический анализ каменного литья был проведен с использованием прибора синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter. На кривой ДТА (рисунок 3 а) проявились эндотермические эффекты с максимальным развитием при 911,5 °С и 1229,5 °С. Первый эффект развит на фоне интенсивного снижения массы навески, что видно из хода кривой ТГ. На кривой ДТГ ему соответствует минимум при 907,1 °С. На ниспадающей ветви этого минимума проявился слабый эффект с экстремумом при 836,2 °С. Совокупность вышеописанных эффектов, зафиксированных на термических кривых в области температур 600–1000 °С отражает разложение карбоната кальция. Наличие дополнительного минимума (836,2 °С) может быть проявлением карбоната кальция другой дисперсности. Эндотермический эффект с экстремумом при 1229,5 °С является проявлением плавления пробы. На кривой dДТА в области развития этого эффекта проявились два эндотермических эффекта с экстремумами при 1218,8 °С и 1225,2 °С. т.е. плавление пробы проходит поэтапно. Первый эффект может быть проявлением плавления 2FeOSiO_2 . Также на кривой dДТА зафиксирован слабый эндотермический эффект с максимальным развитием при 1200,2 °С. Предположительно, его можно отнести к проявлению энантиотропного полиморфного превращения CaOSiO_2 . Слабый экзотермический эффект с пиком при 1160 °С также предположительно можно интерпретировать как проявление твердофазной реакции. Очень слабый эндотермический эффект на кривой dДТА с экстремумом при 773,4 °С может быть отнесен к плавлению $\text{K}_2\text{O}_4\text{SiO}_2$.

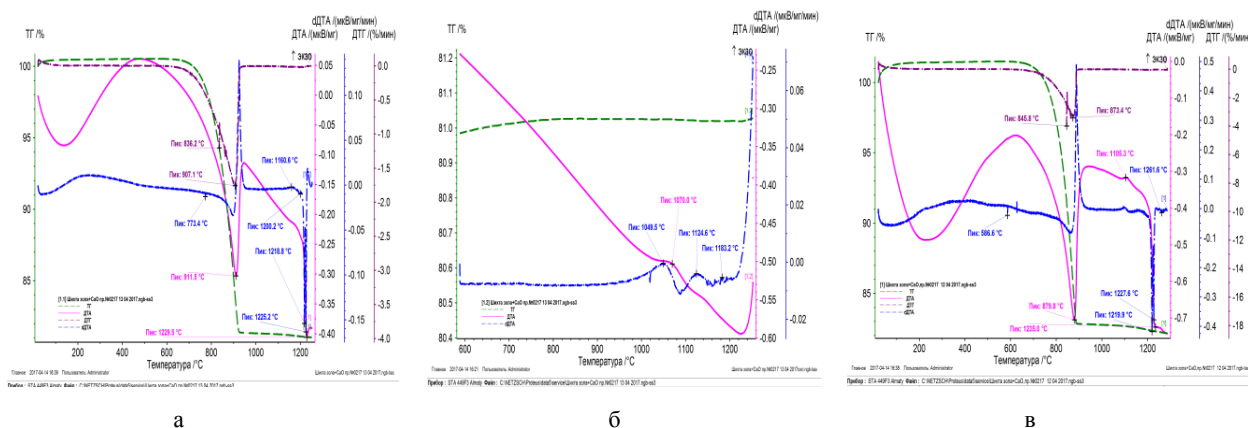


Рисунок 3 – Дериватограмма каменного литья:

а – скорость нагрева 10 °/мин; б – ДТА охлаждения пробы; в – скорость нагрева 15 °/мин

Figure 3 – Derivatogram of stone casting: а – heating rate 10 °/min; б – DTA sample cooling; в – heating rate 15 °/min

На кривой ДТА (рисунок 3 б), полученной в ходе охлаждения пробы, проявился растянутый экзотермический эффект с пиком при 1070 °С. На кривой dДТА зафиксированы два интенсивных, растянутых экзотермических эффекта с пиками при 1124,6 °С и 1049,5 °С. Также проявился слабый экзотермический эффект с пиком при 1183,2 °С, который можно интерпретировать как обратное полиморфное превращение CaOSiO_2 .

Проведен термический анализ при скорости нагрева 15 °С/мин (рисунок 3 в). Здесь, на кривой ДТА наблюдается экзотермический эффект с пиком при 1105,3 °С, который можно отнести к проявлению твердофазной реакции. На кривой dДТА, после интенсивных эффектов плавления проявился еще один, менее интенсивный эффект, с максимальным развитием при 1261,6 °С. Этот эффект является завершающим этапом плавления исследуемой пробы. При этой температуре может плавиться тройная эвтектика системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--SiO}_2$, которую составляют анортит (CaSi_2), геленит (C_2AS) и α -тридимит.

Полученные образцы каменного литья испытывали на соответствие требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7025–91 «Кирпич и камни керамические и силикатные».

Определена прочность при сжатии образцов каменного литья, она составила 120 МПа, что соответствует величине прочности изделий термостойкого каменного литья.

Водопоглощение каменного литья определяли при атмосферном давлении в воде температурой 20 ± 5 °С. Получена величина водопоглощения 0,953 %.

Средняя плотность образцов каменного литья составила 2900 кг/м^3 .

Морозостойкость образцов каменного литья определяли при объемном замораживании. В результате испытаний изменения массы и прочности образцов не произошло. Дефектов поверхности не обнаружено.

Таким образом, из шихты состоящей из золошлака от сжигания экибастузского угля и известняка при температуре 1300 °С получено монолитное каменное литье черного цвета основной фазой которого является ферроакерманит. По результатам термического анализа литья при 1261,6 °С плавится тройная эвтектика системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--SiO}_2$. Эвтектику составляют анортит (CaSiO_3), геленит (C_2AS) и α -тридимит. Определенные параметры прочности, водопоглощения, плотности и морозостойкости каменного литья показали его соответствие требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7025–91 к изделиям термостойкого каменного литья.

**Б. К. Кенжалиев, С. А. Омарова, А. И. Манапова, С. С. Темирова, К. Р. Плехова,
Б. М. Сукуров, М. Н. Квятковская, Г. К. Жумабекова, Л. У. Аманжолова**

Металлургия және кен байыту институты, Алматы, Қазақстан

КҮЛҚОЖДАН ТАС ҚАЛЫПТАУ АЛУ

Аннотация. Экибастұз көмірін және әкті өртегеннен қалған күлқождан тұратын шихтадан 1300 °С температурада тас қалыптауды алу зерттеу жұмыстары жүргізілді. Шихтаға қосатын әктің мөлшері – сілті және қышқылдың шихтадағы молярлы қатынасы $\text{CaO}:\text{SiO}_2=0,7$ құрайтын есеппен алынды. Кальций оксидін әкті қосу, балқыманың кристаллдану қасиетін арттыра отырып, шыныфазаның полимерленуіне әсер етеді. Көрсетілген жағдайда күлқожды әкпен балқыту нәтижесінде кара түсті монолитті тас қалыптау алынды. Қалыптау жасанды минералды фазамен, қаңқатәрізді ашық сұр коспа, қанық біртекті матрицасымен, қанық тіпті кара дақтарымен және микротесіктерді толтыратын заттармен ұсынылған. Растрлі микроскоптан алынған нәтижелер бойынша тас қалыптау келесі фазалармен ұсынылған: темір гидроксид фазасы Са және Si қоспаларымен, құрамы 70% құрайтын ферроакерманит фазасы ($\text{Ca}_2\text{FeSi}_2\text{O}_7$), формуласы $\text{Ca}_2\text{AlSiAlO}_7$ матрицаны сыйғызатын геленитпен ұсынылған фаза және мелилит фазасы. Термиялық талдау нәтижесінде 1261,6 °С температурада $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--SiO}_2$ жүйесінің үштік эвтектикасы балқиды. Эвтектиканы анортит (CaSiO_3), геленит (C_2AS) және α -тридимит құрайды.

Тас қалыптау үлгілерін сынағанда келесі көрсеткіштер анықталды: қысу беріктігі 120 МПа; сусіңіру 0,953%; орташа тығыздығы 2900 кг/м^3 ; аязғатөзімділік. Бұл көрсеткіштер тас қалыптаудың ыстыққатөзімді бұйымдарына ГОСТ 7025 – 91 «Кірпіш және тастар керамикалық және силикатты» мемлекетаралық стандарт талаптарына сай келеді.

Түйін сөздер: күлқож, әк, шихта, тас қалыптау, эвтектика.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 255 – 261

**E. I. Kuldeyev, I. V. Bondarenko, E. A. Tastanov,
R. A. Abdulvaliyev, S. S. Temirova, B. E. Abdikerim**Institute of Metallurgy and Ore beneficiation, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: kuldeev_erzhan@mail.ru; igor1957@mail.ru; stemirova@mail.ru**ACTIVATED DIATOMITES – INNOVATIVE MULTIPURPOSE
MATERIAL TO BE USED IN THE DEVELOPMENT
OF INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

Abstract. This article is devoted to the issue of using diatomites in agricultural and industrial production in the Republic of Kazakhstan. Prior assessment of the diatomite deposits shows about 200 million tons mainly found in Mugodzhar district of Aktobe Region. From the world's practice, diatomites are known to be used as filter materials, hydraulic additives, also in producing building bricks and thermo-leg materials.

Nowadays in Kazakhstan, diatomites are neither extracted nor used commercially. Meanwhile, Kazakhstani diatomites present affordable raw material to produce components of building materials, sorbing agents in production of refined deodorized vegetable (sunflower) oil. The authors of this article suggest an innovational solution on using activated hydrated silica as filling agents for mineral fertilizers, also known as generics. They can provide dosed supply of useful components directly to plants' roots, saving moist in soil and preventing washing away of valuable components into lower layers of soil, which leads to contamination of underground water basins with undigested fertilizers. Diatomite can interact with insoluble calcium phosphate of the soil forming soluble compounds.

The most important feature of the generics offered is much lower (three to four times) cost compared to traditionally used fertilizers, so that they can be used in grain production with higher profit. It is especially topical in Kazakhstan and any other country in the risk farming area, where using mineral fertilizers is too expensive.

In Kazakhstan, in grain production only, current demand of generics can be minimally estimated as 150-160 thousand tons a year, prospectively growing to 7-8million tons a year. Using generics can bring millions of hectares of fields back to agricultural turnout and turn Kazakhstan into one of the leaders in the market of agricultural products.

Key words: Kazakhstan industry, raw diatomites, activated diatomites, building material component, sorbing agent, sunflower oil, filling agents, mineral fertilizer

УДК 661.68

**Е. И. Кульдеев, И. В. Бондаренко, Е. А. Тастанов,
Р. А. Абдулвалиев, С. С. Темирова, Б. Е. Абдикерим**

Институт металлургии и обогащения, Алматы, Казахстан

**АКТИВИРОВАННЫЕ ДИАТОМИТЫ – ИННОВАЦИОННЫЙ
МАТЕРИАЛ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Аннотация. Статья посвящена вопросу использования диатомитов в промышленном и сельскохозяйственном производстве Республики Казахстан. По предварительной оценке запасы казахстанских диатомитов составляют более 200 млн. тонн, сосредоточенных, в основном, в Муголжарском районе Актюбинской области.

Известно, что в мировой практике диатомиты используются, главным образом для производства гидравлических добавок, строительного кирпича, теплоизоляционных изделий и фильтрующих материалов.

В настоящее время в Казахстане диатомиты в промышленном масштабе не добываются и не используются, в то время как казахстанские диатомиты представляют собой доступный высококачественный сырьевой материал для производства компонента строительных материалов, сорбента для получения рафинированного дезодорированного подсолнечного масла. Авторами статьи предлагается инновационное решение по использованию активированного гидратированного кремнезема в качестве наполнителя минеральных удобрений – «джереников», обладающих свойствами дозированной подачи полезных компонентов в прикорневую систему растения, удерживания влаги в почве, исключения вымывания ценного компонента в нижележащие слои и загрязнения неусвоенными минеральными удобрениями грунтовых вод. Диатомит может вступать во взаимодействие с нерастворимыми фосфатами кальция почвы с образованием водорастворимых соединений.

Важной характеристикой предлагаемых дженеников является их более низкая (в 3-4 раза) стоимость по сравнению с используемыми традиционными минеральными удобрениями, что позволит применять их в зерновом растениеводстве с получением прибыли, так как на сегодняшний день в Казахстане и в других странах мира, относящихся к зоне рискованного земледелия, сложилась неблагоприятная ситуация с применением минеральных удобрений из-за их высоких цен.

Существующие потребности Казахстана в дженениках только в зерновом растениеводстве могут быть минимально оценены в 150-160 тыс. тонн, перспективные – до 7-8 млн. тонн в год. Использование активированных диатомитов даст возможность вернуть в сельскохозяйственный оборот миллионы гектаров пашни и сделать Казахстан одним из ведущих производителей сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: индустрия Казахстана, диатомитовое сырье, активированные диатомиты, компонент строительных материалов, сорбент, подсолнечное масло, наполнитель, минеральное удобрение.

Введение. Диатомит (кизельгур, трепел) – осадочная горная порода, состоящая преимущественно из останков диатомовых водорослей и простейших организмов. По оценке Геологической службы USGS, мировые запасы диатомита составляют более 1 млрд. тонн, из которых около 250 млн. тонн приходится на США и 110 млн. – на Китай. Разведанные запасы диатомита в России составляют 350 млн.т.

В настоящее время объем добычи диатомита в мире составил свыше 2,5 млн.т в год. Основной объем диатомита производится в США (33% мирового производства), Китае (24%), Дании (12%), Японии (6%), Мексике (6%) и Франции (3%). США является крупнейшим производителем, потребителем и экспортером диатомита. На долю СНГ приходится 4% мирового производства диатомита. Среднегодовые внутренние цены США ~300 \$/т, добыча в основном ведется шахтным методом. Рынок диатомита в США в среднем ежегодно оценивается в 180 млн.\$.

Диатомиты являются разновидностью кремнистого сырья, обладающей большой пористостью (с чем связана их высокая способность к адсорбции), плохой тепло- и звукопроводимостью, тугоплавкостью и кислотостойкостью. Благодаря своим специфическим свойствам диатомиты рассматриваются как минеральное сырье многоцелевого назначения. Основные области применения диатомита в США: фильтрация – 67%, применение в качестве добавок к цементу – 15%, адсорбента – 11%, наполнителя – 7%, прочие сферы (включая производство специализированной фармацевтической продукции) — менее 1% [1-3].

По оценочным данным запасы диатомитов Казахстана составляют более 200 млн. тонн, основная часть которых сосредоточена в Муголжарском районе Актюбинской области [4].

Диатомитовая руда месторождения плато Жалпак содержит, вес. %: SiO₂ – 70; Al₂O₃ – 9,2; Mg – 2,35; TiO₂ – 0,41, остальное составляют примеси соединений железа. Актюбинская руда характеризуется уникально низким содержанием соединений фосфора, мышьяка и фтора, что является существенным преимуществом, так как не требует дополнительной очистки от них. В настоящее время добыча и переработка диатомитовых руд на территории Казахстана не ведется.

На сегодняшний день диатомиты используются, в основном, для производства следующих изделий и материалов.

1) *Гидравлические добавки.* Диатомиты, как гидравлические добавки, используются при получении белых цементов. При производстве белых цементов в состав клинкера вводится до 6% диатомитов.

2) *Строительный кирпич.* Для производства строительного кирпича используются обычно средне- и низкокачественные глинистые разновидности диатомита. В отличие от обычного строительного кирпича диатомитовый кирпич вдвое легче, обладает высокими тепло- и звукоизоляционными характеристиками.

3) *Теплоизоляционные изделия и материалы.* В теплоизоляционной промышленности диатомиты используются как в естественном виде (в качестве засыпной порошковой изоляции), так и в форме разнообразных обжиговых и мастичных изделий.

4) *Фильтрующие материалы.* Диатомиты являются одним из основных видов сырья для производства фильтровальных порошков для пищевой промышленности. Однако в естественном виде диатомитовые порошки, как правило, мало пригодны для использования в качестве фильтрующих материалов. В связи с этим для улучшения характеристик диатомитов проводят удаление глинистых и песчаных примесей, вредных оксидов и органики, а также осуществляют обжиг (около 1000°C) диатомитов, что приводит к существенному улучшению свойств фильтровальных порошков. Также диатомиты используются в качестве катализаторов, адсорбентов при осветлении нефтепродуктов, наполнителей пластмасс, красок; осушителей; носителей инсектицидов и др.

В Казахстане отсутствуют предприятия по переработке диатомитового сырья, хотя применение диатомитовых компонентов будет возрастать, о чем свидетельствует опыт применения данного сырья в промышленности экономически развитых стран.

Известно, что использование диатомита повышает марку силикатного кирпича, так как аморфный кремнезем активно вступает в химическую реакцию с известью уже при обычной температуре [5].

Необходимо проведение исследований по технологии подготовки диатомитов с определением оптимальных условий получения силикатных кирпичей высокого качества в безавтоклавных условиях, что увеличит объемы производства продукции, обеспечит снижение себестоимости и повышение существующей марочности качества со 150 до более 200 единиц на заводах ТОО «Лотос Актобе» (АО «Актюбинский завод ферросплавов»), АО «Коктас – Актобе» и SBS Group, ТОО Актобе.

Диатомит является важным компонентом при создании сухих строительных смесей (ССС). Диатомиты относятся к так называемым кислым добавкам. При смешивании их в тонкомолотом виде с воздушной известью они придают ей свойства гидравлического вяжущего, а в смеси с портландцементом повышают его сульфатостойкость [6, 7]. Диатомиты обладают высокой пористостью и являются хорошими инсектицидами. Эти свойства диатомитов широко используют при производстве товарного бетона, строительных растворов и ССС различного назначения.

Действие диатомитов как активных минеральных добавок основано на способности содержащегося в них аморфного кремнезема связывать известь в низкоосновные гидросиликаты кальция по схеме: $\text{SiO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + n(\text{H}_2\text{O}) = \text{CaO}_x\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ [6].

Способность связывать гидроксид кальция в присутствии воды при обычной температуре обусловлена содержанием в диатомитах веществ в химически активной форме, поэтому характер и интенсивность взаимодействия с известью различны. Количество аморфного SiO_2 в диатомитах может колебаться от 40 до 100% к общему количеству SiO_2 . Для улучшения качественных характеристик ССС и уменьшения расхода цемента проводится активация диатомита и добавление поликарбоксилатного суперпластификатора «Флюкс 1». Требуется проведение исследований по использованию активированных казахстанских диатомитов в ССС, а также в качестве компонента водоземлюльсионных, органорастворимых и фасадных красок. В г. Актобе находится завод Группы компаний «Алина», занимающийся переработкой гипса и подготовкой строительных смесей на его основе, на производственной базе которых возможна апробация предлагаемой добавки.

Казахстанские диатомиты – сырьевой материал для производства отбеливающей земли, используемой для получения рафинированного дезодорированного подсолнечного масла [8]. При применении диатомитов в качестве отбеливающих земель были достигнуты результаты по показателям маслосемкости, активности и скорости фильтрации, не уступающие качеству бентонитовых отбеливающих земель импортных производителей.

Предложена технология получения адсорбентов на основе кислотноактивированных диатомита и бентонита. Получены данные о влиянии технологических параметров на процесс

очистки подсолнечного масла контактным способом с использованием разработанных адсорбентов [9].

В работах [10-12] описан опыт внедрения отбеливающих земель на заводах подсолнечного масла в России. Необходимы исследования казахстанского модифицированного диатомита на предприятии в г. Актобе, выпускающем подсолнечное масло.

Результаты и обсуждение. Авторами данной статьи предлагается технологическое решение по использованию гидратированного кремнезема в качестве носителя минеральных удобрений, особенно для щелочных почв. Идея использовать диатомиты в качестве своеобразного удобрения, обеспечивающего создание накопителей влаги внутри клеток растений, активатора трансформации природного фосфата в водорастворимую форму, а также естественного адсорбента, обеспечивающего пролонгированную дозированную подачу ионов минерального удобрения в прикорневую систему растений, является инновационной для технологии производства и применения минеральных удобрений.

Применение природного пористого диатомитового носителя позволяет обеспечить дозированную подачу минерального удобрения в прикорневую систему растения, удерживать влагу в почве, исключить вымывание ценного компонента в нижележащие слои и загрязнения неусвоенными минеральными удобрениями грунтовых вод. Сущность технологии подготовки и активации диатомитовой руды заключается в измельчении и химической обработке диатомитовых руд Актюбинской области с переводом соединений металлов, угнетающих рост растений, в раствор. Оставшийся кек, представляющий собой гидратированный гель кремниевой кислоты с примесями оксида алюминия, смешивается с минеральными удобрениями (аммиачная селитра, аммофос, нитрофоска, фосфомука и т.д.), гранулируется, сушится и является высокоэффективным и дешевым минеральным удобрением с пористой структурой на кремнеземистом носителе. Испытания по применению диатомитов в сельском хозяйстве, в основном, проводятся компаниями, добывающими диатомитовые руды, и носят утилитарный характер без глубокого научного обоснования полученных результатов. Исследования российских ученых отводят диатомитам только роль носителей, наполнителей пестицидов и пролонгированных удобрений, предотвращающих слеживание удобрений и ядохимикатов. Ряд российских предприятий, осуществляющих добычу диатомитовых руд, предлагают измельченные диатомиты в качестве кремнеземистых удобрений [13, 14]. Смеси мелкодисперсной активированной очищенной диатомитовой руды с минеральными удобрениями названы дженериками (дешевые заменители без потери качеств, по аналогии с лекарственными средствами). Наиболее важной характеристикой предлагаемых дженериков является их более низкая (в 3-4 раза) стоимость по сравнению с используемыми минеральными удобрениями, что позволит применять их в зерновом растениеводстве с получением прибыли, так как на сегодняшний день в Казахстане и в других странах мира, относящихся к зоне рискованного земледелия, сложилась неблагоприятная ситуация с применением минеральных удобрений из-за их высоких цен. Происходит быстрое обеднение почв и даже мероприятия по севообороту и использованию «нулевой» технологии сева не обеспечивают достаточный возврат полезных компонентов (азота, фосфора, калия и т.д.) в почву.

Технология прошла предварительную опытную апробацию: партия в 70 кг синтетического дженерика в 2011 году испытана на четырех культурах (яровая пшеница, сапфлор, ячмень, просо) на Актюбинской опытной сельскохозяйственной станции. Получены предварительные результаты – увеличение роста урожайности составило около 50%. Данная технология может быть реализована на крупнейших казахстанских предприятиях по производству минеральных удобрений: АО «Казазот» и АО «Казфосфат».

Преимущества разрабатываемой технологии подготовки и применения диатомита в качестве наполнителя минеральных удобрений заключаются в следующем:

- простота технологических решений, для реализации которых требуется недорогое стандартное оборудование, основной компонент диатомитовая руда – природный материал, который легко добывается экскавацией;
- совмещение в дженерике свойств минерального удобрения и влагозадерживающего вещества;
- ценовая доступность для конечного потребителя;

- безотходность технологии производства;
- простота в применении дженериков заключается в том, что они подаются в почву сеялками совместно с семенами.

Применение мелкодисперсного пористого диатомита в качестве основного влагозадерживающего компонента минеральных удобрений не описано в научно-технической литературе.

