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

N E W S

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

6 (426)

ҚАРАША – ЖЕЛТОҚСАН 2017 ж.
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2017 г.
NOVEMBER – DECEMBER 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)
Беспаев 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 (Казахстан)
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 мекенжайы: Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.
Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

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

Главный редактор

д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

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

Редакционная коллегия:

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)
Беспаев 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)
Кожахметов 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)
Сеитов 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)
Ozdoyev 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

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 5 – 17

V. A. Popov, S. M. Ozdoev, L. L. Kuznetsova, S. A. Nigmatova, A. Kasymkhankyzy

Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: nigmatova@mail.ru

OIL SHALE OF SOUTH-TORGAY OIL AND GAS BASIN

Abstract. Prospects of oil and gas potential of the South Torgai oil and gas basin for the presence of "shale" hydrocarbons are considered.

The main features of the rocks, called "oil shale" – a fairly high content of organic matter (OM) under conditions of closed porosity, respectively, their low permeability and residence in the main zone of oil and gas formation for quite some time – about 40–50 million years. At the same time, ripe oil and gas remain in the conditions of a low permeable maternal suite.

Hydrocarbons contained in these low-permeability rocks can be produced on an industrial scale only after exposure to fracturing by fracturing, with drilling mud containing sand (proppant), which ensures the preservation of this man-made fracture and a set of chemicals that ensure oil separation from the mineral matrix.

As a result of the work done, the existence of a highly promising formation on the shale HC formations, the Karagansay Formation of the Middle Jurassic was justifiedin the South Torgai Basin. The next task will be to identify specific horizons (layers) containing hydrocarbons in low-permeability reservoirs. This is a task for specialists in field geology and geophysics to plan the next stage of experimental work on the problem of oil shale in search areas.

Key words: South-Torgay basin, oil shale, shale oil and gas, Akshabulak and Aryskumgraben-synclines.

Works on the topic: "Oil shale of the South Torgai oil and gas basin" were completed in 2015–2017. with the aim of studying the prospects of the basin to identify sediments containing oil shale and suitable for the extraction of "shale" oil and gas.

This problem is related to the "shale revolution" in the US and testing of its technologies in other oil and gas basins of the world. And if the US as a result of the widespread introduction of these technologies came out on top in the world in terms of hydrocarbon production, then in the rest of the countries the results are ambiguous, which indicates the complexity of the problem.

Extraction of hard-to-recover oil and gas reserves (in the media they are called "shale") began in the US in 2006 from the Barnett gas field, which was an experimental ground for the development of horizontal drilling technology with fracturing.

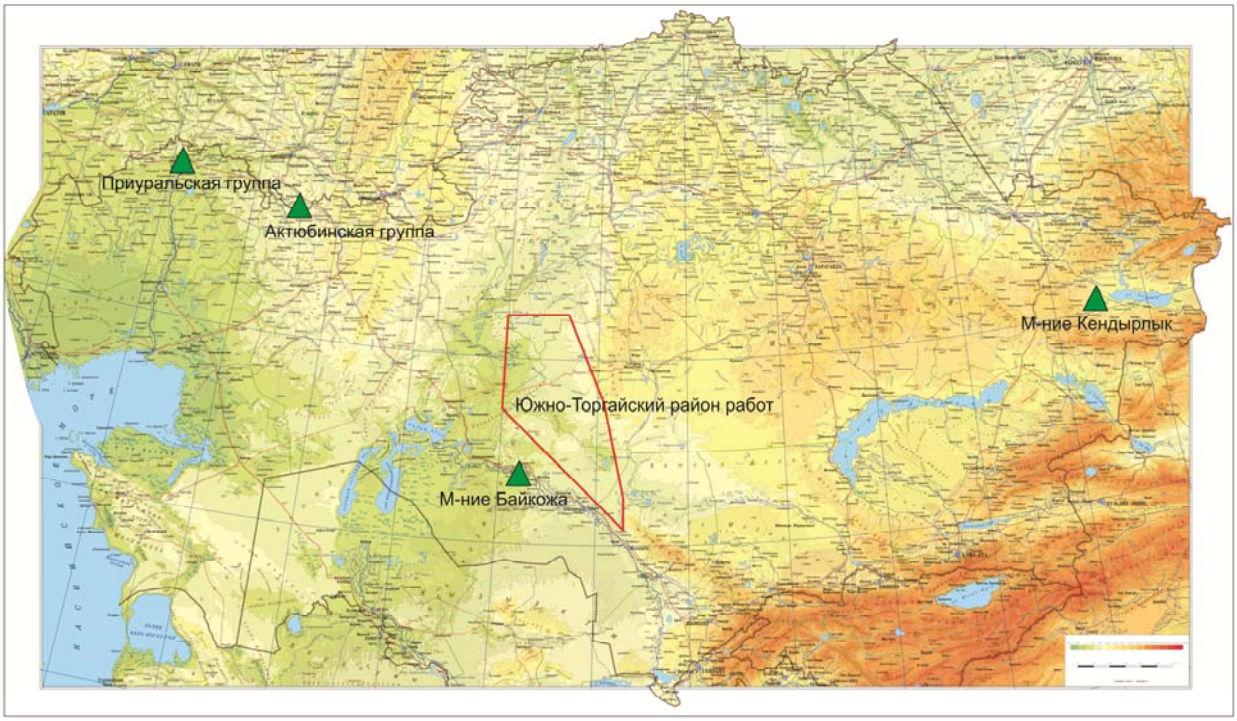
Success, comparable in effectiveness with the US data, was obtained in Argentina, Algeria and Australia. In other countries, the results are less certain or negative.