Основными технологическими характеристиками будущей продукции являются:

- вид продукта (дженерика): легкие пористые гранулы диаметром 5-6 мм;
- содержание и состав: содержание минерального компонента в массе 25-30%, остальное тонкоизмельченная выщелоченная диатомитовая руда Актюбинской области. Состав варьируется в зависимости от агрономических требований. Например, при выращивании зерновых культур в Актюбинской области и в большинстве степных регионов Казахстана, характеризующихся щелочным составом почв, наиболее востребованы фосфорные удобрения

- нормативы подачи: предварительно 150-200 кг/га гранулированных дженериков (в зависимости от свойств почв и выращиваемой культуры);

- сроки действия: нами прослежен эффект последствия на протяжении 2-х лет.

Уникальность разрабатываемой технологии заключается в следующем:

- простота технологических решений, для реализации которых требуется недорогое стандартное оборудование, основной компонент - диатомитовая руда-природное вещество, которое легко добывается экскавацией;

- совмещение в дженерике свойств минерального удобрения и влагозадерживающего вещества;

- ценовая доступность для конечного потребителя;

- безотходность технологии производства;

- простота применения дженериков заключается в том, что они подаются в почву сеялками совместно с семенами.

Существующие потребности Казахстана в дженериках только в зерновом растениеводстве могут быть минимально оценены в 150-160 тыс.тн в год, перспективные до 7-8 млн.тн в год [15].

Выводы. Маркетинговый анализ показал актуальность и необходимость вовлечения в сферу промышленную разработку казахстанских диатомитов применительно к производству высококачественного силикатного кирпича, сухих строительных смесей сорбентов для рафинирования подсолнечного масла и наполнителей минеральных удобрений.

Разработана технология отмывки и химического обогащения диатомитовой породы, позволяющая получать высококачественный активированный диатомит, практически не содержащий вредных примесей - соединений фтора, фосфора и мышьяка.

Показано что активированные диатомиты являются инновационным материалом многоцелевого назначения для развития индустрии Республики Казахстан.

Полученный пористый продукт можно использовать как компонент высококачественных силикатных продуктов, в качестве отбеливающей земли для рафинирования и дезодорации растительного масла.

Предложенный в качестве носителя минеральных удобрений гидратированный кремнезем, полученный из диатомитового сырья, обеспечивает пролонгированное действие питательного вещества и достаточный уровень влаги в почве.

Данная технология позволит вернуть в сельскохозяйственный оборот миллионы гектаров необрабатываемой земли и сделать Казахстан одним из ведущих производителей сельскохозяйственной продукции. Предложенная технология может найти широкое применение не только в Казахстане, но и в мире.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Обзор рынка диатомита в СНГ (отчет экспертов ООО «ИГ «Инфомайн»). – М., 2016. – 171 с.
- [2] Иванов С.Э. Диатомит и области его применения / С.Э. Иванов, А.В. Беляков // Стекло и керамика. – 2008. – № 2. – С. 18-21.
- [3] Применение диатомита. Информационно-образовательный портал Veni-Vidi-Vici.
- [4] Отчет аналитической службы АО «Региональный финансовый центр Алматы» за 2010 г.
- [5] Кварцевый песок – материал для производства силикатного кирпича//arxipedia.ru/silikatnyj-kirpich

- [6] Бутт Ю.М. Технология цемента и других вяжущих материалов. – М.: Стройиздат, 1976. – 344 с.
- [7] Пустовгар А.П. Эффективность применения активированного диатомита в сухих строительных смесях // info@vulkanit.com
- [8] Гостева Г.Г., Петренко Е.В., Журавлева Г.Н. Производство отбеливающих земель из диатомита: Способ получения и промышленная технология // http://docme.ru/doc/1599137/proizvodstvo-otbelivayushhih-zemel_-iz-diatomita-chast_-4.-pr.
- [9] Пономарев В.В. Технология адсорбентов для очистки растительных масел на основе диатомита и бентонита Ростовской области.
- [10] Убаськина Ю.А., Петренко Е.В. Производство отбеливающих земель из диатомита: Свойства диатомита при кальцинировании // Новые технологии. – 2012. – Вып. 2. – С. 57-62.
- [11] Убаськина Ю.А., Петренко Е.В. Производство отбеливающих земель из диатомита. Модифицирующие добавки // Новые технологии. – 2012. – Вып. 2. – С. 62-65.
- [12] Бутина Е.А., Герасименко Е.О., Стрыженко А.А., Шабашева С.В., Никифоров Е.А., Убаськина Ю.А., Барановская Т.Д. Применение отбеливающих земель на основе диатомита для отбелики растительных масел // Масла и жиры. – 2012. – Вып. 2(131). – С. 17-19.
- [13] Дьяков В.М., Матыченков В.В., Чернышев В.А., Аммосова Я.М. Использование соединений кремния в сельском хозяйстве // Актуальные вопросы химической науки и технологии и охраны окружающей среды. – Вып. 7. – М.: НИИТЭХИМ, 1990. – 32 с.
- [14] Садакова Р.В. Применение диатомита в сельском хозяйстве // min.usaca.ru/uploads/article/attachment/353.
- [15] Козлов Г.А. К вопросу о получении щелочных силикатов из опал-кристаллитовых кремнистых пород для производства пористых заполнителей // Известия вузов. Строительство. – 2009. – № 11-12. – С. 20-23.

REFERENCES

- [1] Obzor rynku diatomita v SNG (otchiot ekspertov OO “IG INFOMAIN”). М., 2016. 171 p. (in Russ.)
- [2] Ivanov S.E. Diatomit i oblasti evo primeneniya / S.E. Ivanov, A.V. Belyakov // Steklo i keramika. 2008. N 2. P. 18-21 (in Russ.)
- [3] Primenenie diatomita. Informacionno-obrazovatelnyi portal Veni-Vidi-Vici (in Russ.)
- [4] Otchiot analiticheskoi gruppy AO «Regionalnyi finansovyi centr Almaty» za 2010 g. (in Russ.)
- [5] Kvaritsevy pesok – material dlya proizvodstva silikatnovo // arxipedia.ru/silikatnyj-kirpich (in Russ.)
- [6] Butt. Iu.M. Tekhnologiya tsementa i drugih vyazhushikh materialov. М.: Stroizdat, 1976. 344 p. (in Russ.)
- [7] Pustovgar A.P. Effektivnost primeneniya aktivirovannogo diatomita v sukhikh stroitelnykh smesyakh
- [8] Gosteva G.G., Petrenko E. V., Juravliova G.N. Proizvodstvo otbelivayushikh zemel iz diatomita: Sposob polucheniya I promyshlennaya tekhnologiya. // http://docme.ru/doc/1599137/proizvodstvo-otbelivayushhih-zemel_-iz-diatomita-chast_-4.-pr. (in Russ.)
- [9] Ponomarev V.V. Tekhnologiya adsorbentov dlya ochistki rastitelnykh masel na osnove diatomite i bentonita Rostovskoi oblasti (in Russ.)
- [10] Ubaskina Iu.A., Petrenko E.V. Proizvodstvo otbelivayushikh zemel iz diatomita: Svoistva diatomita pri kaltsinirovanii // Noveye tekhnologii. 2012. Vyp. 2. P. 57-62 (in Russ.)
- [11] Ubaskina Iu.A., Petrenko E.V. Proizvodstvo otbelivayushikh zemel iz diatomita. Modifitsiruiushie dobavki // Noveye tekhnologii. 2012. Vyp. 2. P. 62-65 (in Russ.)
- [12] Butina E.A., Gerasimenko E.O., Stryzhenok A.A., Shabasheva S.V., Nikiforov E.A. Ubaskina Iu.A., Baranovskaya T.D. Primenenie otbelivayushikh zemel na osnova diatomita dlya otbelki rastitelnykh masel // Masla i zhiry. 2012. Vyp. 2(131). P. 17-19 (in Russ.)
- [13] Diyakov V.M., Matychenkov V.V., Chernyshev V.A., Ammosova YA.M. Ispolzovanie soedinenii kremniya v sel'skom khoziaistve // Aktualnye voprosy khimicheskoi nauki i tekhnologii i okhrany okruжайushei sredy. Vyp. 7. М.: НИИТЕХИМ, 1990. 32 p. (in Russ.)
- [14] Sadakova R.B. Primemenie diatomite v sel'skom hoziaistve // min.usaca.ru/uploads/article/attachment/353. (in Russ.)
- [15] Kozlov G.A. K voprosu o poluchenii shellochnykh silikatov iz opal-kristalalitovykh kremnistykh porod dlya proizvodstva poristykh zapolnitelei // Izvestiya vuzov. Stroitelstvo. 2009. N 11-12. P. 20-23 (in Russ.)

Е. И. Көлдеев, И. В. Бондаренко, Е. А. Тастанов, Р. А. Абдулвалиев, С. С. Темірова, Б. Е. Әбдікерім

Металлургия және кен байыту институты, Алматы, Қазақстан

БЕЛСЕНДІРІЛГЕН ДИАТОМИТТЕР – ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ӨНЕРКӘСІБІН ДАМУҒА ҮШІН КӨП МАҚСАТТА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ИННОВАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛ

Аннотация. Мақала Қазақстан Республикасының өнеркәсіптік және ауылшаруашылық өндірісінде диатомиттерді пайдалануға арналған. Алдын ала бағалау бойынша, Қазақстанның диатомиттік қоры 200 млн. тоннадан асады, негізінен Ақтөбе облысының Мұғалжар ауданында шоғырланған

Әлемдік тәжірибеде диатомиттер негізінен, гидротехникалық қоспалар, кірпіш, жылу оқшаулағыш өнімдер мен сүзгі материалдарын өндіру үшін қолданылады. Қазіргі уақытта Қазақстанда диатомит өнеркәсіптік ауқымда өндірілмейді және пайдаланылмайды.

Мақала өсімдіктің тамыр жүйесіне пайдалы компоненттерді мөлшермен беретін, топырақта ылғалды ұстап тұратын, бағалы компоненттің төменгі қабатқа жуылып кетпейтінін, жер асты суларын сіңірілмеген минералды тыңайтқыштармен ластанбауын қадағалайтын қасиеттері бар минералды тыңайтқыштар толтырушы – «генериктер» ретінде белсендірілген ылғалданған кремний диоксидін пайдалану үшін инновациялық шешімдерді ұсынады. Диатомит суда еритін қосылыстарды қалыптастыра отырып топырақтың ерімейтін кальций фосфатымен өзара әрекеттесе алады.

Ұсынылған генериктердің ең маңызды сипаты - оларды қазіргі уақытта қолданылатын астық өсімдік шаруашылығында пайда әкелуге мүмкіндік беретін дәстүрлі минералды тыңайтқыштармен салыстырғанда бағасы (3-4 есе) төмен, сондықтан оларды пайда таба отырып дәнді дақылдарды өсіруде қолдануға болады, өйткені бүгінгі күнде қауіпті фермерлік шаруашылық аймағына жататын Қазақстан және әлемнің басқа елдерінде жоғары бағаға байланысты минералды тыңайтқыштарды қолданудың қолайсыз жағдайлары туындады.

Қазақстанның тек астық өсімдік шаруашылығында «генериктерге» деген қажеттілігі барынша төмен 150-160 мың тоннаға бағалануы мүмкін, ал перспективалы қажеттілігі жылына 7-8 млн. тоннаға жетеді.

Берілген технология ұзақ мерзімді перспективада ауылшаруашылық айналымына миллион гектар егістік жерлерге қайта оралуға және Қазақстанды ауыл шаруашылық өндірісінің жетекші өндірушілерінің біріне айналдыруға мүмкіндік береді. Ұсынылған технологиялар тек Қазақстанда ғана емес, бүкіл әлемде кеңінен қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Қазақстан Республикасының өнеркәсібі, диатомит өнімдері, белсендірілген диатомиттер, құрылыс өнімдерінің бөлігі, сорбент, күнбағыс майы, толтырғыш, минералды тыңайтқыш.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 262 – 269

UDC 625.14: 625.041:625.042

V. G. Solonenko, N. M. Makhmetova, M. Ya. Kvashnin, S. E. Bekzhanova

Kazakh Academy of Transport and Communications named by M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: makhmetova_n1958@mail.ru v.solonenko@mail.ru

**DETERMINATION OF RAIL VOLTAGES
AFTER IMPACT OF MOBILE COMPOSITION**

Abstract. The results of measurements of edge stresses and stresses in the neck of a rail in a curve with a radius of $R = 380$ m, obtained during tests on the effect on the path of locomotive CKD6-2108, freight gondola cars 12-9941 and 12-9920, on the section of the Almaty-Chu railway line are presented. The dependences of stresses in the edges of the sole and neck of the rail on the speed of the tested rolling stock are obtained. The possibility of a transition from stresses to lateral forces is considered.

Keywords: railway track, rail, edge stresses, stresses in the neck of the rail, vertical and lateral forces, the tested rolling stock, curve of small radius.

In connection with the ever growing need to increase the capacity of the existing network of railways in the Republic of Kazakhstan (especially the areas bordering China and Russia), the issue of increasing the safety of operation of freight trains of increased mass and length is relevant. The commissioning of heavy trains is a complex task related to the use of more powerful locomotives, increased axle loads, reconstruction of the track infrastructure and power supply, and improvement of the technology of the transportation process.

In addition, increasing the speed of train traffic with increasing traffic density requires increasing the strength and stability of the road. The use of reinforced concrete sleepers and rails of heavy types causes along with the reinforcement of the path to increase its rigidity. Increased rigidity of the track increases the influence of unevenness on the rails and wheels of the rolling stock on deformation and the forces of interaction of its elements. It is established that the disorders of the existing track with reinforced concrete sleepers accumulate more intensively than those with wooden sleepers, especially in the presence of unevenness on the rails.

The reinforcement of the upper structure of the track - laying of heavy-type rails, crushed stone ballast, reinforced concrete sleepers - is associated with an increase in its rigidity. If the wheels of the rolling stock and the track had no irregularities, then the tougher path would have basically positive qualities (would cause less resistance to the movement of trains, less bending stresses in the rails, etc.). But the presence of uneven rolling, welds, slides on wheels, unevenness in the joints and welding places of rails, as well as saddles, wave-like wear and other unevenness on rails significantly worsen the interaction of the elements of the track and the rolling stock.

The accuracy and correctness of the accepted experimental methods for evaluating the force impacts of wheels on the rail track is of paramount importance for analyzing the safety of the use of freight train trains. Edge stresses are the main parameters by which the strength of the rail is determined. They characterize the effect of vertical and lateral forces, as well as the moments from the application of lateral loads and the displacement of the position of the conditioned center of the contact spot between the wheel and the railhead.

In this paper, the results of measurements of edge stresses and stresses in the neck of a rail in an external rail thread with a curve of radius $R = 380$ m, obtained during testing of freight cars and diesel locomotives in the section of the Almaty-Chu railway line are presented.

The measurements were carried out in accordance with [1] with the help of a strain gauge measuring and computing system (Figure 1) consisting of certified and certified measuring instruments of the world's leading manufacturers, which makes it possible to produce precision (high-precision) measurements of stresses and relative deformations in the elements of the track and span structures of bridges. From the impact of the rolling stock simultaneously in 16 sections with the length of the measuring path up to 500 m.



Figure 1 – Tensometric measuring and computing complex for measuring relative strains and stresses in structures

The complex was tested at a number of facilities of JSC "NC" KTZh and showed good results when evaluating the effectiveness of reinforcement of railway bridge structures with a composite material [2, 3] and determining the influence of the dynamic effect of rolling stock on the railway track and span structures of bridges [4-6].

Before the tests, a road-measuring car passed through the site. Based on the results of the measurements, the service responsible for the state of the road issued an act on the readiness of the path to testing and the permissible speeds of traffic on the site.

The experimental train consisted of a diesel locomotive CKD6e-2108 (maximum static load 23 tons per axle), freight gondola cars 12-9941 (static axle load 23.5 tf) and 19-9920 (static axle load 25.0 tf), an electric locomotive VL80s (axial load 24.0 tons).

Arrivals along the measuring section of the road were made in a "shuttle" way with control from the cabs of the locomotive and an electric locomotive during daylight hours. A direct move made the movement of the composition from Chu to Almaty, the reverse – from Almaty to Chu. When moving in direct motion, the mobile units of the experimental train were located as follows: a 6-axle locomotive CKD6e-2108, an empty gondola car 12-9920, a laden gondola 12-9920, a laden gondola 12-9941, an empty gondola car 12-9941, an 8-axle VL80s electric locomotive. When moving backward, the mobile units were located, respectively, on the contrary, that is, without the reorganization of the rolling stock.

Figure 2 shows the graphs of the maximum edge stresses from the effects of a laden gondola 12-9920 in the speed range from 25 to 80 km/h. At the outer edge of the rail sole, the maximum value (106 MPa) was recorded when the track was passed at a speed of 40 km/h from Almaty to Chu (reverse), the smallest - 63 MPa, at the same speed, but the composition passed from Chu to Almaty. At the inner edge of the rail foot, the highest value (75 MPa) was also observed at a speed of 40 km/h in the reverse flight (Almaty-Chu), but the smallest (55 MPa) was recorded at a speed of 80 km/h, both for forward and reverse The course.

It should be noted that at a speed of 25 km/h, at the inner edge of the rail foot, the quantitative values of the stresses at the straight (58 MPa) and at the reverse (62 MPa) passage of the experimental composition were insignificant, but exceeded the fixed minimum of the maximum observed voltages at a speed of 80 km/h.

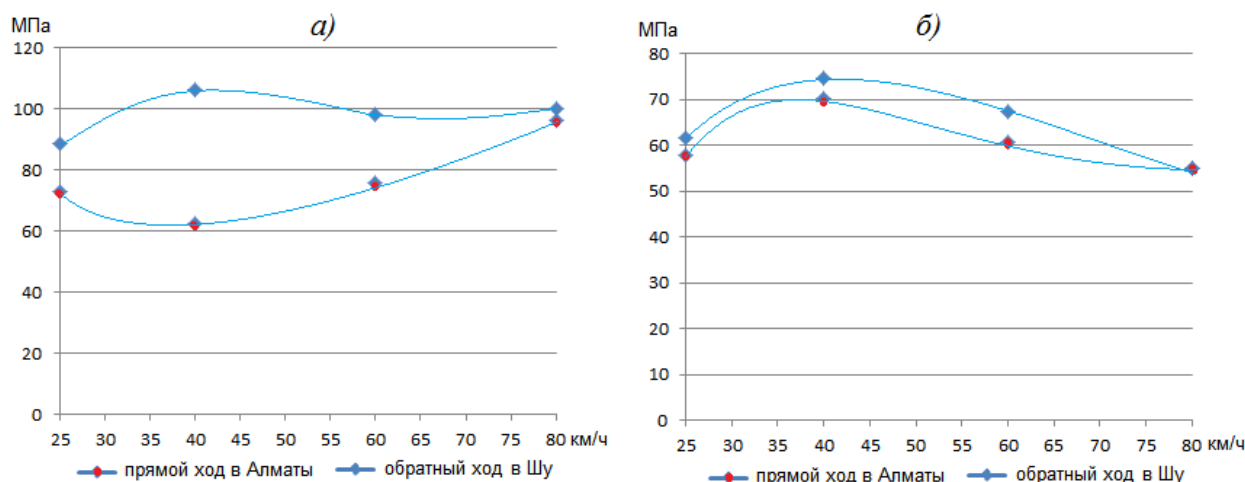


Figure 2 – Maximum stresses from the effects of a laden gondola 12-9920:
 a) - the outer edge of the rail sole, b) - the inner edge of the rail sole

Several differ, both in the quantitative values of the stresses and in the nature of the curves, the graphs obtained when passing the laden gondola 12-9941 (Figure 3). The maximum value of the stress in the outer edge of the rail sole (103 MPa) was also observed at a crew speed of 40 km/h during the return pass. Given that the difference between the axial loads is 6%, and the difference between the stress values (106 and 103 MPa) is only 2.8%, it can be concluded that the gondola 12-9920 has less impact on the way than the gondola 12-9941.

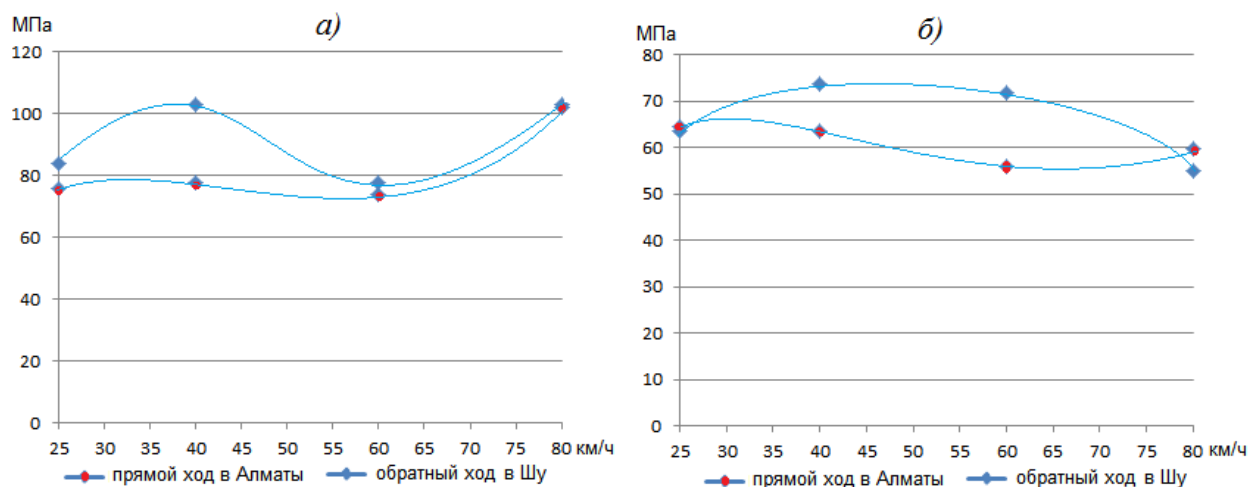


Figure 3 – Maximum stresses from the impact of a laden gondola 12-9941
 a) - the outer edge of the rail sole, b) - the inner edge of the rail sole

Figure 4 shows the graphs of the maximum edge stresses when exposed to an empty gondola car 12-9920. In this case, the highest stresses (34 MPa in the outer edge at the forward stroke and 26 MPa in the inner edge at the reverse stroke) are fixed at a speed of 60 km/h (in the case of a laden gondola - 40 km/h). Moreover, increasing the speed of the crew to 80 km/h (regardless of the direction of travel) leads to a reduction in stresses in the outer edge to 27, in the inner to 21 MPa.

The stresses in the edges of the rails bottom, obtained when passing through the measuring section of the empty gondola car 12-9941, are shown in Figure 5. The largest values of the stresses in the outer (40 MPa at a speed of 40 km/h) and in the inner (32 MPa at a speed of 80 km/h) of the edges of the rail sole, were observed during the reverse course of the rolling stock. The lowest values of stresses (23 MPa in the outer edge with a straight pass, 24 MPa with the return passage in the inner edge) are fixed at a speed of 25 km/h.