In Eastern Europe, the testing of "shale" technologies with the participation of American and European firms was completed with a negative result in Poland, Hungary, Bulgaria, Romania, Lithuania, Latvia, Ukraine. And in France, Germany, the Netherlands, there is a ban on the technique with hydraulic fracturing of reservoirs because of possible dangerous environmental consequences. In China, the experimental exploitation of deposits in the south-west and north-west of the country.

In Russia, experimental work in this direction is carried out in Western Siberia in the deposits of the oil-bearing Bazhenov suite of the Upper Jurassic, but the optimal method is under development.

The extraction of "shale" gas is carried out in a number of sedimentary basins from sediments of various ages containing organic matter $C_{org.}$ from 2% and above, and sometimes from 1%in the US.

For shale oil, the requirements are higher, and for this, higher concentrations of C_{org} are needed, in the productive stratum, a higher quality organic matter, predominantly sapropelic or sapropel-humic, extraction of more than 90 liters per ton of "slate", thickness of the productive stratum 30 m and more.



Δ deposits of combustible shales at shallow depths and with access to the day surface.

Figure 1 – Overview of the work area

It should be especially noted that the term "shale oil and gas" does not quite correctly reflect the essence of the problem, since hydrocarbons are extracted not from shales, but from low-permeability rocks enriched by DWOs adjacent to slate-containing sediments or regardless of shale (from dense sandstones).

The main features of these rocks are a rather high content of organic matter (OV) under conditions of closed porosity, respectively, their low permeability and presence in the main oil and gas formation zone (GZN) for a long time – about 40–50 million years. At the same time, ripe oil and gas remain in the conditions of a low permeable maternal suite.

Hydrocarbons contained in these low-permeability rocks can be produced on an industrial scale only after they are affected by hydraulic fracturing, which provides the formation of fractured porosity with a drilling mud containing sand (proppant), which ensures the preservation of this man-made fracturing and a set of chemicals that ensure oil separation from the mineral matrix .

In accordance with these prerequisites, works on the problem of "oil shales" in the South-Torgai basin were carried out.

The basis of the South Torgai basin is a block of Precambrian rocks, similar in composition to the rocks of the Ulytau Massif. Gneisses of the Proterozoic age were discovered by a number of wells in the South Torgai basin (2P Aryskum, 1P Akshabulak, etc.).

In the late Devonian-Early Carboniferous (D_{3fm}–C1), the area of the South Torgai Basin was covered with a shelf sea with the accumulation of terrigenous-carbonate deposits.

In the late Triassic – Early Jurassic, a system of grabens was formed in Southern Torgai, which were then filled with Mesozoic – Cenozoic terrigenous lacustrine-bog sediments represented by a gray-colored stratum of sandstones, siltstones, clays with intercalated coals, carbonate packs, carbonaceous and combustible shales.

The main features of the structure of the Jurassic complex are reflected on the structural map on the roof of the Middle Jurassic in accordance with Figure 2.

The South Torgai sedimentary basin consists of three main tectonic elements: the Aryskum trough in the south, the Zhilanshik trough in the north and the Mynbulak saddle separating them. There are differences in the structure and development of the northern and southern parts of the basin [1, 2].

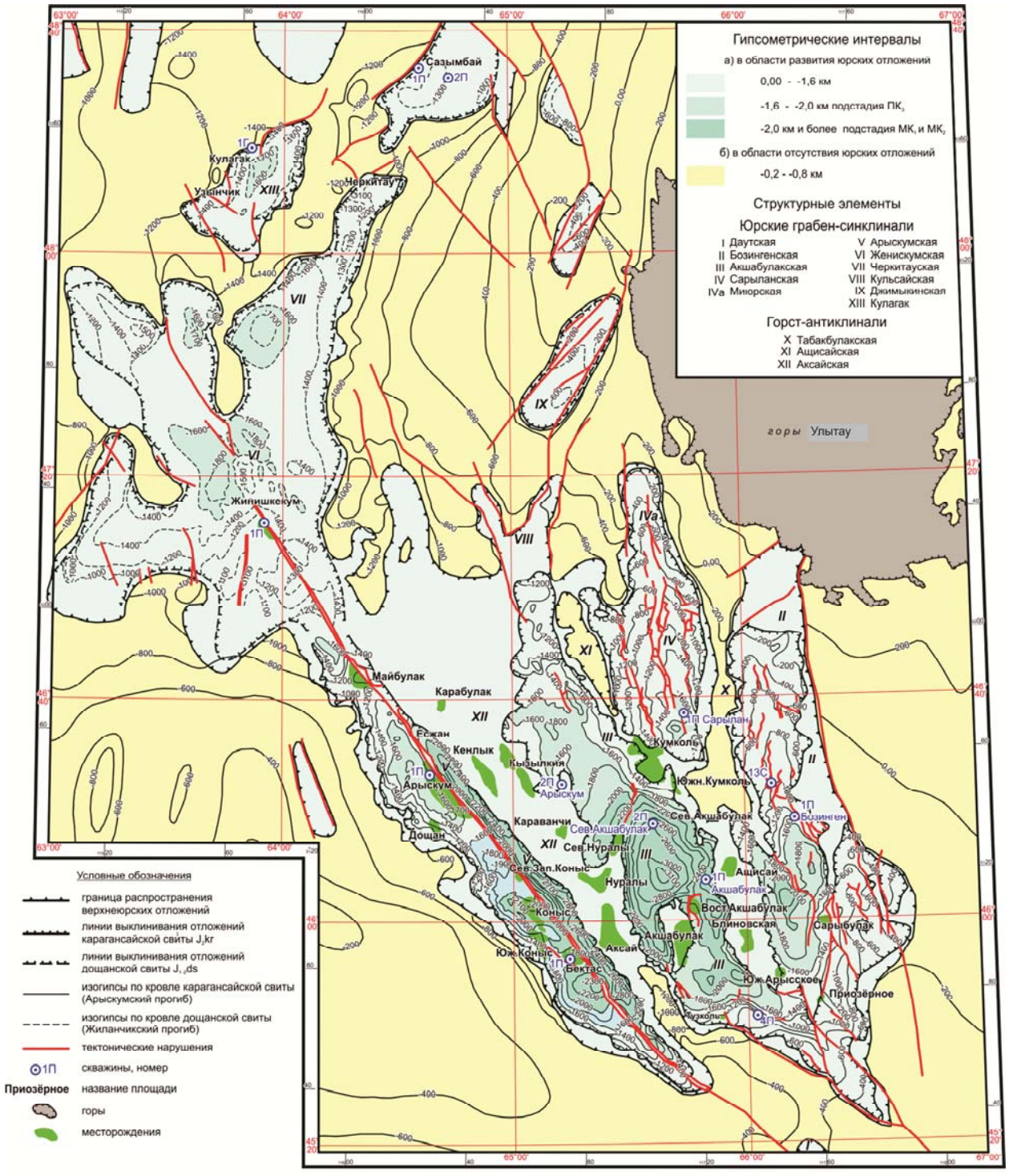


Figure 2 – South Torgai deflection map on the roof of Middle Jurassic deposits

In the Aryskum trough, the Jurassic complex is represented by all the suites, and in the Zhilanshiksky it is reduced due to the Upper Jurassic and Karagansay Formation of the Middle Jurassic.

The deepest grabens, with a depth of up to 5–7 km, were formed in the Aryskum trough: the Aryskum, Akshabulak, Bosingen and Sarylansk graben-synclines (g/s). The Jurassic deposits that fill them are represented by the sediments of all three divisions of the Jurassic system. They are divided into six suites: the Sazimbay suite (J1cz). *aybalinskaya* (J_1ab), *doshchanskaya*(J_{1-2} ds), *Karagansai* (J_{23}kr), *kumkol* (J_3km), *akshabulak* (J_3ak).

The Zhilanshik trough. The differences between the Zhilanshik trough and the Aryskum deposit consist in a shallower depth of the graben-syncline – no more than 3.0–3.5 km, in their northeasterly direction (in the Aryskum – northwestern or submeridional), and in a reduced section of the Jurassic deposits.

The reasons for the reduced section in the Zhilanshik trough are that if the Aryskum trough was submerged continuously throughout the Jurassic time with the accumulation of precipitation, then in the Zhilanshik trough the immersion stopped at the border of the Middle and Upper Jurassic (Karagansay Formation) and resumed only in the Lower Cretaceous. Therefore, the upper part of the Jurassic incision in the Zhilanshik trough has not been postponed or disappeared as a result of denudation.