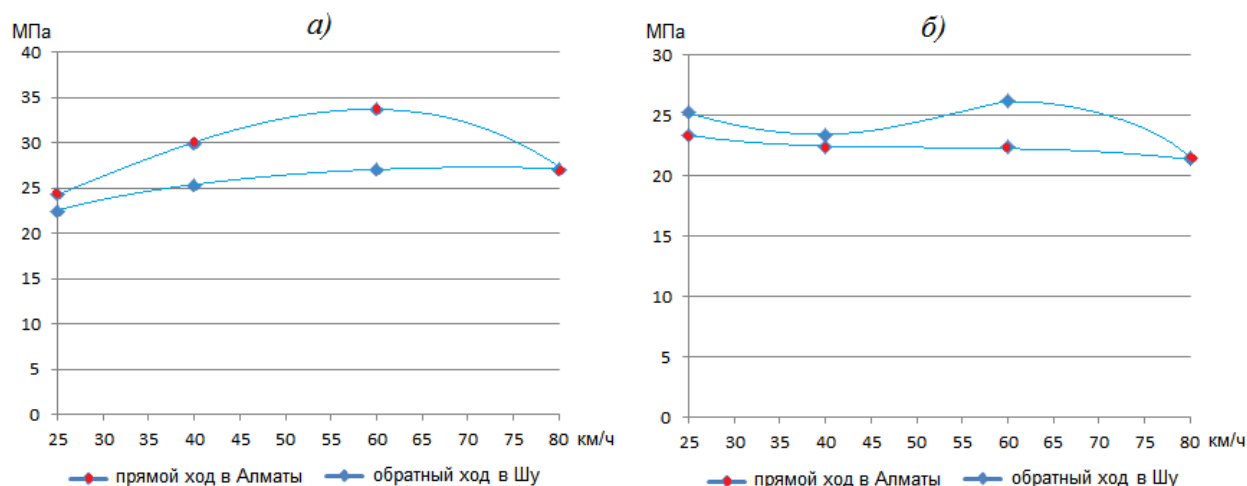


Figure 4 – Maximum stresses from the action of an empty gondola car 12-9920:
a) - the outer edge of the rail sole, b) - the inner edge of the rail sole

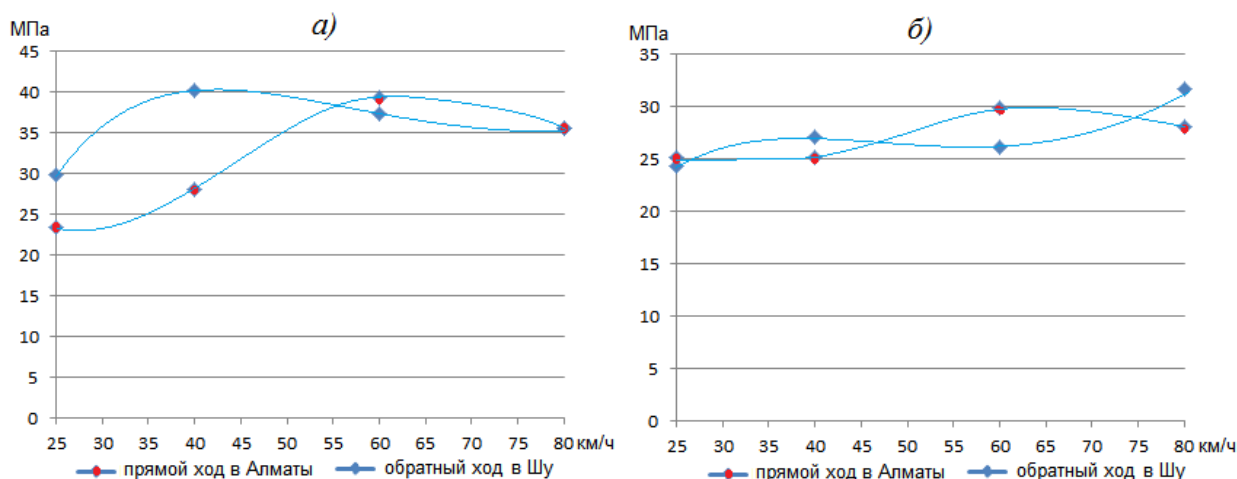


Figure 5 – Maximum stresses from the effect of an empty gondola car 12-9941:
a) - the outer edge of the rail sole, b) - the inner edge of the rail sole

Figure 6 shows the graphs of the maximum edge stresses that occur when passing through the measuring cross section of the shunting locomotive CKD6e. In the outer edge, the dependence is almost linear. The greatest value in the outer edge (107 MPa for the forward and reverse travel) was recorded at a speed of 80 km/h, the smallest (56 MPa at the back pass) - at a speed of 25 km/h. In the inner edge, a maximum (53 MPa) is observed at a speed of 40 km/h and a minimum (44 MPa) at a speed of 60 km/h. With the return pass. At speeds of 25 and 80 km/h, the voltages (50 MPa) are equivalent, both for forward and reverse flight of the crew. At a speed of 40 km/h, the voltage at the reverse travel of the rolling stock (from Almaty to Chu) corresponded to the stresses at speeds of 25 and 80 km/h and was equal to 50 MPa.

From the analysis of the graphs shown in Fig. 7, representing the dependences of the maximum observed edge stresses arising from the passage through the measuring section of the VL-80s electric locomotive, it follows that in the speed range from 40 to 80 km/h, a sharp jump occurs in the outer edge of the rail foot. Stresses from 100 to 192 MPa at the forward stroke. And at a speed of 25 km/h, the voltage (110 MPa) exceeded the voltage (100 MPa) corresponding to a speed of 40 km/h. At the reverse stroke, the voltage increases less sharply – from 100 MPa at a speed of 25 km/h to 156 MPa at a speed of 80 km/h.

In the inner edge of the rail sole during a straight run, with an increase in the speed of the composition from 25 to 40 km/h, an increase in stresses from 69 to 72 MPa is observed, with a further increase in speed from 40 to 80 km/h, the stress drops to 47 MPa. When the speed of the convoy increases from 25 to 40 km/h, the voltages increase from 64 to 75 MPa, at a speed of 60 km/h decrease to 73 MPa, and with an increase in speed to 80 km/h, they drop to 47 MPa.

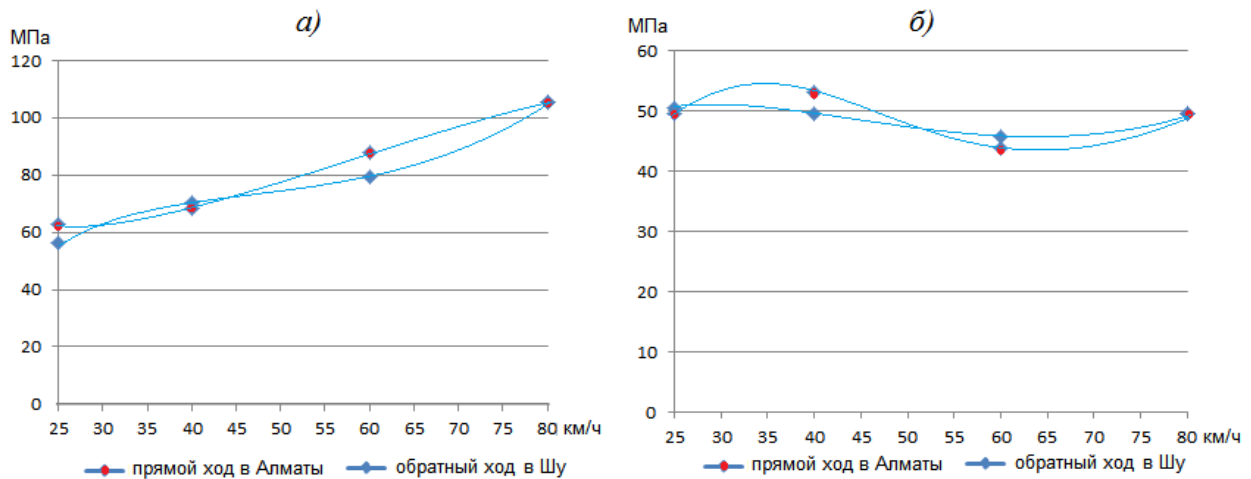


Figure 6 – Maximum stresses due to the effect of the locomotive CKD6e:
a)- the outer edge of the rail sole, b) - the inner edge of the rail sole

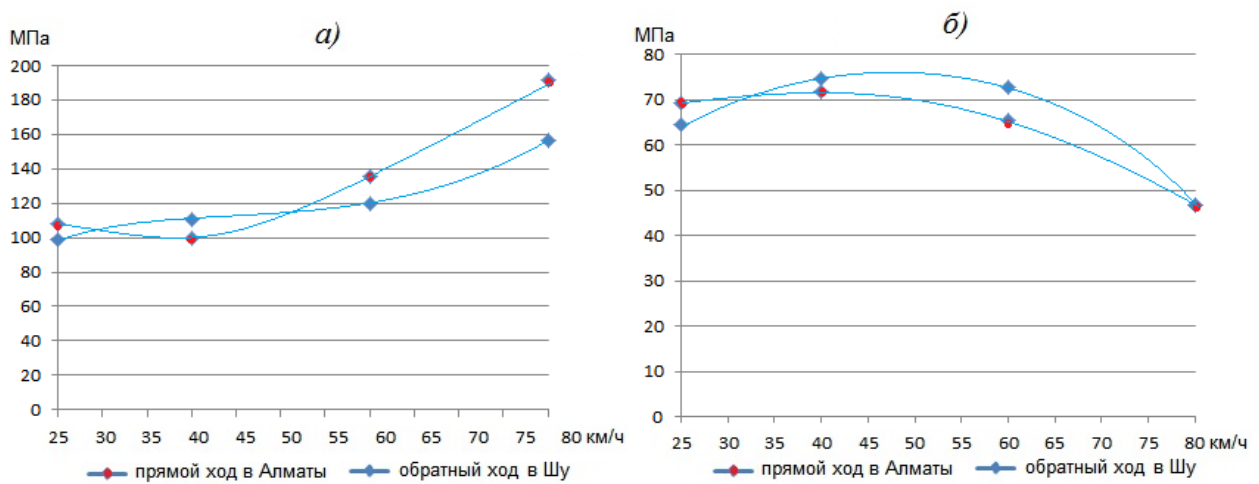


Figure 7 – Maximum voltage from the impact of an electric locomotive VL-80s:
a)- the outer edge of the rail sole, b) - the inner edge of the rail sole

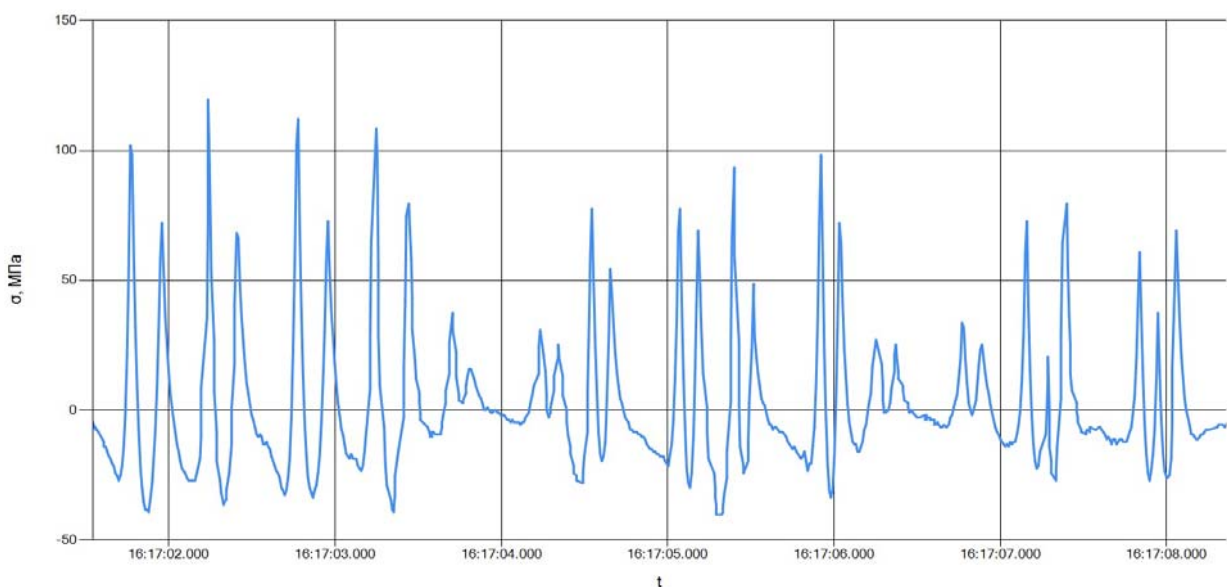


Figure 8 – Diagram of stresses in the outer edge of the rail sole (reverse stroke)

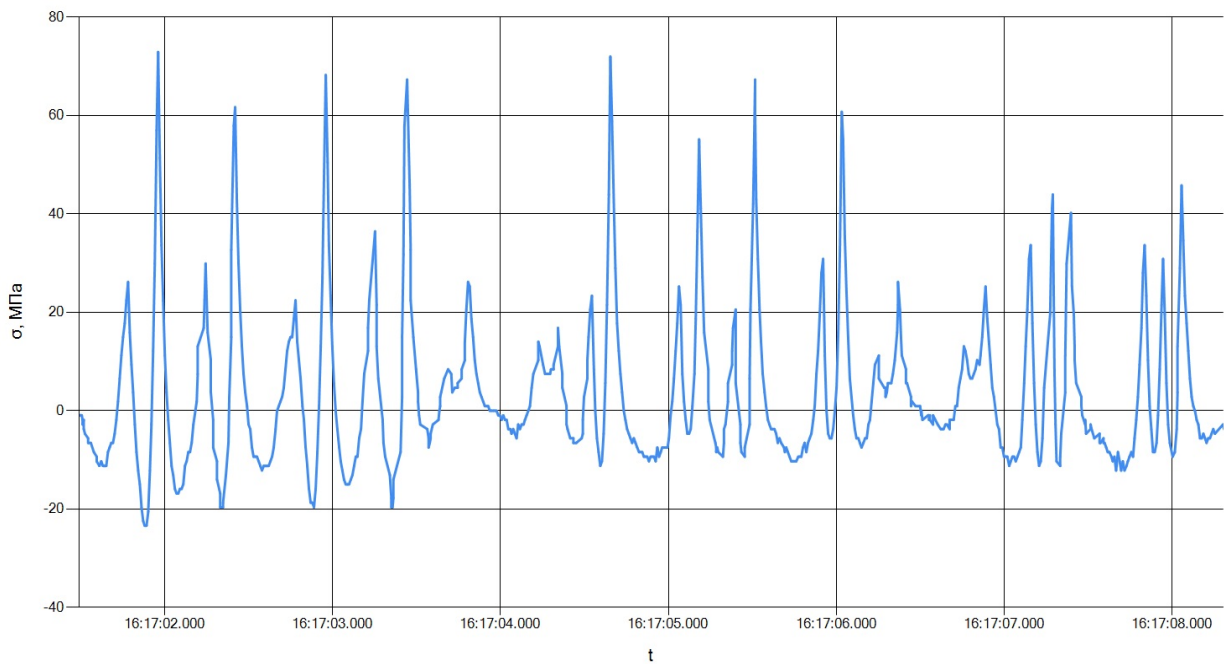


Figure 9 – Diagram of stresses in the inner edge of the rail sole (reverse stroke)

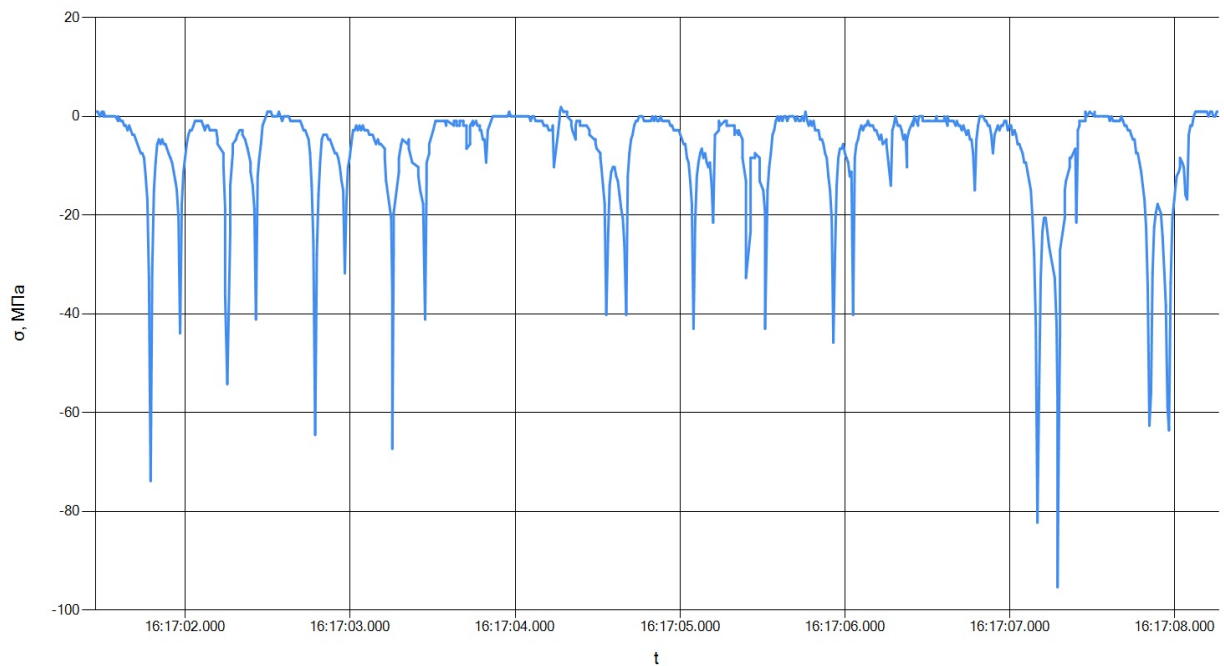


Figure 10 – Diagram of stresses in the neck of the rail (reverse stroke)

Dynamic impact on the rail of an experimental train is clearly illustrated by the following diagrams of stresses in the outer (figure 8) and internal (Figure 9) edges of the rail sole. Composition was held at a speed of 60 km/h from Almaty to Chu (reverse motion). It can be seen that empty gondolas 12-9920 exert less force on the rail than gondolas 12-9941. The impact of loaded gondola cars 12-9920 is almost equivalent to the effect of loaded gondola cars 12-9941. This can be explained by the improved characteristics of the spring suspension of the gondola 12-9920.

Figure 10 shows a diagram of measured stresses in the neck of the rail, and in Figure 11 - the distribution of calculated normal vertical stresses in the rail. It can be seen that the measured voltages are comparable with the design stresses.

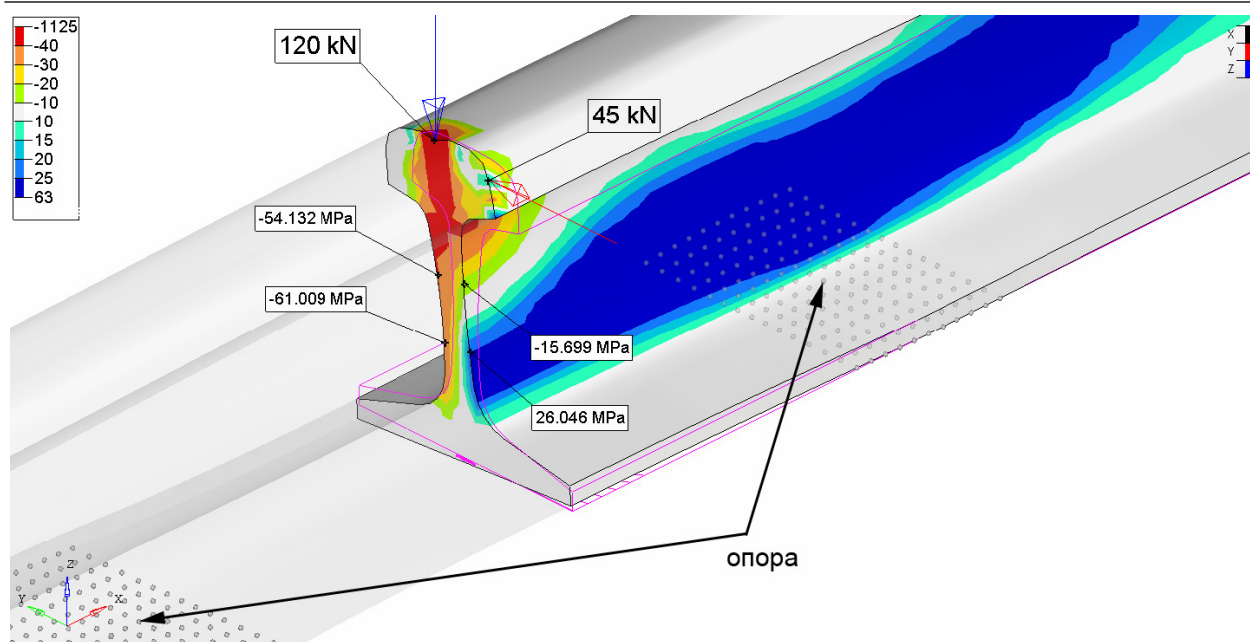


Figure 11 – Distribution of normal vertical stresses in the rail, MPa.
Vertical force 120 kN, lateral force 45 kN, loads between supports

Conclusions. If to judge the impact on the path from the measured edge stresses and stresses in the rail neck in this section, then the 12-9920 (25 ton) gondola cars look more preferable than the gondolas 12-9941 (23.5 tons). This circumstance can be explained by the improved characteristics of spring suspension of gondola cars 12-9920.

The increase in the weight norms of freight trains, without the cost of reconstructing the infrastructure, is quite possible with the operation of modernized freight wagons with an axial load of 245 kN (25 tons).

REFERENCES

- [1] GOST R 55050-2012 "Railway rolling stock. Norms of permissible impact on the path and test methods". [Text]. M.: Standardinform, 2013. 29 p.
- [2] Kuanyshhev B.M., Kvashnin M.Ya. Estimation of the effectiveness of reinforcement of railroad bridges with composite material // Bishkek: Bulletin of KSUCTA. 2016. N 1(51). P. 238-244.
- [3] Kvashnin M.Ya., Bondar IS, Rystygulov PA, Kystaubayev S.B. Experimental studies of railway bridges reinforced with composite material // Proceedings of the Sixteenth Scientific and Practical Conference "Traffic Safety". M.: MGUPS (MIIT), 2015. Vol. II. P. II-43 - II-47.
- [4] Kvashnin M.Ya., Burombaev S.A., Bondar I.S., Zhangabylova A.M. Influence of vibrodynamic effects of locomotives with high axial loads on the railway. Way and beam reinforced concrete. Span structures of bridges // Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference "Modern problems of design, construction and operation of the railway track". Readings dedicated to the memory of Professor G.M. Shahunyants. M.: MGUPS (MIIT), 2015. P. 163-166.
- [5] Kvashnin M.Ya., Bondar IS, Zhangabylova A.M. Monitoring the impact of rolling stock on beam span structures of railway bridges // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Transport Science and Innovations", dedicated to the message of the President of the Republic of Kazakhstan N. A. Nazarbayev "Nurly Zhol – the way to the future". Almaty: KazATK, 2015. P. 275-279.
- [6] Burombaev S.A., Kvashnin M.Ya. Diagnostics and monitoring of artificial structures of trunk lines of JSC "NC" KTZh". Almaty: Bulletin of KazATK, 2016. N 3(98). P. 39-58.