According to the lithological composition, the Jurassic deposits are divided into strata, each of which begins with coarse clastic formations and ends with clayey formations.

The lowersubcomplex, which combines the Sazimbay (J_1cs) and Aibalin (J_1ab) suites, is represented, respectively, by sandy-conglomerate and aleuro-sand-argillaceous formations. It is present in all graben-synclines and denotes the riftogenic stage of their development.

In general, this subcomplex (J_1cs + J_1ab) is characterized by fairly high concentrations of organic carbon (1–3.7%) on the rock (in mudstones and siltstones) of sapropelic-humic composition in the Aryskum trough and predominantly of the humus composition in the Zhilanshik.

The middle oil and gas bearing subcomplex is represented by the formations of doshchanskaya ($J_{1\text{-}2}$ ds) and Karagansai (J_{23}kr) suites in the form of sandy-siltstone and argillaceous formations. It occupies an area larger than the lower subcomplex.

The Doschanskaya suite is widespread in all graben-synclines and is represented by the alternation of sandstones with siltstones with interbeds of mudstone and small-pebble conglomerates.

The Karagansay Formation (J_2^3kr), an "argillaceous formation", is mainly distributed in the Aryskum trough. Perhaps its presence in the transition zone from the Aryskum trough to the Zhilanshik. But in the wells that uncovered the Jurassic deposits in the Zhilanshik trough, only the presence of the doshchanskaya suite ($J_{1\text{-}2}$ ds) was documented.

The Karagansaysuite is composed mostly of mudstones almost black and brown, massive to thin-sheeted and leafy, silty, carbonate. They are interbedded with sandstones and siltstones. The inclusion of ORO is numerous.

In the upper sections of the sections of the suite among the mudstones is the alternation of their strongly humified varieties with interlayers of combustible shales, the thickness from centimeters to 40 cm. The amount of aleurite material is also variable, the "sanding" of the formation in the direction from the deepest parts of the basin to the side areas is noted.

The rocks of the middle oil and gas bearing subcomplex contain organic matter of sapropelic-humic composition, which determines its isolation as a petroleum-bearing stratum, provided it is in the main oil and gas formation zone, i.e. at depths of the order of 2.0 km and more. Hydrogen generation zones are immersed parts of graben-synclines, filled with sediments of the Lower-Middle Jurassic.

The upper oil and gas complex in the Upper Jurassic deposits combines a sandy-aleurite formation of the Kumkol Formation and a clayey-aleurite formation of the Akshabulak Formation.

Interbeds of carbonatized argillites and limestones interbedded with combustible shales (borehole 13C in Bosingen h/s) [3] are noted in the middle part of the Kumkol suite.

The Akshabulak suite is composed of variegated mudstones and clays massive and cloddy, interbedded with siltstones and sandstones, with a thickness of 3 to 8 m.

At the depths of the Upper Jurassic complex from 800 to 3200 m, only its most submerged parts in the central sections of the g/s (deeper than 1500-2000 m) entered the main oil and gas formation zone. The remaining parts of the subcomplex contain only epigenetic hydrocarbons.

The Lower Cretaceous oil and gas bearing complex is mainly developed in the Aryskum trough and is represented by the red-colored continental deposits of the DaoulNeocomite Formation. The known industrial deposits of this complex are found in the Lower Saulian sub-basin in the Aryskum horizon K1nc, ar. The upper clay part of the Daoul Formation serves as a regional tire.

The dynamics of hydrocarbon generation processes and the degree of realization of the petroleum potential of rocks enriched in DW are investigated by D. A. Shlygin and H. Kh. Paragulgovym [2]. According to their data, the catagenetic zoning in the South Torgai Basin is mainly determined by the depth of deposit occurrence.

The beginning of the main zone of oil formation (GZN) is formed in the transition zone from substage PK3 (beginning at a depth of 1700–1800 m) to MK1 (2100–2300 m); the upper limit of MK2 is at a depth of 2500–2600 m, MK3 at a depth of 3000–3100 m.

Structural-tectonic features of the South-Torgai basin are represented on the structural map over the surface of the Middle Jurassic deposits (Figure 2), for the Aryskum trough – this is the surface of the Karagansay suite, for the Zhilanshiksky – erosion surface of the Doshchanskaya suite on the border with the Lower Cretaceous deposits.

As a result of the work on the South Torgai oil and gas basin, the Karagansay suite of the Middle Jurassic (J23kr) was identified as the most promising formation for the search for "shale" oil and gas deposits, provided it lies at a depth of 1.8 km and deeper, i.e. in the main oil formation zone (PC3-MK1-2). This is explained by the increased content of dispersed organic matter (DOM) in the humus-sapropel composition formed in the reducing environment, as well as the presence of interlayers of oil shales in the upper part of the suite.

Further work was directed to a more detailed study of the promising strata throughout the basin and to the selection of the most promising areas.

The central parts of the graben-synclines of the Aryskum trough-Aryskum, Akshabulak and Bosingen, in which the Karagansay Formation reaches its maximum thicknesses and are located in the main oil formation zone (GZN) for a long time, are identified as the most promising areas.

In the graben synclines of the Zhilanshik trough, the Karagansay suite is not opened with drilled wells as a result of a long interruption in the sedimentation that spans the interval from Karagansai to the Lower Cretaceous and is assumed only in the transition part from the Aryskum trough, in the form of the remainder of this formation from subject erosion.

Manifestation of combustible shales in the deposits of the Upper Jurassic. Surface manifestations of oil shale in the South Torgai basin are absent [5]. And their presence was first established in 1984 when studying a core in a structural well 13-C with a depth of 1548 m., Drilled in the Bosingengraben syncline [3].

Combustible shales are found in the sediments of the Kumkol suite of the Upper Jurassic among the carbonate rocks in the form of a compact pack in the interval 1081–1134 m. The interval is covered with continuous core sampling.

As part of this bundle, oil shales are interbedded with mudstones enriched with organic matter, fine-grained sandstones, limestones, dolomites and marls. The total thickness of shales is not less than 7–8 m.

A. K. Buvalkin [4] made an attempt to trace this pack in the Upper Jurassic sediments along the northern edge of the Aryskum trough, but did not find any obvious signs of the spread of shales outside the Bosingen gyroscope, but noted only slightly increased carbonate content in the middle part of the Kumkol suite. Probably, the manifestation of oil shale in the Upper Jurassic is local, this can be facilitated by an inclined fault in the area of the 13-C well (according to seismic data of the MOGT).

Manifestations of oil shales in the sediments of the Middle Jurassic. When processing data on parametric wells drilled in the South Torgai basin in 1985–1992, along with the solution of the main tasks, manifestations of combustible shales in the deposits of the Karagansay suite of the Middle Jurassic J23 kr were established [2].

The documentation of the sections of the parametric wells records the presence of thin interlayers of oil shales with a thickness from the first mm to 40 cm. The core in the boreholes was selected with an interval of 25–50 m, sometimes more often. At the same time, in the Karagansay suite, the organic carbon content of the rock reached 5–10%, which is higher than in the adjacent suites. Directly from the thin layers of shales samples for analysis were not selected (data in the reports are absent).

Description of the core with interlayers of oil shale is present in the documentation of the sections of the parametric wells Akshabulak 1P, Akshabulak 2P, Aryskum 1P, Bektas 1P, Bosingen 1P.

In the Zhilanshik trough, the only manifestation of oil shale was noted in the Kulagak-1 well [2]. At a depth of 1640–1648 m, a layer of strongly humus argillites, interbedded with combustible shales, coal and direct solid bitumen, is noted in the sediments of the dossary formation J1-2ds. Geochemical analyzes on the manifestation are absent, and the features of the manifestation coincide with those in the Ubagan brown coal basin. In addition, this manifestation of depth lies outside the main zone of oil formation. The PC3 zone here starts at a depth of 1800 m, and the MK1 zone starts from a depth of 2300 m.

A Brief Overview of Shale Oil and Gas Deposits in US and Russia. Before proceeding to assess the prospects of the territory for the presence of oil shales (their search and study), it is necessary to get acquainted with the experience of working in this direction in other regions and searching for analogues for the South Torgai basin – it is the "homeland of the slate revolution" – the USA, The West Siberian oil and gas basin, closest to Kazakhstan, where the slate-bearing (and oil-bearing) Bazhenov suite is developed on an area of more than 1 million km^2.

All known shale deposits in the United States are confined to well-studied oil and gas basins. It was known about the presence of the slanting areas, but their development became possible only after a technological breakthrough, which opened access to a previously closed resource.