В. Г. Солоненко, Н. М. Махметова, М. Я. Квашнин, С. Е. Бекжанова

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМ ӘСЕРІНДЕГІ РЕЛЬСТІҢ КЕРНЕУІН АНЫҚТАУ

Аннотация. Қисықтың радиусы 380 м кезіндегі жиектік және рельс мойынтиегіндегі кернеудің өлшеу нәтижелері келтірілген.

Алматы–Чу желісінде орналасқан учаскедегі, СКDe-2108 тепловозының, 12-9941 және 12-9920 жартылай жүк вагондарының жолға әсерін анықтауға арналған сынақ кезінде, қисықтың радиусы 380 м болған кезіндегі жиектік және рельс мойынтиегіндегі кернеудің өлшеу нәтижелері келтірілген. Табан жиегіндегі және рельс мойынтиегіндегі кернеудің сынақ жүргізуге арналған жылжымалы құрамның жылдамдығына тәуелділігі алынған. Кернеуден бүйірлік күштерге көшу мүмкіншілігі қарастырылған.

Түйін сөздер: темір жол, рельс, жиектік кернеу, рельс мойынтиегіндегі кернеу, вертикаль және бүйірлік күштер, сынақ жүргізетін жылжымалы құрам, кіші радиусты қисық.

В. Г. Солоненко, Н. М. Махметова, М. Я. Квашнин, С. Е. Бекжанова

Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В РЕЛЬСЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Аннотация. Представлены результаты измерений кромочных напряжений и напряжений в шейке рельса в кривой радиусом $R=380$ м, полученные при испытаниях по воздействию на путь тепловоза СКD6е-2108, грузовых полувагонов 12-9941 и 12-9920, на участке железнодорожной линии Алматы–Чу. Получены зависимости напряжений в кромках подошвы и шейке рельса от скорости испытываемого подвижного состава. Рассмотрена возможность перехода от напряжений к боковым силам.

Ключевые слова: железнодорожный путь, рельс, кромочные напряжения, напряжения в шейке рельса, вертикальные и боковые силы, испытываемый подвижной состав, кривая малого радиуса.

Information about authors:

Solonenko Gelevich Vladimir – Professor, the Kazakh Academy of Transport and Communications, v.solonenko@mail.ru

Makhmetova Narzankul Musaevna – Professor, the Kazakh Academy of Transport and Communications, makhmetova_n1958@mail.ru

Kvashnin M.Ya. – The Kazakh Academy of Transport and Communications,

Bekzhanova Saule Ertaevna – Professor, the Kazakh Academy of Transport and Communications

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 270 – 276

**Zh. U. Myrkhalykov¹, T. S. Bazhirov¹, A. F. Kemalov²,
R. A. Kemalov², K. K. Syrmanova¹, Ye. T. Botashev¹**

¹M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,

²Kazan Federal University, Kazan, Russian.

E-mail: tynlybek.bazhirov@gmail.com

**ASSESSMENT OF INHIBITIVE PROPERTY OF SULFUR
AS A FILLER OF POLYMER MATERIALS WITH A VIEW
TO REDUCE TECHNOGENIC IMPACT ON ECOLOGY**

Abstract. According to modern representations bitumen polymer compositions are dispersions of polymers with bitumens. The important stage of creation of durable insulating materials is their inhibition in consequence of oxidation processes in conditions of their application. In this connection the most acceptable substance is sulfur-containing compounds, which effectively perform this role. Currently sulfur production is sharply marked from the number of other extractive industries that from the ecological point of view the most important problem is not achievement of sustained development condition by the sulfur production, but solution of problems of safe storage or even disposal of extracted sulfur. As against other extractive industries, which main efforts are focused on the search of more effective methods of production of required component against its decreasing world reserves, leading companies in sulfur industries worried first of all by the search of new ways for safe management by extracted by them resource.

Keywords: oil dispersed systems, film-forming substances, petrochemistry, thermoplastic resins, sulfur, pigments, physical-mechanical, insulating properties of coatings.

УДК 543.422.25

**Ж. У. Мырхалыков¹, Т. С. Бажиров¹, А. Ф. Кемалов²,
Р. А. Кемалов², К. К. Сырманова¹, Е. Т. Боташев¹**

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

²Казанский федеральный университет, Казань, Российская Федерация

**ОЦЕНКА ИНГИБИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕРЫ
В РОЛИ НАПОЛНИТЕЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ
УМЕНЬШЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЮ**

Аннотация. Согласно современным представлениям битум полимерные композиции (БПК) – дисперсии полимеров с битумами. Важным этапом создания долговечных изоляционных материалов является их ингибирование в следствие протекающих окислительных процессов в условиях их применения. В этой связи наиболее приемлемым веществом является серосодержащие соединения, которые эффективно выполняют эту роль. В настоящее время производство серы резко выделяется из числа других добывающих отраслей тем, что с экологической точки зрения более важной проблемой является не достижение серной промышленностью состояния устойчивого развития, а решение вопросов безопасного хранения или даже захоронения добываемой серы. В отличие от других отраслей добывающей промышленности, где основные усилия направлены на поиск более эффективных методов получения требуемого компонента на фоне сокращающихся его мировых запасов, ведущие компании серной отрасли озабочены, прежде всего поиском новых путей безопасного обращения с добытым ими ресурсом.

Ключевые слова: нефтяные дисперсные системы (НДС), пленкообразующие вещества, нефтехимия, термопластичные смолы (ТПС), сера, пигменты, физико-механические, изолирующие характеристики покрытий.

Введение. Согласно современным представлениям БПК – раствор полимера в битуме. Исходя из этого крупные, разветвленные молекулы полимера, равномерно распределяясь по всей массе битума, как бы армируют его, сообщая битуму, эластичность и упругость, а также термостойкость, которые проявляются только при каком-то оптимальном количестве полимерных молекул, по-видимому, когда их концентрация такова, что они образуют непрерывную сетчатую структуру.

Получение пленкообразователя [1-3], т.е. совмещение спецбитума с компонентами проводилось двумя этапами: а) приготовление полимерного раствора, состоящего из образца термополимерной смолы (ТПС), полимерного пластификатора и ароматического растворителя (о-ксилола); б) совмещение полимерного раствора с образцом спецбитума.

Методы исследований. Для оценки защитных свойств полимеров (ДСТ, НМС, ПЦПД, АПП), были приготовлены БИМ [4]. Следует отметить, что полимеры вводились в количестве от 2 до 6 %масс., после распределения их в растворителе наносились на подложки и на 5 сутки проводились электрохимические исследования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение потенциала металла по отношению к стандартному водородному электроду от времени

Наименование полимеров / массовая концентрация		0 точка	1 час	3 час	5 час	7 час
ДСТ	2%	-325	-252	-178	-273	-169
	4%	-178	-153	-50	-148	-150
НМС	2%	-358	-283	-78	-103	-68
	4%	-313	-188	-62	-88	-158
ПЦПД	2%	-130	-138	-53	-118	-91
	4%	-178	-205	-120	-161	-148
АПП	2%	-220	-194	-155	-168	-161
	4%	-228	-228	-168	-253	-252
ТПС	2%	-214	-188	-133	-146	-129
	4%	-225	-158	-160	-178	-158
	6%	-338	-183	-146	-123	-119

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что наиболее эффективными ингибирующими характеристиками обладают полимеры НМС и ДСТ с критической концентрацией структурообразования (ККС) 2 и 2–2,5 мас. % соответственно, а также следует особо обратить внимание на защитный барьер, возникающий при введении 8 мас. % ТПС, а именно при 5 и 7 часовом воздействии в растворе электролита, когда происходит пассивация поверхности подложки, изолированной битум-полимерным пленкообразователем.

Результаты исследований

Влияние элементной серы как пластификатора на процессе ингибирования битум-полимерного пленкообразователя. При изучении физико-механических свойств битумных изоляционных материалов (БИМ), а именно их адгезионно-прочностных свойств можно заключить о необходимости их физико-химического модифицирования с целью пластификации и исключения, таким образом, окислительной деструкции, то есть преждевременного старения. Вводимые пластификаторы в состав БИМ ослабляют энергии межмолекулярных взаимодействий в макроассоциатах битума, значительная часть которых разрушается и включается по принципу внутримицелярной или надмицелярной сольubilизации в мицелярную структуру ингибитора. Введение пластификатора в состав БИМ, как правило, несколько уменьшает прочность и твердость пленки, но значительно улучшает однородность и эластичность пленки, увеличивает ее удлинение при разрыве, повышает ее морозостойкость, то есть уменьшает хрупкость при низких температурах, но

главное улучшает изоляционные свойства Пк. Механизм действия пластификаторов заключается в повышении подвижности отдельных молекул или сегментов макромолекул полимеров, находящихся в устойчивом состоянии статического, полусвернутого клубка, за счет ослабления их молекулярных взаимодействий, либо в повышении подвижности ассоциатов (пачек) макромолекул за счет ослабления межфазовых взаимодействий или понижения степени кристалличности.

При выборе модифицирующего компонента БИМ исходили из того, что агент должен обладать как пластифицирующим действием, так и должен противостоять термоокислительной деструкции, то есть выполнять функции ингибитора-антистарителя в процессе эксплуатации битумного материала, наполненного пигментом. Вышеперечисленными свойствами и предъявляемым требованиям обладает элементарная сера, свойства которой соответствуют ГОСТ 126-79.

Сера при определенном ее содержании может образовывать за счет формирования сложных структурных единиц (ССЕ) сопряженные с имеющимися частицами дисперсной фазы пространственные структуры [5]. При этом свойства БИМ будут определяться этой новой пространственной сопряженной структурой. Уже при малых концентрациях эта добавка может оказывать структурирующий эффект, а при больших – пластифицирующий и наоборот; при малых концентрациях эффект будет пластифицирующий, а при больших – структурирующий. В первом случае, очевидно, это должно быть связано с тем, что при содержании выше определенного, добавка не сможет распределиться в дисперсионной среде, и будет играть роль шарниров при сдвиге. Во втором случае при определенном содержании ее окажется достаточно для того, чтобы образовать самостоятельную или сопряженную с частицами дисперсной фазы данной системы пространственную структуру.

Согласно исследованиям [4] показано, что для исключения окислительной деструкции битум-полимерных композиций (БПК) вводятся серосодержащие соединения, способные разлагать гидроперекиси. Это приводит к пластификации БПК. Методом рентгеноструктурного анализа обнаружено увеличение межплоскостного расстояния, характеризуемая плотностью упаковки конденсированных ароматических структур. Таким образом, применение серы как пластифицирующего агента битум-полимерных БИМ, существенно расширяет возможности их использования в различных условиях. Хорошо известно, что в смесях ароматических и парафино-нафтеновых УВ гораздо быстрее окисляются ароматические компоненты. Термоокислительные превращения остатков сернистых нефтей идут в режиме ингибированного окисления. Роль ингибитора окисления ароматических УВ выполняют сернистые соединения сульфидного типа, которые разрушают промежуточные продукты окисления – гидропероксиды, и процесс окисления идет по вырожденно разветвленному механизму. Подтверждением ингибирующего действия элементарной серы является исследование йодных чисел таблица 2.

Следует отметить, что йодным числом называется количество граммов йода, присоединяющегося к 100 граммам продукта. Методика определения йодного числа приведена.

Таблица 2 – Показатели йодных чисел растворов полимеров

	Состав растворов полимеров	Йодное число, мл/г
1	НПС - 8%, АПП - 2%	19,05
	НПС - 8%, АПП - 2% + Сера 1,5%	2,8713
2	НПС - 8%, ДСТ - 2%	19,177
	НПС - 8%, ДСТ - 2% + Сера 2%	5,9266
3	НПС - 8%, НМС - 2%	20,701
	НПС - 8%, НМС - 2% + Сера 2,5%	2,8575
4	НПС - 8%, НМС - 4%	17,5683
	НПС - 8%, НМС - 4% + Сера 2 %	2,7214
5	НПС - 8%, ПЦПД - 2%	18,542
	НПС - 8%, ПЦПД - 2% + Сера 2 %	1,1641
6	НПС - 8%, ПЦПД - 2%	18,542
	НПС - 8%, ПЦПД - 2% + Сера 1%	2,6554

Анализ таблицы 2 показывает влияние элементной серы на показатели йодных чисел в растворах полимеров. Таким образом, сера взаимодействует с двойными связями полимеров, а также будет взаимодействовать со свободными связями и радикалами, содержащихся в битуме и образующихся при тепловом и солнечном облучении, при химическом и механическом воздействии.

Для оценки защитных свойств, которые придает сера при ее совмещении с БИМ, были приготовлены покрытия. Следует отметить, что сера вводилась в количестве от 0,5 до 3 %масс. После распределения ее в полимерном растворе наносили на подложки после чего на 5 сутки проводили электрохимические исследования, результаты которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение потенциала металла по отношению к стандартному водородному электроду от времени

Наименование		0 точка	1 час	3 час	5 час	7 час
ДСТ	S-0,5%	-208	-167	-43	-18	-58
	S-1%	-124	-265	-103	-58	-25
	S-1,5%	-213	-103	-93	-10	-71
	S-2%	-288	-128	-83	-18	-48
	S-2,5%	-204	-175	-88	-78	-95
АПП	S-3%	-148	-98	-98	-53	-93
	S-0,5%	-155	-68	-158	-115	-126
	S-1%	-138	-53	-63	-118	-162
	S-1,5%	-171	-143	-88	-158	-165
	S-2%	-198	-148	-188	-195	-176
НМС	S-2,5%	-224	-118	-118	-142	-133
	S-3%	-170	-185	-148	-110	-105
	S-0,5%	-313	-178	-53	-87	-88
	S-1%	-223	-158	-163	-153	-150
	S-1,5%	-108	-228	-203	-193	-191
ПЦПД	S-2%	-268	-157	-101	-163	-146
	S-2,5%	-228	-68	-138	-128	-133
	S-3%	-123	-63	-168	-168	-167
	S-0,5%	-338	-168	-158	-147	-131
	S-1%	-243	-128	-168	-158	-143
ПЦПД	S-1,5%	-308	-163	-158	-126	-145
	S-2%	-288	-152	-126	-126	-188
	S-2,5%	-218	-133	-108	-156	-103
	S-3%	-215	-151	-198	-174	-160

Руководствуясь проведенными комплексными исследованиями наиболее оптимальная концентрация элементной серы в составе пленкообразователей – 2,5 мас. %.

Разработка физико-химической технологии пигментирования битум-полимерных материалов. Присутствие пигментов и наполнителей в органических Пк вызывает значительное изменение деформационно-прочностных свойств. Так пигментирование БИМ наряду с повышением оптических свойств Пк, приводит к увеличению изолирующей способности, внутренних напряжений, модуля упругости, а также адгезионно-прочностных свойств. Таким образом, готовим, состав пигментированного БИМ модифицированного ДСТ в которые входят расчетное количество отработанного хромсодержащего пигмента ИМ - 2201 и пленкообразователя.

Количество пигмента и пленкообразователя рассчитываем по методике [6].

Приготовленные суспензии пигментируем в диспергаторе, достигая значения дисперсности 30 мкм.

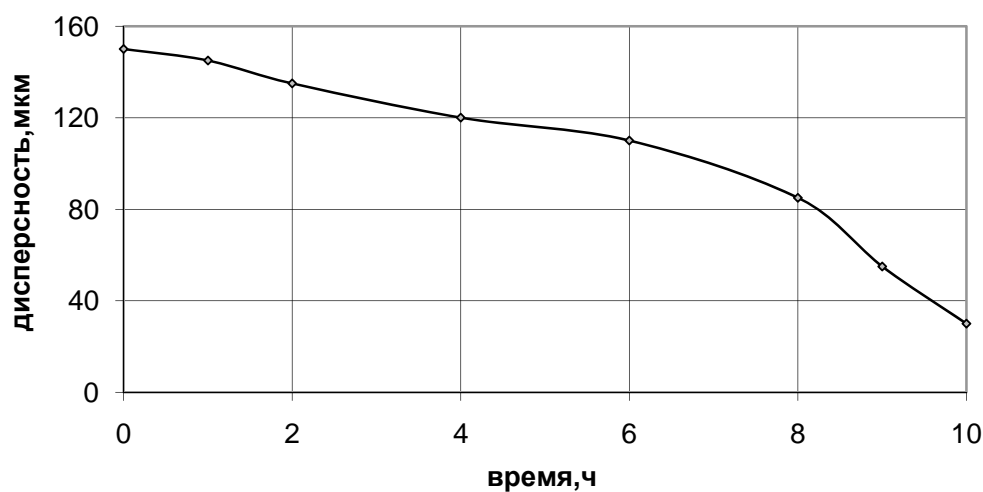


Рисунок 1 – График зависимости дисперсности от времени (суспензия 2)

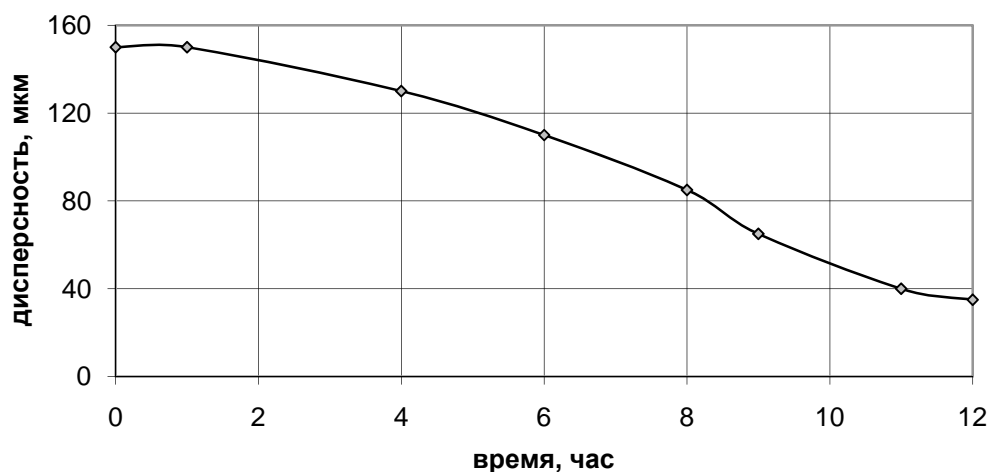


Рисунок 2 – График зависимости дисперсности от времени (суспензия 3)

Анализ физико-механических свойств, пигментированных БИМ представлен в таблицах 4–6.

Таблица 4 – Анализ физико-механических свойств, пигментированных БИМ модифицированных ДСТ (время выдержки 3 суток)

ОСП	Твердость по МЭ-3, усл. ед.	Изгиб, баллы	Твердость по ISO 15184, баллы	Адгезия, баллы
0,69	0,2626	2	0	1
0,56	0,2953	1	1	1
0,4	0,3209	1	2	1
0,24	0,3256	1	2	1
0,12	0,3674	1	2,5	1

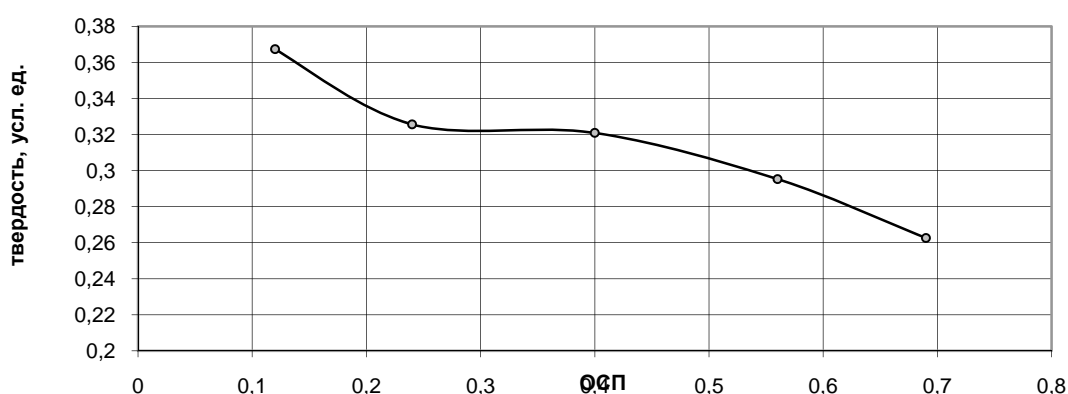


Рисунок 3 – Изменение твердости покрытия от содержания в нем пигмента

Таблица 5 – Анализ физико-механических свойств, пигментированных БИМ модифицированных ДСТ (время выдержки 7 суток)

ОСП	Твердость по МЭ-3, усл. ед.	Адгезия по ISO 4624, кгс/см ²	Твердость по ISO 15184, баллы	Адгезия, баллы
0,69	0,3050	2	0	1
0,56	0,3125	3	1	1
0,4	0,3546	5	2	1
0,24	0,3121	7	2	1
0,12	0,3807	9	2,5	1

Таблица 6 – Анализ физико-механических свойств, пигментированных БИМ модифицированных НМС (время выдержки 3 суток)

ОСП	Твердость по МЭ-3, усл. ед.	Изгиб, баллы	Твердость по ISO 15184, баллы	Адгезия, баллы
0,69	0,3659	3	0	1
0,59	0,5193	2	1	1
0,46	0,5080	1	2	1
0,31	0,4625	1	2	1
0,2	0,2920	1	3	1

Выводы. Отметим, что чем меньше пигмента, металлосодержащего порошка высокой агрегативной устойчивости к разрушению при диспергировании и, таким образом, меньше ОСП, тем ниже твердость и выше адгезионно-пластичные свойства Пк.

По проведенным физико-механическим исследованиям пигментированных БИМ модифицированных полимерами, видно, что полимеры являются важной составляющей битумного пленкообразователя, т.к. значительно повышаются твердость и адгезия покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кемалов Р.А. Пигментированные битумные изоляционные лакокрасочные материалы: состав, свойства, применение (статья) / Кемалов Р.А., Кемалов А.Ф. // Экспозиция Нефть Газ. – 6/Н (80) ноябрь 2008 г.
- [2] Кемалов А.Ф. Исследование дисперсного состояния полимерных систем с целью получения высококачественных битум-полимерных материалов / Кемалов А. Ф., Кемалов Р. А. // Химия технология топлив и масел. – 2012. – № 5. – С. 3-7.
- [3] Kemalov A.F. Relationship Between the Structural-Group Composition and Physicochemical Properties of Insulating Primers for the Protection of Oil and Gas Equipment / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov World Applied Sciences Journal 23 (7): 892-897. – 2013.

- [4] Кемалов Р.А. Модифицированные специальные битумы и лакокрасочные материалы на их основе: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Казань, 2003. – 20 с.
- [5] Кемалов А.Ф. Научно-практические основы физико-химической механики и статистического анализа дисперсных систем: Учебное пособие / Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А. – Казань: КГТУ, 2008. – 472 с.
- [6] Кемалов Р.А. Защитные лакокрасочные покрытия на основе продуктов нефтехимического сырья: учебное пособие / Кемалов Р.А., Кемалов А.Ф. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008. – 178 с.