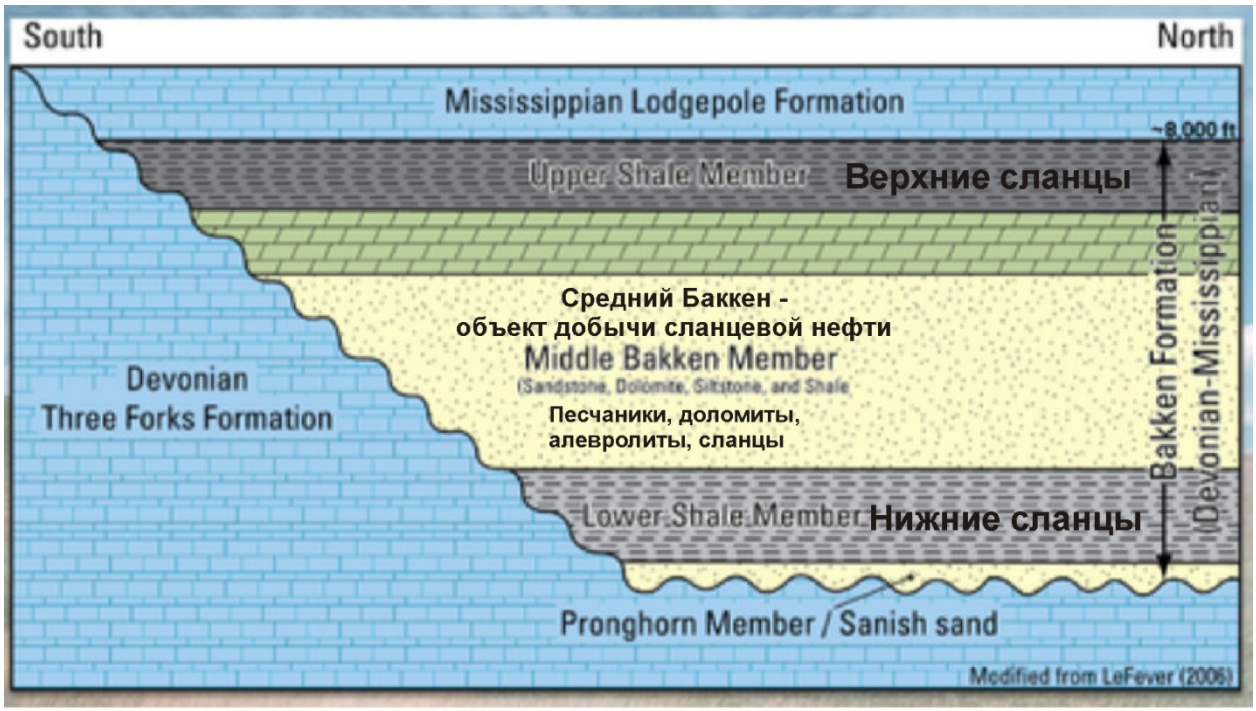


Figure 3 – Bakken oil shale deposit

The production of shale oil and gas, the phenomenon of the last 10 years, which began in 2006 with the Barnett gas field after testing on it the technology of horizontal drilling with multiple fracturing of fractures (fracturing) and pilot operation. In other deposits, production began later, following a law passed by the US Congress on the release of shale projects from environmental control [1, 1].

On the majority of exploited shale deposits with an OM content of 2% or higher, gas is produced, and, in some cases, gas with condensate is sometimes from 1%. For the production of shale oil, deposits with higher sapropelic type OM (kerogen type III) are suitable, and the profitability of hydraulic fracturing is provided only for a sufficiently large thickness of the formation – about 30 m and oil production of 90 liters per ton of "shale".

The most frequently mentioned in the press are the large oil fields Bakken, Nyabrara, Permian, oil and gas – Eagle Ford, and gas – Marcellus, Utica, Barnett. At Bakken, Permian and Eagle Ford account for 88% of all produced shale oil in the US.

Half of the US shale gas is produced by the Marcellus field with annual production of about 180 billion m^3.

For comparison of shale deposits in the USA and Western Siberia, we give data on the Baken oil field (Figure 3) and the gas Marcellus.

Bakkenovskaya formation of light oil of low-permeability reservoirs (light tight oil) was formed on the boundary of Upper Devonian and Lower Carboniferous deposits and lies at depths of 2.5–3.5 km. It is located in the US and Canada and covers an area of about 500 thousand km^2.