REFERENCES

- [1] Kemalov R.A. Pigmentirovannyye bitumnyye izolyatsionnyye lakokrasochnyye materialy: sostav, svoystva, primeniye (stat'ya) / Kemalov R.A., Kemalov A.F. Ekspozitsiya Neft' Gaz, 6/N (80) noyabr' 2008.
- [2] Kemalov A.F. Issledovaniye dispersnogo sostoyaniya polimernykh sistem s tsel'yu polucheniya vysokokachestvennykh bitum-polimernykh materialov / Kemalov A.F., Kemalov R.A. // Khimiya tekhnologiya topliv i masel. 2012. N 5. P. 3-7.
- [3] Kemalov A.F. Relationship Between the Structural-Group Composition and Physicochemical Properties of Insulating Primers for the Protection of Oil and Gas Equipment / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov World Applied Sciences Journal 23 (7): 892-897. 2013.
- [4] Kemalov, R.A. Modifitsirovannyye spetsial'nyye bitумы i lakokrasochnyye materialy na ikh osnove: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Kazan, 2003. 20 ps.
- [5] Kemalov A.F. Nauchno-prakticheskiye osnovy fiziko-khimicheskoy mekhaniki i statisticheskogo analiza dispersnykh sistem: Uchebnoye posobiye / Kemalov A.F., Kemalov R.A. Kazan: KGTU, 2008. 472 p.
- [6] Kemalov R.A. Zashchitnyye lakokrasochnyye pokrytiya na osnove produktov neftekhimicheskogo syr'ya: Uchebnoye posobiye / Kemalov R.A., Kemalov A.F. Kazan: Izd-vo Kazan. gos. tekhnol. un-ta, 2008. 178 p.

**Ж. У. Мырхалыков¹, Т. С. Бажиров¹, А. Ф. Кемалов²,
Р. А. Кемалов², К. К. Сырманова¹, Е. Т. Боташев¹**

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан,
²Казан федералдық университеті, Ресей

ЭКОЛОГИЯҒА ТЕХНОГЕНДІК ӘСЕРІН ТӨМЕНДЕТУ МАҚСАТЫНДА ПОЛИМЕРЛІ МАТЕРИАЛДАРДЫ ТОЛЫҚТЫРҒЫШ РӨЛІНДЕГІ КҮКІРТТІҢ БАЯУЛАТҚЫШ ҚАБІЛЕТТІЛІГІН БАҒАЛАУ

Аннотация. Замануи түсінікте битум полимерлі композиция (БПК) –полимерлердің битуммен дисперсиясы. Төзімді оқшаулау материалдарын жасаудағы маңызды кезең оларды қолдану жағдайында ағымдағы тотығу процестері салдарынан оларды баяулату болып табылады. Осыған байланысты жарамды зат болып табылатын бұл рөлді тиімді атқарушы, күкірт құрамды байланыстарды қолдану тиімді болып табылады. Қазіргі уақытта күкірт өндірісінің басқа кен игеру салаларынан, экологиялық көзқараста маңызды мәселе күкірт өндірісін тұрақты дамытуға қол жеткізу емес, өндірілетін күкіртті қауіпсіз сақтау немесе көміп тастау мәселелерін шешуде болып табылатыныменерекшеленеді. Дүниежүзілік қорлардың азаюы аясында негізгі күштерін қажет компоненттерді алудың тиімді әдістерін іздеуге бағытталған, басқа кен игеру салаларынан, күкірт өндіру саласындағы алдыңғы қатардағы компаниялар ең алдымен олармен алынған ресурстарды қауіпсіз қолданудың жаңа жолдарын іздеумен ерекшеленеді.

Түйін сөздер: мұнай дисперстік жүйелері (МДЖ), қабыршақ түзуші заттар, мұнай химиясы, термопластикалық шайырлар (ТПШ), күкірт, пигменттер, жабындардың физика-механикалық, оқшаулағыш қасиеттері.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 277 – 282

V. V. Korobkin¹, I. B. Samatov², Zh. S. Tulemissova¹¹JSC «Kazakh-British technical university», Almaty, Kazakhstan,²LLP «Institute of the Geological Sciences named after K. I. Satpayev», Almaty, Kazakhstan**CONDITES OF THE RECEIVED MATERIALS
FOR THE MANUFACTURE OF KERAMZITES
FROM WASTE PRODUCTS FROM THE PRODUCTION OF STONES
OF MINING INDUSTRY OF SOUTH KAZAKHSTAN**

Abstract. The issues of production of lightweight aggregates for concrete from waste from processing igneous rocks are considered. For this purpose, complex geological, mineralogical and petrographic methods were used to study granites and rhyolites suitable for stone production. The data of rock studies using chemical, thermal, X-ray diffraction analyzes are given. Further, the burden of granites and rhyolites was subjected to high-temperature tests in a chamber furnace LHT 04/16 (Nabertherm) with a dynamic temperature increase from 50 to 1200 ° and further to a temperature of 1450 °C. The temperature rise was controlled by the set time, after which the thermal installation automatically switched to the next heating mode – at $T^{\circ} \rightarrow \text{constant}$. The process of the furnace thermal exposure to the sample was completed by free cooling of the system. The work of the thermal installation is carried out according to the following scheme: 1) heating in conditions of dynamic temperature rise; 2) isothermal regime (thermal effect); 3) free cooling of charge.

It is established that firing of granites and occurs in the following sequence: 1) general dehydration of the system (60-200 ° C); 2) melting (beginning of softening) of volcanic glass - obsidian (600 ° C and above); 3) thermal dissociation of kaolinite, (500-650 ° C); 4) the decomposition of muscovite in the rock (dehydration and restructuring of the lattice within 800-1000 ° C); 5) the formation of second-generation mullite consisting of feldspars and kaolinite decomposition products (950 ° C and higher); 6) complete destruction of muscovite with the formation of acicular mullite and amorphous phase (1100-1200 ° C); 7) material shrinkage (800-1300 ° C); 8) ordering the sizes of pore spaces on the basis of oriented seals, not molten silicon particles; 9) the formation of new mini-pores on the basis of bubble spaces in the liquid phases of mullite (950-1300 ° C); 10) obtaining claydite.

Technological properties of claydite obtained from the burden of granites (strength, lightness, fire resistance, heat and noise insulating characteristics, etc.) are in no way inferior to the physic mechanical parameters of expanded clay obtained from other types of raw materials

Key words: expanded clay, igneous rocks, granites, rhyolites, thermal, X-ray phase and microprobe analyzes calcinations and melting of batch of high-temperature furnace.

УДК 622.85:504.06

В. В. Коробкин¹, И. Б. Саматов², Ж. С. Тулемисова¹¹АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан.²ТОО «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева», Алматы, Казахстан**КОНДИЦИИ ПОЛУЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМЗИТОВ
ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КАМНЕЙ
ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА**

Аннотация. Рассматриваются вопросы производства легких заполнителей для бетонов из отходов переработки магматических пород. Для этого были проведены комплексные геологические, минералогические и

петрографические методы изучения гранитов и риолитов пригодных для камнелитного производства. Приведены данные изучения пород методами химического, термического, рентгеноструктурного анализов. Далее шихта гранитов и риолитов подвергалась высокотемпературным испытаниям в камерной печи LNT 04/16 (Nabertherm) при динамическом росте температуры от 50 до 1200° и далее до температуры 1450°C. Подъем температуры контролировался заданным временем, по истечению которого термическая установка автоматически переключалась в следующий режим нагревания – при $T^{\circ} \rightarrow \text{constant}$. Процесс термического воздействия печи на пробу завершался свободным охлаждением системы. Работа термической установки осуществляется по следующей схеме: 1) нагрев в условиях динамического подъема температуры; 2) изотермический режим (термического воздействия); 3) свободное охлаждение шихты.

Установлено, что обжиг гранитов и происходит в следующей последовательности: 1) общая дегидратация системы (60-200°C); 2) плавление (начало размягчения) вулканического стекла – обсидиана (600°C и выше); 3) термическая диссоциация каолинита, (500-650°C); 4) разложение мусковита, входящего в состав породы, (дегидратация и перестройка решетки в пределах 800-1000°C); 5) образование муллита второй генерации состоящего из полевых шпатов и продуктов распада каолинита (950°C и выше); 6) полная деструкция мусковита с образованием игольчатого муллита и аморфной фазы (1100-1200°C); 7) усадка материала (800-1300°C); 8) упорядочивание размеров поровых пространств на основе ориентированных уплотнений, не расплавленных частиц кремнистого состава; 9) формирование новых мини пор на базе пузырьковых пространств в жидких фазах муллита (950-1300°C); 10) получение керамзита.

Технологические свойства полученных керамзитов полученных из шихты гранитов (прочность, легкость, огнестойкость, тепло- и шумоизолирующие особенности и пр.) ни в чем не уступает физико-механическим параметрам керамзитов получаемых из других видов сырья.

Ключевые слова: керамзит, магматические породы, граниты, риолиты, термический, рентгенофазовый и микронзондовый анализы, обжиг и расплавление шихты высокотемпературной печи.

Производственный процесс получения керамзита состоит в обжиге природного минерального сырья, что позволяет получить структуру легкого пористого материала. Керамзит безопасен в работе и обладает свойствами экологически безопасного строительного материала, имеет пористую структуру, обладающую звуко- и теплоизоляционными свойствами. Морозостойкость керамзита выдерживает циклы от пятнадцати до пятидесяти единиц. Показатели влагостойкости керамзита высоки. Благодаря своим свойствам, он используется в основных отраслях строительства [1-4]. В качестве природного материала для производства керамзита были выбраны отходы производства со строительных карьеров (гранитов и риолитов), для этого были отобраны технологические пробы с Кордайского, Куртинского и ряда других объектов [5, 6]. Обжиг порошковых проб производился на высокотемпературной установке марки Nabertherm LNT 04/16 (Германия), позволяющая проводить термические испытания в пределах 20-1650°C в условиях динамического подъема температуры и в изотермическом режиме нагревания.

Термическая обработка гранитов с Кордайского карьера осуществлялась в условиях градиентного нагревания печи до 1300°C в течение тридцати минут. Дальнейший обжиг переключался на изотермический режим, длительность которого ограничивалась сорока минутами. Процесс нагревания заканчивался свободным (не принудительным) охлаждением печи. Полный цикл указанного программного прокаливания образца можно свести к следующей последовательности параметрических показаний – 1300°C (5', 30', 40'), где обозначения в скобках – время ожидания эксперимента, время динамического и изотермического режимов работы термического устройства соответственно.

Исследуемая шихта в выбранных температурно-хронологических условиях эксперимента преобразовалась в прочный слиток с плотно упакованными зернами не активизированных включений, по-видимому, кварца и калиевого полевого шпата. Поверхность, указанного агрегата, покрыта глазурью из стекла природного происхождения (рисунок 1). На тыльной же стороне керамического композита, в области соприкосновения его с тиглем, глазурь отсутствует, при его раскалывании на профилях сколов видны мельчайшие поры, образованные в результате плавления. Обжиг шихты повлек за собой такие изменения, как термическая усадка и уменьшение массы исходного материала. Усадка исходного образца произошла в результате обжига и наличия больших поровых пространств в шихте. Снижение исходного веса пробы произошло вследствие дегидратации, которая облегчила систему на 1,2% (0,8% – до 1000°C и 0,4% в интервале температур 1000-1300°C).

При проведении испытаний, касающихся выявления оптимальных режимов обжига каменного материала, было установлено, что свойства материалов получаемых при обжиге, зависят от многих факторов эксперимента. Главными из них являются минеральный и вещественный состав исходного образца, степень его дисперсности, а также температур нагревания в цикле конкретного сеанса обжига.



Рисунок 1 – Фотоиллюстрация (7) продукта обжига образца К-1-15 (гранит Кордайского месторождения); температурно-хронологические параметры обжига каменного материала в условиях высокотемпературного нагревания – 1300°C (5', 40', 30')

Figure 1 – Photographic illustration (7) of the roasting product of sample K-1-15 (granite of the Kordai deposit); temperature-chronological parameters of firing of stone material under high-temperature heating conditions – 1300 °C (5', 40', 30')



Рисунок 2 – Фотоиллюстрация (8) продукт обжига образца К-2-15 (гранит Кордайского месторождения); температурно-хронологические параметры обжига каменного материала в условиях высокотемпературного нагревания – 1300°C (5', 40', 30')

Figure 2 – Photographic illustration (8) firing product of sample K-2-15 (granite of Korday deposit); temperature-chronological parameters of firing of stone material under high-temperature heating conditions – 1300 °C (5', 40', 30')

В другой пробе кордайских гранитов (рисунок 2) в результате обжига в режиме 1300°C (5', 40', 30') был получен композитный керамический слиток аналогичный рисунку 1. Так близость внешних очертаний, форм и однотипность физических свойств, сравниваемых продуктов прокаливания, обусловлена тождественностью составов рассматриваемых гранитов. В связи с этим, при нагревании дисперсной части рассматриваемых магматических пород в данной системе протекают следующие физико-механические процессы, такие как усадка шихты, образование изотропных мини пор и формирование муллита и вулканического стекла.

Также было установлено, что природа точечных крапинок прослеживаемых на обеих сторонах сравниваемых керамических формирований принадлежат микроскопическим частицам пирита, равномерно, рассеянными по всему телу образца. Процентный состав данного сульфида в составах гранитов весьма мал. Содержание его в шихте ниже пределов чувствительности аппаратных средств, на которых выполнялись анализы данных образцов.

Граниты с участка Жарык (Куртинский массив), при нагревании в режиме – 1300°C (5', 40', 30') претерпели все этапы становления из порошкообразного вещества в керамический композитный материал, рисунок 3. Термическое поведение исследуемого гранита при предварительном нагревании его в интервале 20-1000°C, уже описывалось нами [5, 6]. Здесь из термогравиметрической (TG) кривой видно, что система теряет вес в три этапа – в интервалах температур 20-200, 200-560 и 560-1000°C, в количестве 0,55%(H₂O), 0,55%(ОН) и 0,35%(ОН) соответственно. С учетом этих выбросов и потери веса в 0,2%, зафиксированного в промежутке 1000-1300°C общая масса образца стала ниже всего на 1,65%. Однако главным достоинством получаемой продукции при обжиге

гранита является опережение роста его объема над снижением веса и термической усадкой спекаемого материала. Подобное приращение объема обеспечивается путем увеличения числа пор в теле керамического образования.



Рисунок 3 – Фотоиллюстрация (10) продукта обжига образца К-10-15 (гранит, месторождение Курты, участок Жарык); температурно-хронологические параметры обжига каменного материала в условиях высокотемпературного нагрева – 1300°C (5', 40', 30')

Figure 3 – Photographic illustration (10) firing product sample K-10-15 (granite, deposit Kurta, plot Zharyk); temperature-chronological parameters of firing of stone material under high-temperature heating conditions – 1300 °C (5', 40', 30')



Рисунок 4 – Фотоиллюстрация (10) продукта обжига образца К-11-15 (гранит месторождения Корты, участок Жолпактас); температурно-хронологические параметры обжига каменного материала в условиях высокотемпературного нагрева – 1300°C (5', 40', 30')

Figure 4 – Photographic illustration (10) firing product sample K-11-15 (granite deposit Corta, Zholpaktas); temperature-chronological parameters of firing of stone material under high-temperature heating conditions – 1300 °C (5', 40', 30')

Гранитная шихта с участка Жолпактас (Куртинский массив) при обжиге в режиме 1300°C (5', 40', 30') образовала пористую керамическую массу серого цвета. Верхняя часть поверхности спекшегося материала, которая не соприкасалась с тиглем, покрыта тонким слоем глазури. На обеих сторонах данного вещества выступают темные пятна оксидов железа. Размеры этих крапин варьируют от величины <0,5 до 2 мм. Набор визуально выявленных черт спекшегося материала, отвечает параметрам описанных выше продуктов обжига не только в части формы, но и в части их физико-механических свойств (рисунок 4). По прочностным параметрам (на сжатие и излом), огнестойкости, по тепло- и шумоизолирующим свойствам, полученный продукт, не уступает материалам полученных при термической обработке гранитов из других рассмотренных выше месторождений.

Термическое преобразование шихты гранитов в керамический композитный материал происходит следующим образом: 1) общая дегидратация системы (60-200°C); 2) плавление (начало размягчения) вулканического стекла – обсидиана (600°C и выше); 3) термическая диссоциация каолинита, (500-650°C); 4) разложение мусковита, входящего в состав породы, (дегидратация и перестройка решетки в пределах 800-1000°C); 5) образование муллита второй генерации первообразным которых являлись полевые шпаты и продукты распада каолинита (950°C и выше); 6) полная деструкция мусковита с образованием игольчатого муллита и аморфной фазы (1100-1200°C); 7) усадка материала (800-1300°C); 8) упорядочивание размеров поровых пространств на основе ориентированных уплотнений, не расплавленных частиц кремнистого состава; 9) формирование новых мини пор на базе пузырьковых пространств в жидких фазах муллита (950-1300°C); 10) образование керамзита. Комплекс свойств керамзитов полученных из шихты гранитов (прочность, легкость, огнестойкость, тепло- и шумоизолирующие особенности и пр.) ни в чем не уступает физико-механическим параметрам керамзитов получаемых из других видов сырья [5, 6].

Для гранитов свойственна термическая инертность во всех исследуемых интервалах температур, за малым исключением в области $\sim 500^{\circ}\text{C}$ (полиморфное превращение SiO_2). Состав изучаемых гранитов имеет однотипный набор породообразующих минералов – доминируют кварц и полевые шпаты относительно других включений. Граниты в пределах указанных температур устойчивы к разрушению, не подвергаются деформации и сохраняют в своем составе большинство минеральных включений в первозданном виде. Исключением служит мусковит, входящий в состав рассматриваемых образований. Количество гидроксидов в данной слюде соответствует $\sim 0,3\%$, потеря которого при термической деструкции минерала не может принести испытываемому объекту сколь угодно малых разрушений. В связи с этим предлагаемая гранитная крошка, которая устойчива к высоким (свыше 1000°C) температурам, механическим давлениям и воздействиям различных химических сред, может стать надежным компонентом бетона, а при термическом обволакивании их керамической коркой, значимость его применения в сфере строительства резко возрастает. Все компоненты, слагающие гранит, могут при температурах кристаллизации расплавленного субстрата формировать вещества с заданными термомеханическими свойствами и структурными особенностями (пористость и промежуточные формы спекания шихты).

Риолиты представлены полиминеральным составом, среди которых присутствуют до $\sim 30\%$ глинистых и карбонатных минералов (нонтронит, мусковит, доломит и кальцит), содержащие в своих структурах до $5,3\%$ термически активных компонентов (H_2O , OH и CO_2), удаляющихся в атмосферу при температурах от 60 до 760°C . В силу наличия в составе риолита минералов из группы слоистых силикатов, непосредственная добавка их в бетон – нежелательна. Однако после незначительного регулирования количественного соотношения в системе нонтронит-кварц и коррекции температуры в программе нагревания рассматриваемого риолита, полученный продукт обжига вполне будет соответствовать всем нормативным параметрам строительного материала.

Таким образом, пылевидные и дисперсные отходы выработок гранитов (щебеночные отсеивы), могут служить готовым сырьем при термическом производстве легких гранулированных заполнителей бетона, которые по качеству и безопасности применения в строительстве, не только равноценны традиционным щебеночным материалам, но по ряду технических параметров превосходят их [7, 8]. Кроме того, мелкозернистые отходы гранита легко поддаются формовке с целью последующего обжига их в малогабаритных термических установках, с последующим изготовлением из литья, такой продукции, как например, облицовочные строительные плитки или тепло- и электроизоляционные изделия промышленного назначения.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы МОН РК, по приоритету: «Рациональное использование природных ресурсов, переработка сырья и продукции; прикладные научные исследования», по теме: «Разработка технологии производства легких заполнителей для бетонов из отходов переработки магматических пород и производство теплоизоляционных материалов из минерального сырья», № 85 от 27 февраля 2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ 9757-90 «Гравий, щебень и песок искусственные пористые (керамзитовые). Технические условия». Проверено 19 декабря 2009. Архивировано из первоисточника 21 марта 2012.
- [2] ГОСТ 32496-2013 «Заполнители пористые для легких бетонов» (Взамен ГОСТ 9757-90).
- [3] Природные облицовочные камни Казахстана. Справочник. – Т. II. – Алматы, 2000. – 150 с.
- [4] Сагунов В.Г. Рахман В. Б., Дюсенбаев А. Д. Облицовочные камни Казахстана: Атлас-каталог. – Алма-Ата, 1978. – 88 с.
- [5] Коробкин В.В., Саматов И.Б., Слюсарев А.П., Левин В.Л., Тулемисова Ж.С. Вопросы переработки магматических пород для производства легких заполнителей бетонов (керамзитов) // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2016. – № 5(419). – С. 125-132.
- [6] Коробкин В.В., Саматов И.Б., Слюсарев А.П., Тулемисова Ж.С. Состояние и качество минерально-сырьевой обеспеченности для производства легких заполнителей бетонов из отходов переработки магматических пород Казахстана // Вестник КРСУ. 2016. № 1, т. 17.
- [7] Кутолин В.А., Широких В.А. Петрозит: возможность возродить строительство крупнопанельного жилья // Проектирование и строительство в Сибири. – 2003. – № 4(16). – С. 24-27.
- [8] Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 364 с.

REFERENCES

- [1] GOST 9757-90 «Gravel, rubble and sand artificial porous (expanded clay). Technical conditions». Checked December 19, 2009. Archived from the source on March 21, 2012.
- [2] GOST 32496-2013 «Fillers porous for light concretes» (Instead of GOST 9757-90).
- [3] Natural facing stones of Kazakhstan. Directory. Vol. II. Almaty, 2000. 150 p.
- [4] Sagunov V.G., Rakhman V.B., Dyusenbaev A.D. Facing stones of Kazakhstan: Atlas-catalog. Alma-Ata, 1978. 88 p.
- [5] Korobkin V.V., Samatov I.B., Slyusarev A.P., Levin V.L., Tulemissova Zh.S. Questions of processing of igneous rocks for the production of light aggregates of concrete (expanded clay) // Izvestiya NAN RK. Series of geology and engineering. 2016. N 5(419). P. 125-132.
- [6] Korobkin V.V., Samatov I.B., Slyusarev A.P., Tulemissova Zh.S. The state and quality of mineral and raw materials for the production of light concrete fillers from waste from processing of magmatic rocks in Kazakhstan // Bulletin of the KRSU. 2016. N 1, vol. 17. P. 132-137.
- [7] Kutolin V.A., Shirokikh V.A. Petrosit: an opportunity to revive the construction of large-panel housing // Design and construction in Siberia. 2003. N 4(16). P. 24-27.
- [8] Gorlov Y.P., Merkin A.P., Ustenko A.A. Technology of heat-insulating materials. M.: Stroyizdat, 1980. 364 p.

В. В. Коробкин¹, И. Б. Саматов², Ж. С. Тулемисова¹

¹АҚ «Қазақстан-Британ техникалық университеті», Алматы, Қазақстан,

²ЖШС «Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты», Алматы, Қазақстан

**ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ТАУ-КЕН ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ҚҰРЫЛЫС ТАС ӨНДІРУ
ҚАЛДЫҚТАРДАН КЕРАМЗИТ ЖАСАУҒА АЛЫНҒАН
МАТЕРИАЛДАРДЫҢ КОНДИЦИЯЛАРЫ**

Аннотация. Қазақстан магмалық жыныстардың қайта өңдеу қалдықтарынан жеңіл бетон толтырғыштар өндіру мәселелері қаралған. Осы мақсатпен камнелиттің өндіруге жарамды граниттердің және риолиттердің кешенді геологиялық, минералогиялық және петрографиялық зерттеу әдістері жүргізілді.

Химиялық, термиялық, рентгенқұрылымдық талдаулар әдістерімен жыныстардың зерттеу мәліметтері көрсетілген. Гранит және риолит шихтасы ЛНТ 04/16 (Nobetherm) камералы пеште жоғары температуралы сынақтардан динамикалық температураның өсуі арқылы өткен, бірінші 50 ден 1200 дейін, одан әрі 1450 С дейін. Температура көтерілуі берілген уақытпен бақыланды. Уақыты өткен соң термиялық қондырғы T -> const кезінде келесі режимге автоматты түрде ауыстырылған. Пештің термиялық сынамаға әсер ету процесі жүйенің еркін тұнумен аяқталған. Термиялық қондырғының жұмысы келесі тәсімде: 1) динамикалық температура көтерілген жағдайда қыздырылуы; 2) изотермиялық режим; 3) шихтаның еркін тұнуы.

Гранит күйдіруі келесі ретте өтеді: 1) жүйенің жалпы гидратсыздануы (60-200С); 2) жанартау шынысының балқуы – обсидиан (600 С); 3) каолиниттың термиялық диссоциациясы (950С); 6) мусковиттің толық құрылымсыздануы, шанышпалы муллитпен және оның аморфты фазасы қалыптасуы (1100-1200С); 7) материал отыруы (800-1300С); 8) бағдарланған тығыздану негізінде, балқымаған кремниялық құрамды бөлшектердің кеңістік тесіктер мөлшерін реттеуі; 9) муллиттың сұйық фазасында көпіршікті кеңістіктік негізінде, жаңа кіші тесіктердің қалыптасуы; 10) керамзит шығаруы.

Гранит шихтасы арқылы алынған керамзиттердің технологиялық сиппатамалары (беріктік, жеңілдік, отқатөзімділік, жылу және дыбыс жұтатындық) басқа шикізаттан жасалған керамзиттердің физико-химиялық параметрлерден мүлде кем түспейді.

Түйін сөздер: керамзит, магмалық жыныстар, гранит, риолит, термиялық, рентгенфазалық және микронд талдаулары, жоғары температуралы пеште шихтаны күйдіру және балқуы.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 283 – 289

G. Yu. Abdugaliyeva¹, A. K. Kairakbaev², V. Z. Abdrakhimov³, M. K. Imangazin²¹East Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,²Kazakh-Russian International University, Aktyube, Kazakhstan,³Samara State Economic University, Samara, Russia.

E-mail: g_1102@mail.ru; kairak@mail.ru

ELECTRON-MICROSCOPIC STUDIES OF PHASE TRANSFORMATIONS OF EXPANDED CLAY ON VARIOUS STAGES OF ROASTING

Abstract. The article is devoted to electron-microscopic studies of phase transformations of expanded clay at various stages of roasting. The solution of this issue has an important scientific and practical significance in the production of ceramic products.

In the production of expanded clay the main clay raw materials are montmorillonite clays. Montmorillonite is able to absorb a large amount of water intensively, to hold it firmly and difficult to give off during drying, and also to swell strongly when moistened with an increase in volume up to 16 times. Clays, composed of montmorillonite, strongly swell in water and are very plastic.

For the production of expanded clay, the low-melting clay of the Smyshlyaevskoye deposit was used, which is a good intumescent raw material. Clay of the Smyshlyaevskoye deposit in terms of aluminum oxide content refer to semi-acid clays, and iron oxide content to the group with a high content of coloring oxides. According to the mineralogical composition, Smyshlyaev clay belongs to the group of montmorillonite clays.

To obtain information about phase transformations at various roasting temperatures of claydite, the electron microscope EMB-100BR, the "gap-through" method, a replica of the platinum carbon, was used. The samples were roasted in a laboratory oven specially designed at the university facility in accordance with the mode of a 40-meter rotating furnace.

As a result of the conducted studies, the features of phase transformations were established during the roasting of expanded clay based on montmorillonite clay with an increased content of iron oxides. It was found that in the expanded clay the appearance of glass phase and cristobalite is observed at 950 ° C, and crystallization of mullite at 1050°C. Studies have showed that when calcining claydite on the basis of montmorillonite clay, short-prismatic crystals of mullite are observed along with needle crystals, which is associated with a high content of Fe₂O₃ in the studied clay.

Keywords: expanded clay, roasting, electron microscopic microscope, mullite, montmorillonite clay.

УДК 666.591.69-12

Г. Ю. Абдугалиева¹, А. К. Кайракбаев², В. З. Абдрахимов³, М. К. Имангазин²¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан,²Казахско-Русский Международный университет, Актобе, Казахстан³Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия**ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КЕРАМЗИТА
НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОБЖИГА**

Аннотация. Статья посвящена электронно-микроскопическим исследованиям фазовых превращений керамзита на различных стадиях обжига. Решение этого вопроса имеет важное научно-практическое значение в производстве керамических изделий.

В производстве керамзита основным глинистым сырьем являются монтмориллонитовые глины. Монтмориллонит способен интенсивно поглощать довольно большое количество воды, прочно ее удерживать и трудно отдавать при сушке, а также сильно набухать при увлажнении с увеличением в объеме до 16 раз. Глины, состоящие из монтмориллонита, сильно набухают в воде и весьма пластичны.

Для производства керамзита использовалась легкоплавкая глина Смышляевского месторождения, которая является хорошо вспучивающимся сырьем. Глина Смышляевского месторождения по содержанию оксида алюминия относится к полукислым глинам, а по содержанию оксида железа – к группе с высоким содержанием красящих оксидов. По минералогическому составу смышляевская глина относится к группе монтмориллонитовых глин.

Для получения сведений о фазовых превращениях при различных температурах обжига керамзита использовался электронный микроскоп ЭМВ-100БР, метод «на просвет», реплика платиноуглеродная. Обжиг образцов проводился в лабораторной печи специально созданной в университете установки по режиму 40-метровой вращающейся печи.

В результате проведенных исследований установлены особенности фазовых превращений при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины с повышенным содержанием оксидов железа. Установлено, что в керамзите появление стеклофазы и кристобалита отмечается при 950°C, а кристаллизация муллита при 1050°C. Исследования показали, что при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины наряду с игольчатыми кристаллами наблюдаются и короткопризматические кристаллы муллита, что связано с высоким содержанием в исследуемой глине Fe_2O_3 .

Ключевые слова: керамзит, обжиг электронномикроскопический микроскоп, муллит, монтмориллонитовая глина.

Введение. Фазовый состав, текстура, морфологические особенности кристаллических фаз определяют главным образом эксплуатационные свойства керамических изделий [1-4]. Многочисленные исследования керамических изделий показывают, что конечными фазами, присутствующими в них, обычно является муллит, кристобалит, кварц, анортит, стекла в количествах, зависящих от исходного состава и условий технологической обработки [1, 5, 6]. Наличие примесей или специально введенных добавок (минерализаторов) может в значительной степени повлиять на процесс формирования керамического тела [1-6].

В производстве керамзита в качестве основного глинистого сырья, как правило, используются монтмориллонитовые глины.

Монтмориллонит способен интенсивно поглощать довольно большое количество воды, прочно ее удерживать и трудно отдавать при сушке, а также сильно набухать при увлажнении с увеличением в объеме до 16 раз. Размеры частиц монтмориллонита много меньше 0,001 мм. Глины, сложенные монтмориллонитом, сильно набухают в воде и весьма пластичны. На рисунке 1 представлены электронные микрофотографии различных монтмориллонитовых глин. Как видно из рисунка 1 глины Таганского и Смышляевского месторождений практически идентичны.

Глинистые материалы, применяемые в производстве керамзита, условно разделены на четыре группы. Первая группа представлена хорошо вспучивающимся сырьем, позволяющим в оптимальных условиях лабораторных обжигов по ступенчатому режиму термообработки получать образцы керамзита со средней плотностью в куске в пределах 0,2–0,5 г/см³ и с коэффициентом вспучивания свыше 4,5. К этой группе относятся глины Смышляевского и Таганского месторождений.

Для производства керамзита использовалась легкоплавкая глина Смышляевского месторождения, идентичная таганской, химический состав которой представлен в таблице 1, а минералогический – в таблице 2.

Как видно из таблицы 1, глина Смышляевского месторождения по содержанию оксида алюминия относится к полукислым глинам ($Al_2O_3 > 15\%$), а по содержанию оксида железа – к группе с высоким содержанием красящих оксидов ($Fe_2O_3 > 3\%$). По минералогическому составу смышляевская глина относится к группе монтмориллонитовых глин (таблица 2).

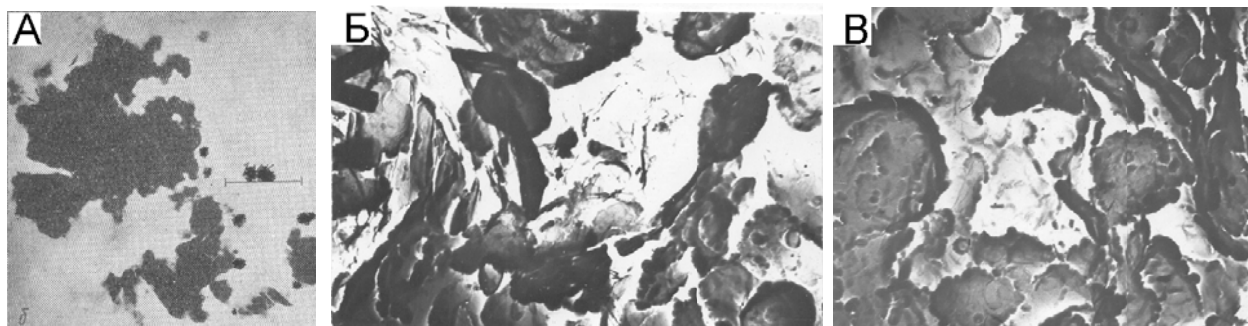


Рисунок 1 – Электронная микрофотография монтмориллонитовых глин:
 А – взята у Г. В. Куколева; Б – глина Смышляевского месторождения (Самарская область);
 В – глина Таганского месторождения (Восточный Казахстан). Увеличение Б, В x 24 000

Figure 1 – An electron micrograph of montmorillonite clays:
 А – is taken from G. V. Kukolev; B – clay of the Smyshlyaevskoye deposit (Samara region);
 С – clay of the Taganskoye deposit (East Kazakhstan). Increase B, V x 24 000

Таблица 1 – Химический состав смышляевской глины

Table 1 – Chemical composition of the Smyshlyaev clay

Содержание оксидов, мас. %							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SO ₃	П.п.п.
58,89	14,43	4,8	2,7	7,2	3,4	0,05	7,8

Таблица 2 – Минералогический состав смышляевской глины

Table 2 – Mineralogical composition of the Smyshlyaev clay

Содержание минералов, мас. %					
гидролюда	кварц	гипс	полево шпат	монтмориллонит	оксиды железа
5-10	25-30	3-5	8-20	45-50	5-7

В таблице 3 представлены технологические свойства смышляевской глины.

Таблица 3 – Технологические свойства смышляевской глины

Table 3 – Technological properties of the Smyshlyaev clay

Число пластичности	Содержание глинистых частиц (размером менее 0,005 мм)	Огнеупорность, °С	По Спекаемости	Оптимальная температура вспучивания, °С	Температурный интервал вспучивания, °С
25-55	55-65	1150-1200	Не спекается (вспучивается)	1160	200

Электронный микроскоп в области грубой строительной керамики применяется менее широко, чем в тонкой, технической и огнеупорной керамики. Микроскоп в основном используется для контроля производства и не уделяется достаточного внимания изучению фазовых соотношений с целью повышения однородности, стойкости, прочности и упругости изделий [7]. Кроме того, следует отметить, что микроскопия строительных глинистых материалов (кирпич, черепица, керамзит) трудна и сложна. Большинство фаз находится в этих изделиях в крайне мелкозернистом состоянии, так что они распознаются с трудом, а их оптические свойства очень сложно определить.

Производство керамзита осуществлялось по следующей технологии: глина Смышляевского месторождения подсушивалась, измельчалась на лабораторных «бегунах», просеивалась через сито

с отверстиями 1,2 мм и затворялась водой до формовочной влажности. Подготовленная глиняная масса с целью усреднения ее влажности помещалась на одни сутки в эксикатор, после чего производилось формование на ручном прессе при давлении $2,5 \text{ кг/см}^2$ в виде сферических гранул диаметром 16 мм. Обжиг образцов проводился в лабораторной печи специально созданной в университете установки по режиму 40-метровой вращающейся печи.

Для получения сведений о фазовых превращениях при различных температурах обжига керамзита использовался электронный микроскоп ЭМВ – 100БР, метод «на просвет», реплика платиноуглеродная. На рисунке 2 представлены электронно-микроскопические снимки керамзита, обожженного при различных температурах обжига.

Как видно из рисунка 2, Б при температуре обжига 850°C наблюдается аморфизация глинистых минералов, при этом остаточные кристаллы монтмориллонита наблюдаются в виде изометричных угловатых пластинок и чешуек с резко очерченными краями. Кроме того, в образцах наблюдаются мелкие кристаллы кварца и одиночные кристаллы анортита таблитчатого облика.

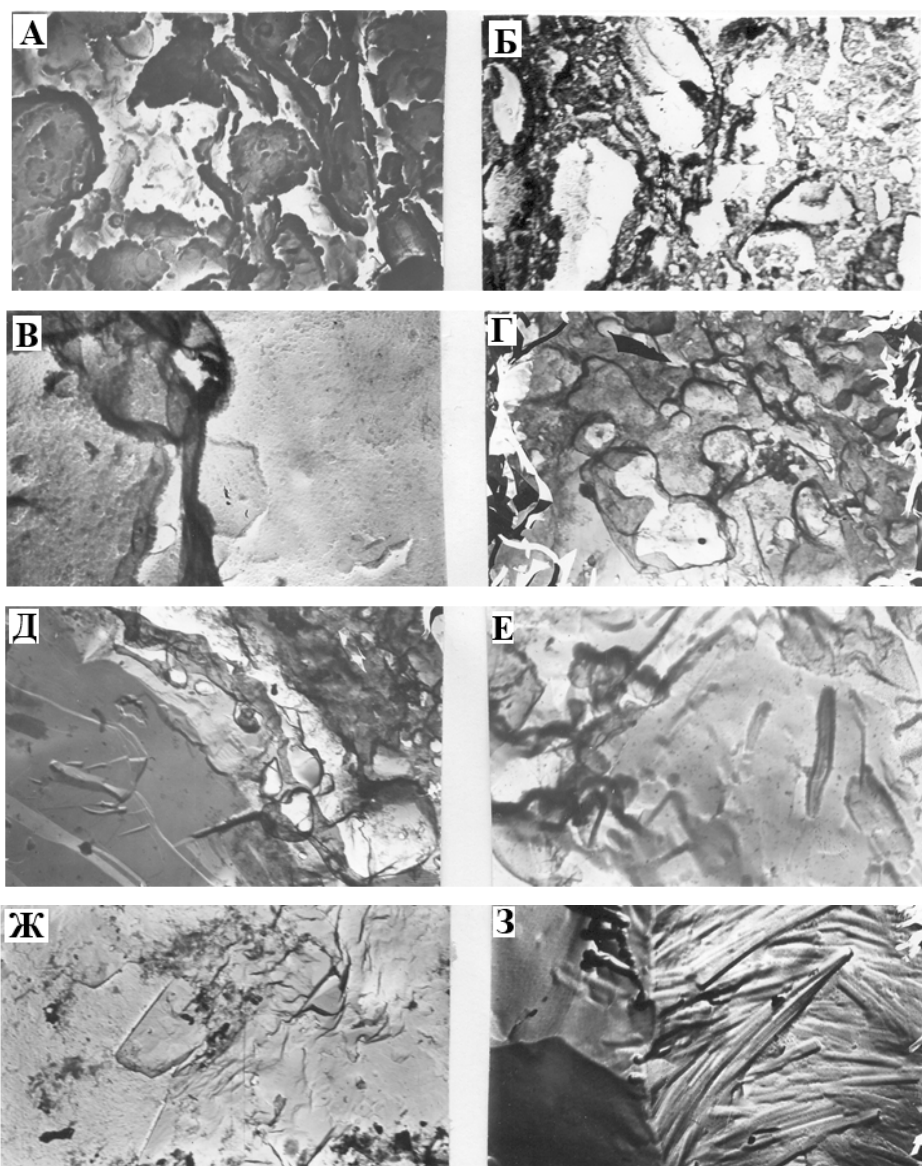


Рисунок 2 – Электронно-микроскопические снимки образцов. А – исходная глина. Температура обжига керамзита, $^\circ\text{C}$: Б – 850; В – 900; Г – 950; Д – 1000; Е – 1050; Ж – 1100; З – 1150. Увел. $\times 15\ 000$

Figure 2 – Electron microscopic images of samples. А – is the raw clay. The roasting temperature of expanded clay, $^\circ\text{C}$: В – 850; В – 900; Г – 950; Д – 1000; Е – 1050; F-1100; З – 1150. Increase $\times 15\ 000$

Повышение температуры обжига до 900°C (рисунок 2, В) приводит к более интенсивной кристаллизации. В образцах наблюдаются одиночные мелкие кристаллы кварца бипирамидального габитуса, крупные и средние кристаллы анортита таблитчатого облика.

При температуре обжига керамзита 950°C (рисунок 2, Г) кроме полей аморфизованных минералов наблюдаются скопление мелких кристаллов шпинели октаэдрического габитуса; одиночные кристаллы гематита, таблитчатого облика; появление стеклофазы и мелких одиночных кристаллов α -кристобалита низкотемпературного псевдокубической сингонии.

В работе [8] установлено, что превращение кремнезема не проходит по схеме Феннера. Первой ступенью превращения кварца всегда является не тридимит, а кристобалит. Образовавшийся за счет кремнезема в стабильной области из тридимита (870-1470°C) низкотемпературный α -кристобалит, как правило, псевдокубической сингонии.

Объемный эффект при переходе α -кварца в α -кристобалит составляет 15,4%, что способствует разрыхлению поверхности кристаллической решетки [3-6]. У разрыхленных и богатых дефектами, а также аморфных веществ, твердофазовые реакции протекают быстрее, благодаря ускоренной самодиффузии и гетеродиффузии [3-6].

Повышение температуры обжига до 1000°C (рисунок 2, Д) способствует появлению более четких полей стеклофазы; скоплению кристаллов шпинели; значительного количества кристаллов гематита (крупных и средних таблитчатого и пластинчатого облика); одиночные крупные кристаллы α -кристобалита псевдокубической сингонии; мелкие кристаллы анортита таблитчатого облика и кристаллы кварца (средние) призматического и ромбоэдрического габитуса.

При температуре обжига 1050°C (рисунок 2, Е) под микроскопом наблюдаются одиночные кристаллы короткостолбчатого муллита.

Муллит – один из часто встречающихся минералов в обожженных керамических материалах. Высокие показатели его по огнеупорности, плотности, химической стойкости и механической прочности привлекали внимание исследователей, как к получению синтетического муллита, так и к исследованию его структуры [1-6, 8]. Состав муллита долгое время являлся предметом дискуссий, в результате которых исследователи пришли к мнению, что состав муллита колеблется от $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ до $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Муллит является цепочечным силикатом [8], и ионы алюминия распадаются в нем на две группы, причем одна из них входит в решетку с координационным числом 6, а другая 4. Он рассматривается как неупорядочный алюмосиликат, занимающий промежуточное положение между упорядоченным силлиманитом и андалузитом.

Необычная форма кристаллов муллита характерна тем, что в глине Смышляевского месторождения высокое содержание оксида железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 > 7\%$). С возникновением твердых растворов замещения образуется муллит различного химического состава, при этом Fe^{3+} замещает Al^{3+} [2-4, 8]. Внедрение в твердый раствор оксидов железа приводит к кристаллизации муллита в виде короткостолбчатых вместо тончайших игл и удлиненно-призматических кристаллов. Количество стеклофазы увеличивается до 25-30%, при этом наблюдаются значительные скопления мелких кристаллов шпинели, гематита таблитчатого и пластинчатого облика и одиночные средние кристаллы кварца бипирамидального габитуса.

При температуре обжига керамзита 1100°C (рисунок 2, Ж) под микроскопом отмечаются скопления кристаллов муллита игольчатого облика; кристаллизация кристобалита тетрагональной сингонии отмечается по трещинам и краям зерен кварца. Аморфный кремнезем, образующийся в керамзите при муллитизации, растворяется в расплаве, который увеличивается при температуре 1100°C до 35–40%.

При дальнейшем увеличении температуры обжига до 1150°C в исследуемых образцах интенсифицируется образование жидкой фазы. В обожженных образцах под микроскопом наблюдается увеличение содержания стеклофазы. Показатели светопреломления стекол изменяются от 1,50 до 1,61. На рентгенограммах появляются линии, характерные для веществ с большим содержанием стеклофазы. Кристаллические фазы представлены муллитом, α -кварцем, α -кристобалитом, анортитом и гематитом. Другие кристаллические фазы (шпинели) переходят в расплав. Их присутствие не обнаруживается и под микроскопом. Матрица стекла захватывает в свою структуру также часть

анортита и гематита. В целом количество стекла в образцах, обожженных при 1150°C, составляет около 55-60%.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены особенности фазовых превращений при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины с повышенным содержанием оксидов железа. Установлено, что в керамзите появление стеклофазы и кристобалита отмечается при 950°C, а кристаллизация муллита при 1050°C. Исследования показали, что при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины наряду с игольчатыми кристаллами наблюдаются и короткопризматические кристаллы муллита, что связано с высоким содержанием в Смышляевской глине Fe₂O₃. С возникновением твердых растворов замещения образуется муллит различного химического состава, при этом Fe³⁺ замещает Al³⁺.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Павлов В.Ф. Физико-химические основы регулирования фазового состава и процесса спекания при обжиге керамических масс // Тр. ин-та НИИстройкерамики. – 1979. – Вып. 34. – С. 18-28.
- [2] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Физико-химические процессы структурообразования в керамических материалах на основе отходов цветной металлургии и энергетики. – Усть-Каменогорск: изд-во Восточно-Казахстанский технический университет, 2000. – 374 с.
- [3] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Химическая технология керамического кирпича с использованием техногенного сырья. – Самара: изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2007. – 431 с.
- [4] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Основы материаловедения. – Самара: изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2006. – 495 с.
- [5] Абдрахимова Е.С., Ковков И.В., Денисов Д.Ю., Абдрахимов В.З. Физико-химические процессы при обжиге глинистых материалов различного химико-минералогического состава. – Самара: изд-во ООО «ЦПР», 2008. – 105 с.
- [6] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Ковков И.В., Абдрахимов А.В., Вдовина Е.В., Денисов Д.Ю. Физическая и коллоидная химия самарских легкоплавких глин различного химико-минералогического состава. – Самара: изд-во ООО «ЦПР», 2007. – 132 с.
- [7] Исли Г., Фрешетт В.Д. Микроскопия керамики и цементов. – М: изд-во Госстройиздат, 1960. – 298 с.
- [8] Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. – М: изд-во Стройиздат, 1977. – 272 с.