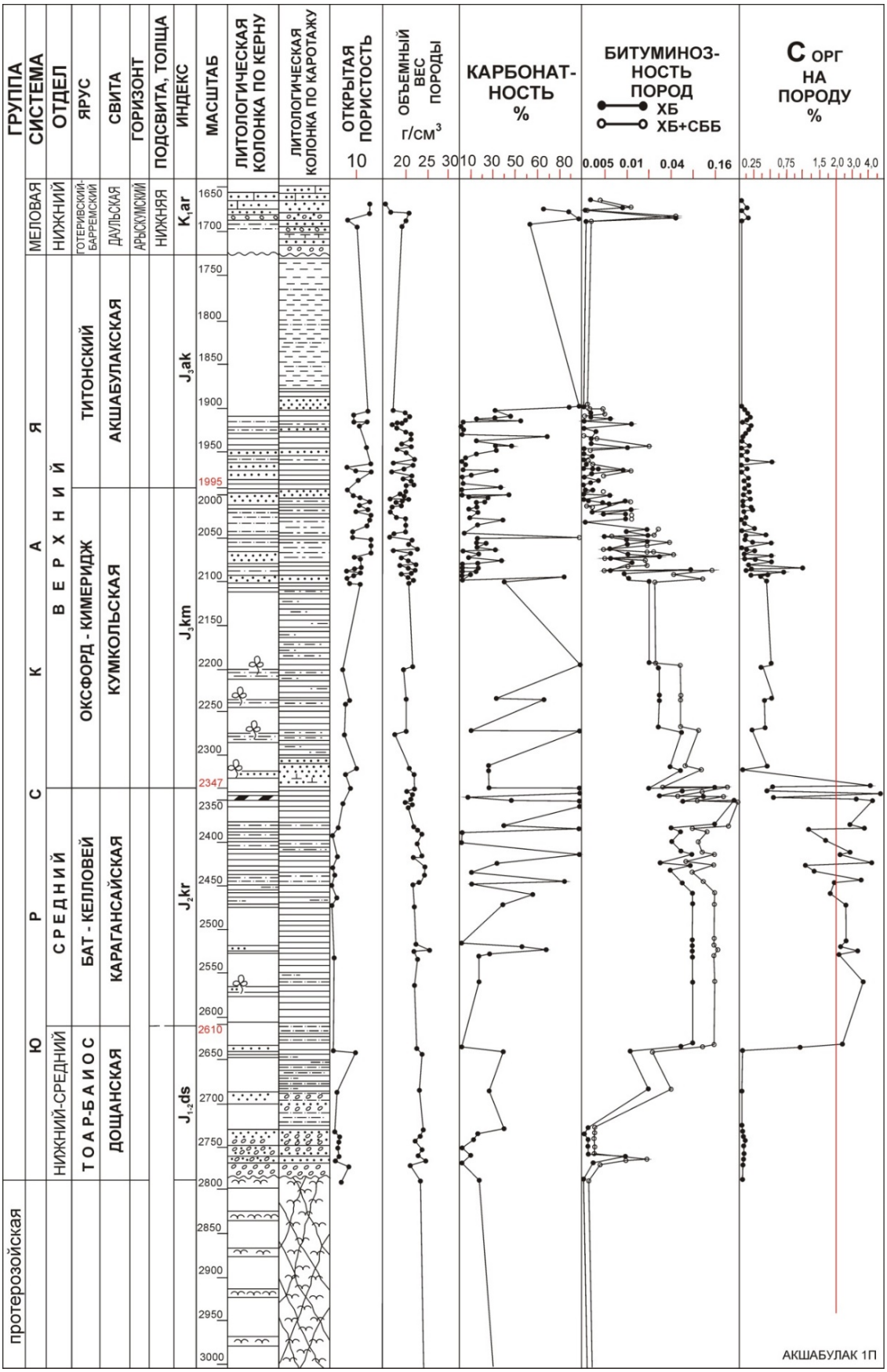


Figure 4 – Lithological and geochemical column of Akshabulak 1P well

The Bakkenovo formation has a three-tier structure:

– Lower shale part - shales rich in sapropelic OM from 11%, in some places up to 35%;

– the average "sandy" part – up to 7%. OB; interbedding of sandstones, dolomites, siltstones and shales, up to 40 m thick. It is this layer that is productive for fracturing;

– the upper slate part - up to 25 m thick, the analog of the lower part.

Marcellus is a shale gas deposit in the eastern United States in the Lower Carboniferous sediments with an OV content of 5%. Extraction – gas and condensate. It is considered to be the most profitable gas field in the US due to geological parameters and position in a region with developed infrastructure.

Western Siberia. Bazhenov suite. The Bazhenov suite in the West Siberian oil and gas province is composed of black and dark gray rocks – bituminous argillites. Depths from 300 to 3500 m and more with thicknesses, on average, 30–40 m and up to 60 m in the central part of the basin. Formed suite on the border of the Chalk-Jurassic (Tithon, Berrias).

These deposits were formed in conditions of a shallow sea basin far from sources of terrigenous material. In the article A. A. Trofimuk and Yu. N. Karagodin (2008), their generalized name – bituminous mudstones, and diagnostic features - anomalous enrichment of OM (up to 10–25%), thin-layered layer and leafy structure with horizontal and vertical cracks, abnormally high pressures in the formation of AVPD (1.3–1.6), low porosity, permeability, temperature from 80^0 to 135^0.

In recent years, it has been established that the Bazhenov suite has a more complex structure. In its central part there are dense interlayers – aporadiolarites, limestones, dolomites, silicites. These interbeds are analogous to the "Middle Bakken", from which shale oil is obtained, but their total thickness is an order of magnitude smaller – up to 5–6 m [8-10, 12].

Collector properties of the Bazhenov suite are associated with the presence of dense rocks within the formation and their fracturing. Where fracturing is present, productive wells are located, and in the zones of a monolithic argillaceous stratum there are "dry" wells.