REFERENCES

- [1] Pavlov V.F. (1979). Physical-chemical basis for regulating the phase composition and the sintering process during roasting of ceramic masses. [Works of the institute of Construction Ceramic Scientific research] 34: 18-28. (In Russian)
- [2] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. (2000). Physicochemical processes of structure formation in ceramic materials based on non-ferrous metallurgy wastes and energy. Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan. (In Russian)
- [3] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. (2007). Chemical technology of ceramic bricks using technogenic raw materials. Samara, Russian. ISSN: 0233-3619. (In Russian)
- [4] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. (2006). Fundamentals of Materials Science. Samara, Russian. ISBN: 5-9585-0150-X. (In Russian)
- [5] Abdrakhimova E.S., Kovkov I.V., Denisov D.Yu., Abdrakhimov V.Z. (2008). Physicochemical processes during firing clay materials of various chemical and mineralogical composition. Samara, Russian. (In Russian)
- [6] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S., Kovkov I.V., Abdrakhimov A.V., Vdovina E.V., Denisov D.Yu. (2007). Physical and colloid chemistry of Samara low-melting clays of various chemical and mineralogical composition. Samara, Russian. ISBN: 978-5-903123-11-7. (In Russian)
- [7] Isli G., Frechette V.D. (1960). Microscopy of ceramics and cements. Moscow, Russian. (In Russian)
- [8] Pavlov V.F. (1976). Physical-chemical basis of roasting products of construction ceramics. Moscow, Russian. (In Russian)

Г. Ю. Әбдугалиева¹, А. К. Қайрақбаев², В. З. Абдрахимов³, М. Қ. Иманғазин²

¹Д. Серикбаева атындағы Шығыс-Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан,

²Қазақ-Орыс халықаралық университеті, Ақтөбе, Қазақстан,

³Самар мемлекеттік экономикалық университеті, Самара, Россия

КҮЙДІРУДІҢ ӘР ТҮРЛІ КЕЗЕҢДЕРІНДЕ КЕРАМЗИТТІҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫН ЭЛЕКТРОНДЫМИКРОСКОПТЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Аннотация. Мақала керамзитті күйдірудің әр түрлі кезеңдерінде оның фазалық ауысуларын электрондымикроскоптық зерттеулерге арналған. Бұл мәселенің шешілуінің керамикалық бұйымдар жасау өндірісінде ғылыми және практикалық маңызы зор.

Керамзитті жасау өндірісінің негізгі сазды шикізатына монтмориллонитті саз жатады. Монтмориллонит суды өте көп мөлшерде қарқынды сіңіруге қабілетті, суді берік ұстап тұрады және құрғату кезінде суды қиын бөледі, сондай ақ, ылғалданған кезде көлемі 16 есе өсіп, қатты ісінеді. Монтмориллониттен тұратын саз суда қатты ісінеді және өте серпімді.

Керамзитті жасап шығару үшін, жақсы көтерілетін шикізат болып табылатын, Смышляевский кенорнының тезбалқығыш сазы қолданылды. Смышляевский кенорнының сазы алюминий оксидінің құрамы бойынша жартылай қышқыл саздарға жатады, ал темір оксидінің құрамы бойынша бояғыш оксидтері жоғары құрамды тобына жатады. Смышляевск сазы минералдық құрамы бойынша монтмориллонитті саздар тобына жатады.

Күйдірудің әр түрлі температурасында фазалық ауысулар туралы мәліметтерді алу үшін ЭМВ –100БР электронды микроскобы, «жарыққа» әдістемесі, платина көміртекті көшірме қолданылды. Үлгілерді күйдіру 40-метрлік айналу пешінің режимі бойынша университетте арнайы жасалған қондырғының зертханалық пешінде жүргізілді.

Орындалған зерттеулер нәтижесінде темір оксиді жоғары құрамды монтмориллонитті саз негізінде жасалатын керамзитті күйдірудегі фазалық ауысулардың ерекшеліктері анықталды. Керамзитте әйнекфазасы мен кристаллиттің пайда болуы 950°C температурада, ал муллиттің кристалдануы 1050°C анықталды. Зерттеулер монтмориллонитті саз негізінде жасалған керамзитті күйдіру кезінде, зерттеліп отырған сазда Fe₂O₃ құрамының жоғары болуына байланысты, инелі кристалдармен қатар, муллиттің қысқа призмалы кристалдары пайда болатынын көрсетті.

Түйін сөздер: керамзит, күйдіру, электрондымикроскоптық микроскоп, муллит, монтмориллонитті саз.

Сведения об авторах:

Абдугалиева Гульжан Юсупхановна – доктор технических наук, профессор кафедры «Геология и горное дело» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, g_1102@mail.ru

Қайрақбаев Аят Крымович – кандидат физико-математических наук, заведующий академической кафедрой Математического моделирования Казахско-Русского Международного университета, Казахстан, г. Актөбе, kairak@mail.ru

Абдрахимов Владимир Закирович – доктор технических наук, профессор Самарского государственного экономического университета. Россия, г. Самара, 3375892@mail.ru

Иманғазин Марат – кандидат технических наук, доцент кафедры Технические и естественно-научных дисциплин Казахско-Русского Международного университета, Казахстан, г. Актөбе, m.imangazy@mail.ru

Юбилейные даты

Академик Г. К. ЕРГАЛИЕВ, лауреат Государственной премии Республики Казахстан и премии К. И. Сатпаева



Гаппар Касенович был приглашен на работу в ИГН самим К. И. Сатпаевым в 1956 г. после окончания геологического отделения геолого-географического факультета КазГУ им. С. М. Кирова по рекомендации академика АН КазССР, лауреата Ленинской премии, первого заместителя директора Института, одного из организаторов Геологической службы в Казахстане Р. А. Борукаева. Здесь Г. К. Ергалиев прошел все стадии научного роста от старшего лаборанта до заведующего лабораторией.

С первых дней поступления в Казахский политехнический институт в 1957 г., часто слушал на лекциях по исторической геологии и палеонтологии об успехах Г. К. Ергалиева в изучении стратиграфии и биостратиграфии, фауны трилобитов кембрийских и нижнеордовикских отложений Южного Улытау (Байконурский синклиорий), хр. Большой Каратау, гор Жаблаглы в Южном Казахстане, ранее считавшихся «немыми» и фаунистически неперспективными. Г. К. Ергалиев впервые для этих регионов разработал единую стратиграфическую схему вендских и кембрийских отложений и биостратиграфическую схему расчленения среднего и верхнего кембрия и тремадокского яруса нижнего ордовика. Схема состояла из 7-ми зон в Байконурском синклиории и 11-ти зон в Большом Каратау. Ему принадлежит приоритет выделения венда и установление закономерного скольжения диахромного возраста карбонатной фации кокбулакской свиты с севера на юго-восток. Этот принцип Головкинского или Уиллера-Вислея им впервые отмечен в 1965 г. в Казахстане и в дальнейшем подтвержден в других регионах.

Биостратиграфическая схема, состоящая из 7-ми зон в Байконурском синклиории и 11-ти зон в Большом Каратау, как неизвестная до некоторых пор, была включена в совместную статью (авторы: Г.К.Ергалиев, Р.А.Борукаев, Н.К.Ившин) «Кембрий Казахстана», представленной в материалах XXII сессии МГК (Дели, 1964) и опубликованной в книге «Вопросы геологии Казахстана»: Алма-Ата, 1964. – С. 62-81. Кроме того, эти материалы легли в основу кандидатской диссертации, защищенной в 1965 г.

Как исследователя и педагога, восхищают выдающиеся успехи Г. К. Ергалиева, достигнутые с 60 годов прошлого столетия и по сей день, упорным и систематическим трудом по изучению стратиграфии, биостратиграфии и фауны трилобитов из непрерывных разрезов гор Малый Каратау, с которыми связаны всемирно известные залежи фосфоритов. Мне представляется, что нет необходимости излагать со всеми подробностями обо всех успехах Гаппара Касеновича, известных специалистам-геологам во всем мире. Приведу только самые главные:

1. Открытие и изучение в 70-х годах прошлого столетия непрерывного Кыршабактинского разреза в г. Малый Каратау в Южном Казахстане с необычайно богатыми остатками трилобитов среднего и верхнего кембрия, в особенности космополитными таксонами миомерных агностид. Это была сенсация для того времени в мировой геологической науке и вызвало огромный интерес ученых как ближнего, так и дальнего зарубежья.

Непрерывная обнаженность слой за слоем, имеющая более 10 групп фауны беспозвоночных, в особенности, как было сказано выше космополитных трилобитов, плюс доступность в одном профиле (600 м) были признаны и высоко оценены участниками 5 Международной экскурсии (1981, 1984 – 2 экскурсии, 1990, 2009 и 2015) с участием более 150 ученых из 50 стран мира, в том числе президентами Международной кембрийской подкомиссии (МСГН ЮНЕСКО – П. Пальмера, США и Дж. Шергольда, Австралия).

К настоящему времени Кыршабактинский разрез принят как парастратотип 9-го серебряного яруса кембрийской системы (Решение кембрийской подкомиссии от 16.10.2012). Таким образом, разрез увековечен в планетарном масштабе и опубликован в Международном журнале «Episodes», 2014, Vol. 37, №1, p.41-47.

2. На материалах этого разреза были установлены стратотипы 21-ой биостратиграфической зоны и 6-ти ярусов среднего и верхнего отделов кембрийской системы. Самое важное, Кыршабактинский разрез приобрел статус стратотипа трехярусной шкалы верхнего кембрия, принятого как подразделение Общей стратиграфической шкалы Союза (1980). Предложенные Г.К. Ергалиевым аюсокканский, сакский и аксайский ярусы приняты Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР (Постан. МСК, вып. 21, л. 1983) для всей геологической службы СССР. Они вошли в геохронологическую таблицу, 1984 г., в Инструкцию по составлению геологических карт, в сборник «Практическая стратиграфия» (1984) и в ряд учебников.

3. На основе уникального Кыршабактинского разреза был учрежден Аксайский Государственный геологический заказник (Постан. Совета Министров Казахской ССР за № 132 от 11 апреля 1985 г.) в горах Малый Каратау Сарысуйского района Жамбулской области. Территория заказника является классическим геологическим объектом для проведения ежегодной учебно-производственной практики студентами КазННТУ им. К. И. Сатпаева и Международных и региональных экскурсий.

4. Шкала среднего и верхнего отделов кембрийской системы по р. Кыршабакты составлена с сантиметровой точностью и на долгие годы останется неизменной, поскольку в ней заключены все 10 хронозон, предложенных Международной стратиграфической кембрийской подкомиссией Международного союза геологических наук (МСГН) ЮНЕСКО. Об этом свидетельствует включение шкалы в Международный справочник палеонтологии (Triatiseon Invert. Paleontology, 1997, pp. 308-311, table 1.1 – 1.4) и журнал «Episodes», 2000, vol. 23, №3, pp. 190-191.

5. Монографически описал 104 рода, 481 вид и 1 семейство трилобитов из кембрийских и нижнеордовикских отложений хр. Каратау и Южного Улытау, из них 20 родов и 180 видов являются новыми в палеонтологической науке; 4 рода агностид описаны на английском языке в Международном палеонтологическом справочнике (Treatiseon Invertebrate Paleontology. Arthropoda Trilobite, USA Colorado, 1997 и 16 новых родов – Memoris of the Queensland Museum, vol. 48. Australia, 2003).

6. Обычно созданием зональной и ярусной шкалы геологических систем нижнего палеозоя занимается целый научный коллектив геологических организаций. В этом отношении индивидуальная разработка данной шкалы является выдающимся достижением не только личного труда Г.К. Ергалиева, но и коллектива, где он работает более 60 лет.

7. Г. К. Ергалиев – автор более 160 научных работ, 3-х монографий (2 в соавторстве), 20 зарубежных статей, 3-х Международных заявок (Proposle) в Международную стратиграфическую

кембрийскую подкомиссию Международного союза геологических наук (МСГН) ЮНЕСКО. Он также соавтор общесоюзных сводок «Геология СССР», т.20 и т.40, «Геология и металлогения Каратау», т.1, 1986, 2-х изданных Государственных геологических карт (1958) м-ба 1:200000, 4-х палеотектонических карт СССР масштаба 1:500000, специальных Геологических карт Центрального Казахстана масштаба 1:500000 (1972), хр. Каратау (1987) и Семипалатинского ядерного полигона (1997) 1:200 000 масштаба и член редколлегии Геологической карты Казахстана масштаба 1:1 000 000 (1996 г.). Соавтор общесоюзных сводок «Геология СССР», т.20 (1991) и т.40 (1992). Под его редакцией издан ряд сводных работ: «Допалеозой и палеозой Казахстана» (1974), «Стратиграфия и палеонтология нижнего палеозоя Казахстана» (1983). Он также является автором ряда очерков Национальной энциклопедии Казахстана.

Больше всего импонирует в Гаппаре Касеновиче Ергалиеве его необыкновенная трудоспособность, неугасимый интерес к науке.

В настоящее время он завершает II часть монографии «Полимеридные трилобиты среднего и верхнего кембрия Аксайского заказника», после чего последует подача заявки (пропозла) по 10 ярусу кембрийской системы по решению рабочей кембрийской подкомиссии МСГН ЮНЕСКО.

Его по-прежнему отличают трудолюбие, многолетний профессиональный опыт и эрудиция. Он не останавливается на достигнутом и продолжает информировать мировую геологическую общественность новыми достижениями, что прибавляет значимости и престижа нашей казахстанской геологии.

Как известно по казахской пословице «Ғылым мен айналысу инемен құдық қазғандай», что означает – занятие наукой равносильно выкапыванию колодца иголкой. В данном случае имеется в виду кропотливость, терпение, скрупулёзность. Прежде всего, надо найти остатки ископаемой фауны в пласте осадочных пород, далее отпрепарировать стальным надфилем (иголкой) под биноклем внешнюю поверхность скелета или отпечатка, измерить и сфотографировать фауну, определить до рода и вида по всей имеющейся литературе с начала XVIII века и поныне на многих языках. Успех палеонтолога зависит от тщательного выполнения всех этих видов работ и особенно от литературы. В этом специфика палеонтологии. Работа очень сложная и кропотливая и не каждый может заниматься этой наукой. Полувековой труд Г. К. Ергалиева заслуживает бесконечного уважения и похвал.

Г. Ж. Жолтаев,
*Директор Института геологических наук им. К. И. Сатпаева,
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
академик Международной академии минеральных ресурсов РК*

Журмбек Сыдыкович СЫДЫКОВ

(К 95-летию со дня рождения)



20 сентября 2017 года исполняется 95 лет со дня рождения крупного ученого, гидрогеолога, академика Национальной Академии наук Республики Казахстан, доктора геолого-минералогических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Казахстана, лауреата Государственной премии РК, премии имени академика К. И. Сатпаева, основоположника гидрогеохимической научной школы в Казахстане Журмбека Сыдыковича Сыдыкова.

Ж. С. Сыдыков принадлежит к славной плеяде ученых гидрогеологов, которые посвятили свою жизнь геологической науке, в том числе поискам и разведке подземных вод Казахстана и обеспечению водной безопасности страны.

Это яркая, самобытная личность, наделенная от бога даром предвидения и умения находить правильные решения.

Ж. С. Сыдыков родился 20 сентября 1922 г. в с. Аксу Талдыкурганской, ныне Алматинской области в семье крестьянина-бедняка. В возрасте 12 лет, лишившись родителей, он начал свою трудовую жизнь. Еще в школьные годы у него ярко проявилась тяга к знаниям, выработалось трудолюбие и настойчивость. В 1940 г. он с отличием окончил казахскую среднюю школу в с. Аксу.

По окончании школы он был призван в армию. Первоначально он служил в составе войск Забайкальского военного округа – в Монголии, в районе Халкин-Гол. Затем, с началом Великой отечественной войны, в 1942 г. участвовал в боях в составе войск Брянского, Калининского, Западного фронтов и в районе г. Смоленска. В 1944 г. в сентябре при наступательной операции советских войск был тяжело ранен, почти сутки оставался на поле брани, когда был обнаружен и доставлен в полевой госпиталь. Именно в день своего рождения 20 сентября 1944 г. на операционном столе он пришел в сознание и вернулся к жизни.

Затем был долгий срок реабилитации в госпиталях и демобилизация из рядов действующей армии. Сила духа и желание скорее вернуться к нормальной жизни позволила ему поступить в том же году на геологоразведочный факультет Казахского горнометаллургического института (ныне Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева). По окончании вуза он был направлен в аспирантуру Института геологических наук АН КазССР. Его учителями здесь оказались такие выдающиеся ученые – гидрогеологи У. М. Ахмедсафин, Н. А. Кенесарин и другие крупные ученые республики во главе с академиком АН СССР К. И. Сатпаевым.

В 1952 г. по результатам своих исследований он успешно защитил кандидатскую диссертацию по геолого-минералогическим наукам. Весь последующий период, вплоть до руководства нового направления гидрогеологической науки – сектора гидрогеохимии и опреснения (1965 г.) ИГН им. К. И. Сатпаева Ж. С. Сыдыков занимался изучением и обоснованием оценки ресурсов подземных вод Западного Казахстана. За этот период им было опубликовано ряд монографий и крупных статей, подготовлена и в 1965 г. успешно защищена докторская диссертация на тему: «Подземные воды Мугоджар и примугоджарских равнин». В этот же период он был утвержден зам.директора по науке вновь созданного Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР. Именно в эти годы в Казахстане начались крупномасштабные геологические исследования по разведке новых месторождений металлов, нефти и газа, различных типов подземных вод. Ж. С. Сыдыковым и его лабораторией гидрогеохимии велись исследования по рудопоисковой, нефтегазовой гидрогеологии, широкому использованию геотермальных, минеральных и промышленных вод в различных регионах Казахстана.

За короткий срок им было подготовлено большое число кандидатов и докторов наук в целом ряде направлений гидрогеологической и гидрогеохимической науки. Так, к настоящему времени в числе успешно защитивших кандидатские диссертации насчитывается 25. Докторских 11 человек. В 1970 г. Ж. С. Сыдыков был избран член-корреспондентом в 1989 г. действительным членом НАН РК.

Ж. С. Сыдыковым выполнен ряд принципиально новых крупных обобщений по генезису подземных вод и теоретической гидрогеохимии; впервые установлены явления фильтрационного эффекта и его роль в раздельной миграции жидких и растворенных веществ в земных недрах, а также различных генетических типов подземных хлоридных вод (1978); обоснованы теории образования глубинных вод Земли (1973) и их роль в образовании поверхностных вод.

Академик Ж. С. Сыдыков в общей сложности опубликовал 725 работ, в том числе более 30 монографий и книг на русском и казахском языках. Наряду с успешной научной деятельностью он возглавлял Отделение наук о Земле, металлургии и обогащения НАН РК, назначался Главным редактором журнала НАН РК «Известия, серия геологии и технических наук»; в течении ряда лет участвовал в работах научных советов при Президиуме НАН РК и по линии МОН РК. За боевые заслуги, а также плодотворную научную деятельность и подготовку научных кадров Ж. С. Сыдыков был награжден орденами Отечественной войны первой степени и орденом Дружбы народов, 12 медалями СССР и РК, Почетными Грамотами Верховного Совета РК, МОН РК и Президиума НАН РК.

Коллектив Института гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Отделение наук о Земле НАН РК, руководство НАО «КазНИТУ им. К. И. Сатпаева, Президиум НАН РК сердечно поздравляет юбиляра с днем рождения и желает ему доброго здоровья и всего наилучшего.

Редколлегия журнала «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

Редколлегия журнала

МАЗМҰНЫ

<i>Фазылов Е.М., Приходько Д.Е., Мусина Э.С., Кубашева К.Т.</i> Фациально-палеогеографические условия накопления соленосных толщ позднего девона Сырдаринского осадочного бассейна.....	5
<i>Шабанова Т.А., Глаголев В.А., Фатчева А.В.</i> Графит графан/графен топтарын бірі.....	17
<i>Силачева Н.В., Кулбаева У.К., Кравченко Н.А.</i> Қазақстан аумағын топырақ үдеуінің ең жоғарғы деңгейінде ықтималдықпен жалпы сейсмикалық аймақтау.....	20
<i>Шестаков Ф.В.</i> Конденсациялық кеніш суы.....	30

Минералогия, болжамдар, перспективалар

<i>Бекенова Г.К., Степанов А.В., Долгополова А.В., Seltmann R., Левин В.Л., Байсалова А.О.</i> Жоғарғы еспе сирекметалды кенорнындағы титанқұрамды минералдардың ерекшеліктері (Шығыс Қазақстан).....	36
<i>Степанец В.Г., Левин В.Л.</i> Солтүстік Ұлытау Қараторғай кешенінің пикрит диабазды және шпинельді пикрит топтарының минералдық құрамы мен салыстырмалы сипаттамасы (Орталық Қазақстан).....	55

Мұнай және газ

<i>Әжғалиев Д.К.</i> Каспиймаңы бассейнінің шығыс өңірінің палеозойлық кешеніндегі карбонаттықабаттар.....	69
--	----

Сейсмология

<i>Садыкова А.Б., Сыдықов А., Стихарная Г.Г., Данабаева А.М.</i> Алматы қаласы территориясының бастапқы сілкінгіштігін микроаудандауға байланысты ықтималдылығын бағалау.....	79
---	----

Гидрогеология

<i>Порядин В.И., Абсаметов М.К., Аденова Д.К.</i> Қазақстанның экономикасын ұзақ мерзімді кезеңде сумен қамтамасыз ету проблемаларын шешу үшін жерасты суларының ресурстарын басқару.....	93
<i>Калугин О.А., Искандеров Р.Р.</i> Грунт сулары минерализация көрсеткіштері өнеркәсіптік аймақтың су деңгейінің көтерілу индикаторы ретінде.....	103

География

<i>Медеу А.Р., Мальковский И.М., Төлеубаева Л.С.</i> Трансқазақстандық канал – Қазақстан Республикасын тұрақты сумен қамтамасыз етудің стратегиялық приоритеті.....	109
---	-----

Экология

<i>Абсаметов М.Қ., Оношко М.П., Шагарова Л.В., Мұратова М.М.</i> Мұнай өнімдерімен ластанған геологиялық ортаны оңалту бойынша пилотты сараптамалық жүйені әзірлеу және пайдалану.....	121
--	-----

Әдістеме

<i>Шевко В.М., Айтқұлов Б.Д., Айтқұлов Д.К., Каратаева Г.Е., Аманов Д.Д., Бадикова А.Д.</i> Белогорск кен орнының кендерінен ферроникельді алу.....	132
<i>Насиров Р.Н., Слюсарев А.П., Саматов И.Б., Баймұқашева Г.К., Насиров А.Р.</i> Каспий маңы ойпаты мұнай-газ ұңғымаларының геологиялық қабаттарындағы доломитті анықтауға ЭПР-спектроскопияны қолдану.....	141
<i>Кан С.М., Берстенов С.В.</i> Оңтүстік Маңғышлақтың мұнай және газ кенорнының қабаттық сулардан литийді алу технологиясы.....	149
<i>Мұстафаев Ж.С., Қозыкеева Ә.Т., Тұрсынбаев Н.А.</i> Шекаралас өзен балабының су қорларының экологиялық қызметінің қалыптасу нәтижесіндегі суғармалы егістік жердің шектелген-мүмкіншілігі бағалаудың әдістемелік негізі.....	156
<i>Долбешкин М., Пузиков Е., Поветкин Р.</i> Орталық Азиядағы трансшекаралық Іле-Балқаш өзені бассейнінің моделдеуі.....	171

Техникалық ғылымдар

<i>Салихов Т.Қ., Байков К.С., Салихова Т.С., Сарсеңғалиев Р.С., Нұрғалиева Г.Ж., Қушенбекова А.К., Аюржанаев А.А., Алибаева М.Т.</i> Батыс Қазақстан облысында жобаланған «Бөкейорда» мемлекеттік табиғи резерват аумағындағы мал азығына арналған жерлерін геоэкологиялық тұрғыдан бағалау.....	181
<i>Айтчанов Б.Х., Қорченко А.Г., Терейковский И.А., Батиев И.М.</i> Классикалық нейрожелілік модельдерді және ақпараттық жүйелердің желілік ресурстарына шабуылдарға қарсы әрекет әдістерін пайдалану келешектері.....	202
<i>Журинов М., Кожабеков С.С., Абилямгажанов А.З., Ивнаов Н.С., Тилепберген Ж., Қыдырбаева У.</i>	

Резервуарлардағы мұнайдың реологиялық қасиеттерін жақсартуға және резервуар түбіндегі шөгінділерді ингибирлеуге арналған депрессорлық присадкалардың қолданысы.....	213
<i>Стацюк В.Н., Айт Сауық., Журинов М.Ж., Фогель Л.А., Абрашов А.А.</i> Платина және шыны көміртекті электродтардағы НТФ және ОЭДФ фосфонды қосылыстарының электродтық реакциялары..	220
<i>Бектурсева Г., Шапалов Ш., Байболов К.С., Изимова Р., Адманова Г., Султамуратова З., Умбеткулова А., Жұматаев Ш., Махамбетов М., Нурмуханова Г.</i> Тағам қалдықтарын өндеудің кешенді технологиясын жасау.....	227
<i>Жантасов К.Т., Досалиев К.С., Босак В.Н., Шапалов Ш.К., Байболов К.С., Усенкулов Ж.А., Кунанбаева Я.Б., Наукенова А.С., Туленов А.</i> Қорапша түріндегі жол төсенішінің материалдары.....	238
<i>Құрбаниязов С.К., Шалабаева Г.С., Әбдімүтәліп Н.Ә., Тойчибекова Г.Б., Әріпжан Г.Ж.</i> Цеолиттердің негізгі қасиеттері мен олардың әртүрлі салада қолданылуы.....	244
<i>Кенжалиев Б.К., Омарова С.А., Манапова А.И., Темірова С.С., Плехова К.Р., Сукуров Б.М., Квятковская М.Н., Жумабекова Г.К., Аманжолова Л.У.</i> Күлқождан тас қалыптау алу.....	249
<i>Кәлдеев Е.И., Бондаренко И.В., Тастанов Е.А., Абдулвалиев Р.А., Темірова С.С., Әбдікерім Б.Е.</i> Белсендірілген диатомиттер – Қазақстан Республикасының өнеркәсібін дамыту үшін көп мақсатта қолданылатын инновациялық материал.....	255
<i>Солоненко В.Г., Махметова Н.М., Кваинин М.Я., Бекжанова С.Е.</i> Жылжымалы құрам әсеріндегі рельстің кернеуін анықтау.....	262
<i>Мырхалықов Ж.У., Бажиров Т.С., Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Сырманова К.К., Боташев Е.Т.</i> Экологияға техногендік әсерін төмендету мақсатында полимерлі материалдарды толықтырғыш рөліндегі күкірттің баяулатқыш қабілеттілігін бағалау.....	270
<i>Коробкин В.В., Саматов И.Б., Тулемисова Ж.С.</i> Оңтүстік Қазақстан тау-кен өнеркәсібінің құрылыс тас өндіру қалдықтардан керамзит жасауға алынған материалдардың кондициялары.....	277
<i>Әбдугалиева Г.Ю., Қайрақбаев А.К., Абдрахимов В.З., Имангазин М.Қ.</i> Күйдірудің әр түрлі кезеңдерінде керамзиттің фазалық ауысуларын электрондымикроскоптық зерттеулер.....	283

Мерейтойлар

<i>Жолтаев Г. Ж.</i> Академик Г.К. Ерғалиев, Қазақстан Республикасының Мемлекеттік сыйлығының және Қ. И. Сәтбаев жүлдесінің лауреаты.....	290
<i>СЫДЫҚОВ Жұрымбек Сыдықұлы (туылған күніне 95 жыл)</i>	293

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Фазылов Е.М., Приходько Д.Е., Мусина Э.С., Кубаешева К.Т.</i> Фациально-палеогеографические условия накопления соленосных толщ позднего девона Сырдаринского осадочного бассейна.....	5
<i>Шабанова Т.А., Глаголев В.А., Фатчева А.В.</i> Графит из графан/графеновых слоёв.....	17
<i>Силачева Н.В., Кулбаева У.К., Кравченко Н.А.</i> Вероятностное общее сейсмическое зонирование территории Казахстана в пиковых ускорениях грунта.....	20
<i>Шестаков Ф.В.</i> Конденсационные рудничные воды.....	30

Минералогия, прогнозы, перспективы

<i>Бекенова Г.К., Степанов А.В., Долгополова А.В., Seltmann R., Левин В.Л., Байсалова А.О.</i> Особенности титаносодержащих минералов Верхнеэспинского редкометального месторождения (Восточный Казахстан).....	36
<i>Степанец В.Г., Левин В.Л.</i> Сравнительная характеристика составов минералов группы шпинели пикритов и пикритовых диабазов Каратургайского комплекса Северного Улытау (запад Центрального Казахстана).....	55

Нефть и газ

<i>Ажгалиев Д.К.</i> Карбонатные толщи в палеозойском комплексе на восточном борту Прикаспийского бассейна... 69	69
--	----

Сейсмология

<i>Садыкова А.Б., Сыдыков А., Стихарная Г.Г., Данабаева А.М.</i> Вероятностная оценка исходной сейсмичности города Алматы в связи с микрорайонированием его территории.....	79
---	----

Гидрогеология

<i>Порядин В.И., Абсаматов М.К., Аденова Д.К.</i> Управление ресурсами подземных вод для решения проблем водообеспечения экономики Казахстана на долгосрочный период.....	93
<i>Калугин О.А., Искандеров Р.Р.</i> Показатель минерализации грунтовых вод как индикатор подтопления промышленных территорий.....	103

География

<i>Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С.</i> Трансказахстанский канал – стратегический приоритет устойчивого водообеспечения Республики Казахстан.....	109
--	-----

Экология

<i>Абсаматов М.К., Оношко М.П., Шагарова Л.В., Муратова М.М.</i> Разработка и использование пилотной экспертной системы по реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами.....	121
--	-----

Методика

<i>Шевко В.М., Айткулов Б.Д., Айткулов Д.К., Каратаева Г.Е., Аманов Д.Д., Бадикова А.Д.</i> Получение ферроникеля из руды месторождения Белогорское.....	121
<i>Насиров Р.Н., Слюсарев А.П., Саматов И.Б., Баймукашева Г.К., Насиров А.Р.</i> Применение ЭПР-спектроскопии при изучении доломитов из геологического разреза нефтегазовых скважин Прикаспийской впадины.....	141
<i>Кан С.М., Берстнев С.В.</i> К технологии извлечения лития из пластовых вод месторождений нефти и газа Южного Мангышлака.....	149
<i>Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А.</i> Методологические основы оценки предельно-возможной площади мелиорации земель формирующейся в результате экологических услуг водных ресурсов трансграничных речных бассейнов.....	156
<i>Долбешикин М., Пузиков Е., Поветкин Р.</i> Моделирование Иле-Балкашского трансграничного бассейна в Центральной Азии.....	171

Технические науки

<i>Салихов Т.К., Байков К.С., Салихова Т.С., Сарсенгалиев Р.С., Нургалиева Г.Ж., Кушенбекова А.К., Аюрганаев А.А., Алибаева М.Т.</i> Геоэкологическая оценка кормовых угодий на территории проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области.....	181
<i>Букаева А.Э., Нурымов Е.К., Поветкин В.В., Хандожко А.В.</i> Исследования применения сверхзвуковых термоструйных инструментов в технологических процессах и производствах.....	190

<i>Айтчанов Б.Х., Корченко А.Г., Терейковский И.А., Батиев И.М.</i> Перспективы использования классических нейросетевых моделей и методов противодействия атакам на сетевые ресурсы информационных систем.....	202
<i>Журинов М., Кожабеков С.С., Абилямагжанов А.З., Ивнаов Н.С., Тилепберген Ж., Кыдырбаева У.</i> Применение депрессорных присадок для улучшения реологических свойств и ингибирования донных отложений в резервуарах.....	213
<i>Стацюк В.Н., Айт Сауык., Журинов М.Ж., Фогель Л.А., Абрашов А.А.</i> Электродные реакции фосфоновых соединений НТФ и ОЭДФ на платиновом и стеклоуглеродном электродах..	220
<i>Бектуреева Г., Шапалов Ш., Байболов К.С., Изимова Р., Адманова Г., Султамуратова З., Умбеткулова А., Жуматаев Ш., Махамбетов М., Нурмуханова Г.</i> Разработка комплексной переработки пищевых отходов.....	227
<i>Жантасов К.Т., Досалиев К.С., Босак В.Н., Шапалов Ш.К., Байболов К.С., Усенкулов Ж.А., Кунанбаева Я.Б., Наукенова А.С., Туленов А.</i> Материалы дорожной одежды коробчатого типа.....	238
<i>Курбаниязов С.К., Шалабаева Г.С., Абдимуталип Н.А., Тойчибекова Г.Б., Арипжан Г.Ж.</i> Основные свойства цеолитов и их многофункциональное применение.....	244
<i>Кенжалиев Б.К., Омарова С.А., Мананова А.И., Темирова С.С., Плехова К.Р., Сужуров Б.М., Квятковская М.Н., Жумабекова Г.К., Аманжолова Л.У.</i> Получение каменного литья из золошлаков.....	249
<i>Кульдеев Е.И., Бондаренко И.В., Тастанов Е.А., Абдулвалиев Р.А., Темирова С.С., Абдикерим Б.Е.</i> Активированные диатомиты – инновационный материал многоцелевого назначения для развития индустрии Республики Казахстан.....	255
<i>Солоненко В.Г., Махметова Н.М., Квашиин М.Я., Бекжанова С.Е.</i> Определение напряжений в рельсе при воздействии подвижного состава.....	262
<i>Мырхалыков Ж.У., Бажиров Т.С., Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Сырманова К.К., Ботаев Е.Т.</i> Оценка ингибирующей способности серы в роли наполнителя полимерных материалов с целью уменьшения техногенного влияния на экологию.....	270
<i>Коробкин В.В., Саматов И.Б., Тулемисова Ж.С.</i> Кондиции полученных материалов для изготовления керамзитов из отходов производства строительных камней горнорудной промышленности Южного Казахстана.....	277
<i>Абдугалиева Г.Ю., Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З., Имангазин М.К.</i> Электронномикроскопические исследования фазовых превращений керамзита на различных этапах обжига.....	283

Юбилейные даты

<i>Жолтаев Г. Ж.</i> Академик Г. К. ЕРГАЛИЕВ, лауреат Государственной премии Республики Казахстан и премии К. И. Сатпаева.....	290
<i>Журмбек Сыдыкович Сыдыков (К 95-летию со дня рождения)</i>	293

CONTENTS

<i>Fazylov E.M., Prikhodko D.E., Mussina E.S., Kubasheva K.T.</i> Facial-paleogeographic conditions of accumulation of the late devonian saliferous strata of the Syrdarya sedimentary basin.....	5
<i>Shabanova T.A., Glagolev B.A., Fatcheva A.V.</i> Graphite from graphane/graphene layers.....	17
<i>Silacheva N.V., Kulbaeva U.K., Kravchenko N.A.</i> Probabilistic general seismic zoning of the territory of Kazakhstan in peak ground accelerations.....	20
<i>Shestakov F.V.</i> Condensation mine waters.....	30
Metallogeny, forecasts, perspectives	
<i>Bekenova G.K., Stepanov A.V., Dolgopolova A.V., Seltmann R., Levin V.L., Baisalova A.O.</i> Features of titanium-bearing minerals of Verkhnee espe rare metal deposit (Eastern Kazakhstan).....	36
<i>Stepanets V.G., Levin V.L.</i> Comparative analysis of spinel group mineral composition within picrite and picritic diabase rocks of the Karaturgai complex in Northern Ulytau (Western part of Central Kazakhstan).....	55
Oil and gas	
<i>Azhgaliyev D.K.</i> Carbonate thickness in the paleozoic complex on the eastern board of the Caspian basin.....	69
Seismology	
<i>Sadykova A.B., Sydykov A., Stiharnaya G.G., Danabayeva A.M.</i> Probabilistic assessment of the initial seismicity of Almaty city due to microzoning of its territory.....	79
Hydrogeology	
<i>Poryadin V.I., Absametov V.K., Adenova D.K.</i> Management groundwater resources for solutions water supply of economy of Kazakhstan on the long-term period.....	93
<i>Kalugin O., Iskanderov R.</i> Indicator mineralization of ground water as indicator underflooding of industrial territories...	103
Geography	
<i>Medeu A.R., Malkovskiy I.M., Toleubayeva L.S.</i> The Transkazakhstan channel – strategic priorities of steady water supply Republic of Kazakhstan.....	109
Ecology	
<i>Absametov M.K., Onoshko M.P., Shagarova, L.V., Muratova M.M.</i> Development and use of a pilotexpert system for rehabilitation of the geological environment contaminated with petroleum products.....	121
Methods	
<i>Shevko V.M., Aytkulov B.D., Aytkulov D.K., Karataeva G.E., Amanov D.D., Badikova A.D.</i> Recovery of ferronickel from the ore of the Belogorsk deposit.....	132
<i>Nasirov R.N., Slyussarev A.P., Samatov I.B., Baimukhasheva G.K., Nasirov A.R.</i> Application of EPR spectroscopy in the study of dolomites from the geological section of oil and gas wells in the Pre-caspian basin.....	141
<i>Kan S.M., Berstenev S.V.</i> To the technology extraction of lithium from the formation waters of oil and gas fields of Southern Mangyshlak.....	149
<i>Mustafayev Zh.S., Kozykeeva A.T., Tursynbaev N.A.</i> Methodological basis of estimation of the limiting land of the land of the land of results from the environmental services of water resources of transboundary river basins.....	156
<i>Dolbeshkin M., Puzikov E., Povetkin R.</i> Modeling of transboundary Ile-Balkhash river basin in Central Asia.....	171
Engineering sciences	
<i>Salikhov T.K., Baikov K.S., Salikhova T.S., Sarsengaliyev R.S., Nurgaliyeva G.Zh., Kushenbekova A.K., Ayurzhanayev A.A., Alibaeva M.T.</i> Geoecological assessment of fodder grounds of the projected state nature reserve "Bokeyorda" in West Kazakhstan region.....	181
<i>Bukayeva A.Z., Nurymov Y.K., Povetkin V.V., Khandozhko A.V.</i> Study of the application high velocity thermal spraying tools used in technological processes and productions.....	190
<i>Aitchanov B., Korchenko A., Tereykovskiy I., Bapiyev I.</i> Perspectives for using classical neural network models and methods of counteracting attacks on network resources of information systems.....	202
<i>Zhurinov M., Kozhabekov S., Abilmagzhanov A., Ivanov N., Tilepbergen Zh., Kydyrbayeva U.</i> The application	

of depressor additives to improve the rheological oil properties and inhibit the bottom sediments formation in storage tanks.....	213
<i>Statsyuk V.N., Ait Sauyk., Zhurinov M. Zh., Fogel L.A., Abrashov A. A.</i> Electrode reactions of phosphonic compounds of ATMP and HEDP on a platinum and glass-carbon electrodes..	
	220
<i>Bekturyeva G., Shapalov Sh., Baybolov K.S., Izimova R., Admanova G., Sultanmuratova Z., Umbetkulova A., Zhumabaeyev Sh., Makhambetov M., Nurmukhanova G.</i> Development of food wastes utilization technology.....	
	227
<i>Zhantasov K.T., Dosaliev K.S., Bosak V.N., Shapalov Sh., Baybolov K.S., Usenkulov Zh.A., Kunanbayeva Y.B., Naukenova A.S., Tulenov A.</i> Materials of box-typepavement.....	
	238
<i>Kurbaniyazov S.K., Shalabayeva G.Sh., Abdimutalip N.A., Toichibekova G.B., Aripzhan G.Zh.</i> Main properties of zeolites and their multipurpose application.....	
	244
<i>Kenzhaliyev B.K., Omarova S.A., Manapova A.I., Temirova S.S., Plekhova K.R., Sukurov B.M., Kvyatkovskaya M.N., Zhumabekova G.K., Amanzholova L.U.</i> Receiving stone casting from the ash-and-slag.....	
	249
<i>Kuldeyev E.I., Bondarenko I.V., Tastanov E.A., Abdulvaliyev R.A., Temirova S.S., Abdikerim B.E.</i> Activated diatomites – innovative multipurpose material to be used in the development of industry in the Republic of Kazakhstan.....	
	255
<i>Solonenko V.G., Makhmetova N.M., Kvashnin M.Ya., Bekzhanova S.E.</i> Determination of rail voltages after impact of mobile composition.....	
	262
<i>Myrkhalykov Zh.U., Bazhirov T.S., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Syrmanova K.K., Botashev Ye.T.</i> Assessment of inhibitive property of sulfur as a filler of polymer materials with a view to reduce technogenic impact on ecology.....	
	270
<i>Korobkin V.V., Samatov I.B., Tulemissova Zh.S.</i> Condites of the received materials for the manufacture of keramzites from waste products from the production of stones of mining industry of South Kazakhstan.....	
	277
<i>Abdugaliyeva G.Yu., Kairakbaev A.K., Abdrakhimov V.Z., Imangazin M.K.</i> Electron-microscopic studies of phase transformations of expanded clay on various stages of roasting.....	
	283

Anniversary

<i>Zholtayev G.J.</i> Academision G.K. Yergaliyev, laureate of the state award of the Republic of Kazakhstan and award of K. I. Satpayev.....	290
<i>SYDYKOV Shurymbek Sydykovich (the 95-th anniversary)</i>	293

Требования для авторов журнала НАН РК Серия геологии и технических наук

Уважаемые авторы!

Прошло более семидесятипяти лет, как издается журнал «Известия НАН РК. Серия геологическая», а с 2011 г. «Серия геологии и технических наук». За период существования журнал завоевал широкий круг читателей и стал известен не только в Казахстане, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

В журнале на русском, казахском, английском языках публикуются статьи о результатах исследований по актуальным проблемам обширной геологической науки (региональной геологии, минералогии, нефти и газа, геофизики, сейсмологии, гидрогеологии, экологии, географии), а так же статьи методического характера.

Все эти годы журнал служит источником оперативной информации о новейших достижениях геологической науки Казахстана и призван способствовать повышению эффективности научных исследований.

Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов и актуальность научного содержания работ. Не допускается плагиат.

1. Представленные для опубликования материалы должны удовлетворять следующим требованиям.

Статья сопровождается разрешением на опубликование от учреждения, в котором выполнено исследование и представляется рецензия.

Статья представляется в одном экземпляре. Размер статьи не должен превышать 15 страниц включая аннотацию в начале статьи перед основным текстом, которая должна отражать цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы (**аннотация** не менее 15 предложений – 1/4 стр. (на английском языке) через 1 компьютерный интервал), таблицы, рисунки, список литературы (через 1 компьютерный интервал), напечатанных в редакторе Word, шрифтом Times New Roman, поля – верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см. Количество рисунков не более 10. Название рисунков и подрисуночная подпись, а также название таблиц печатается на русском и английском языках.

СТАТЬЯ НАЧИНАЕТСЯ на английском языке. В начале, посередине страницы, идет название статьи прописными жирными буквами, далее на следующей строчке – инициалы и фамилии авторов обычным жирным шрифтом, затем на следующей строчке – название организации(ий), в которой выполнена работа, город, страна, затем на новой строчке – адреса E-mail авторов. С красной строки идут ключевые слова (**Key words**), и с новой строчке – сама аннотация (**Abstract – не менее 150 слов**).

Далее, после отбивки одной строки, начинается на **русском языке**.

В начале статьи вверху слева следует указать индекс **УДК**. Затем, посередине страницы, пишется: 1) название статьи; 2) авторы; 3) название организации; с красной строки – **Ключевые слова**, затем – **Аннотация** (оформление шрифтов, как на английском языке).

Отбиваем одну строку и начинается сама **статья**. Следом за статьей идет список **Литературы**. Ссылки на литературные источники даются цифрами в прямых скобках по мере упоминания (не менее 20). Список литературы оформляется следующим образом:

[1] Иванов А.А. Процессы протаивания грунта // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2007. – № 1. – С. 16-19.

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации Русского текста в латиницу, используя различные системы. Программа очень простая, ее легко использовать для готовых ссылок. К примеру, выбрав вариант системы Библиотеки Конгресса США (LC), мы получаем изображение всех буквенных соответствий. Вставляем в специальное поле весь текст библиографии на русском языке и

1) убираем транслитерацию заглавия статьи;

- 2) убираем специальные разделители между полями (“/”, “-”);
- 3) выделяем курсивом название источника;
- 4) выделяем год полужирным шрифтом;
- 5) указываем язык статьи (in Russ.).

Пример:

[1] White S.R., Sottos N.R., Geubelle P.H., Moore J.S., Kessler M.R., Sriram S.R., Brown E.N., Viswanathan S. *Nature*, **2001**, 409, 794-797 (in Eng.).

[2] Soldatenkov N.M., Koljadina I.V., Shendrik A.T. Fundamentals of organic chemistry of medicinal substances. M.: Himija, **2001**. 192 p. (in Russ.).

В конце статьи дается резюме на казахском языке. Оформляется аналогично русскому варианту. Посередине страницы пишется: 1) название статьи; 2) авторы; 3) название организации; с красной строки – **Түйін сөздер**, после – **Аннотация**.

Последняя страница подписывается всеми авторами, ставится дата. Прилагается электронный вариант на CD – диске.

2. В случае переработки статьи по просьбе редакционной коллегии журнала датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта. Если статья отклонена, редакция сохраняет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения.

Просьба к авторам статей представлять весь материал в одном документе (одном файле) и точно следовать правилам при оформлении статьи.

Мы приглашаем к сотрудничеству всех заинтересованных лиц, желающих поделиться своими идеями, мыслями и фактическими материалами на страницах нашего журнала. Пишите нам, звоните или присылайте по электронной почте.

Наш адрес:

Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им.К.И.Сатпаева, ком.334.

Контактный телефон: 8 (727) 291-59-38

Факс: 8 (727) 291-56-79

Электронная почта: ignkis@mail.ru

Уважаемые авторы!

В настоящее время около 250 казахстанских вузов и научных организаций имеют доступ к информационным ресурсам авторитетных международных компаний таких как Thompson Reuters и Springer. За последние четыре года обращений казахстанских подписчиков, согласно статистике использования ресурса Web of Science Core Collection компании Thompson Reuters, увеличилось в 4 раза. Доступ к мировым базам научных знаний был определен президентом Нурсултаном Назарбаевым как один из приоритетных инструментов развития науки на Первом форуме ученых в декабре 2011 года.

Публикации казахстанских ученых входят в 1% самых высокоцитируемых статей в мире.

При цитировании опирайтесь на более современные данные, собственные труды по возможности указывать в меньшем количестве, использовать поиск источников информации международных ресурсов.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 16.10.2017.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
18,9 п.л. Тираж 300. Заказ 5.