According to G.V. Vygon (Skolkovo), the total OM content in the Bazhenov suite is on average about 14% (including 2.7% liquid oil, kerogen type II about 12%) and mineral matrix 85%.

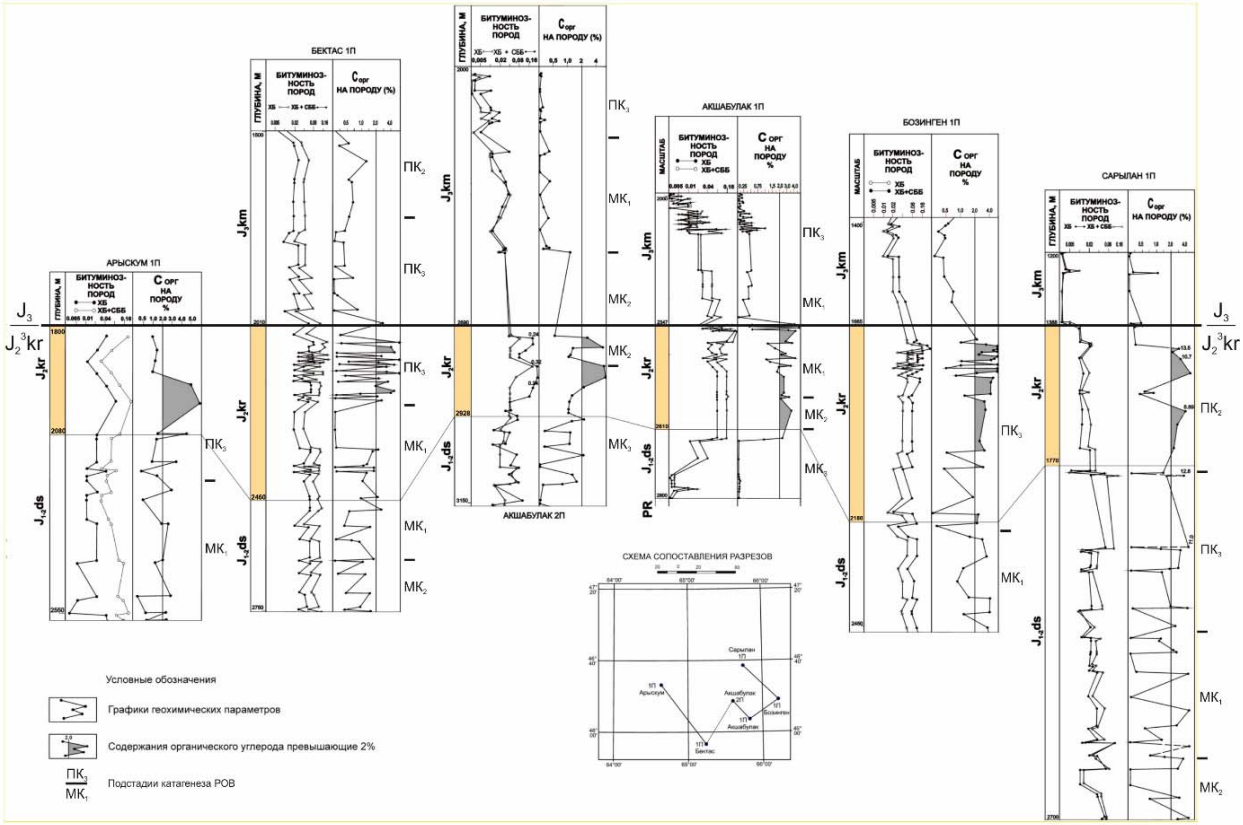


Figure 5 – Geochemical columns of parametric wells that opened the Karagansay suite of the Middle Jurassic (J_2^3kr)

According to the Bazhenov suite, there is no developed universal technology for production.

In the analysis of materials on "oil shale" in the South Torgai Basin, the materials described in the reports of the Institute of Geological Sciences on reference wells and published in specialized literature were used [1, 2].

These reports on the assessment of the territory of traditional oil and gas resources contain a large amount of geological and geochemical information. Including information on the geochemical characteristics of the Jurassic deposits with manifestations of oil shale. These reports (1987–1992) were compiled before the beginning of the "shale revolution" and the prospects for using shale resources at great depths (1.5–3.0 km and more) were not considered, but information on the geochemical characteristics of the sedimentary layer was available.

The work consisted of two stages: analysis of available data on the South-Torgai basin, identification of intervals for the development of sedimentary formations that are promising for oil shale, for the isolation of sediments enriched with organic matter and located in the main oil formation zone:

In the South Torgai Basin, parametric wells are located in various parts of the basin, a large number of conventional prospecting and production wells have been drilled.

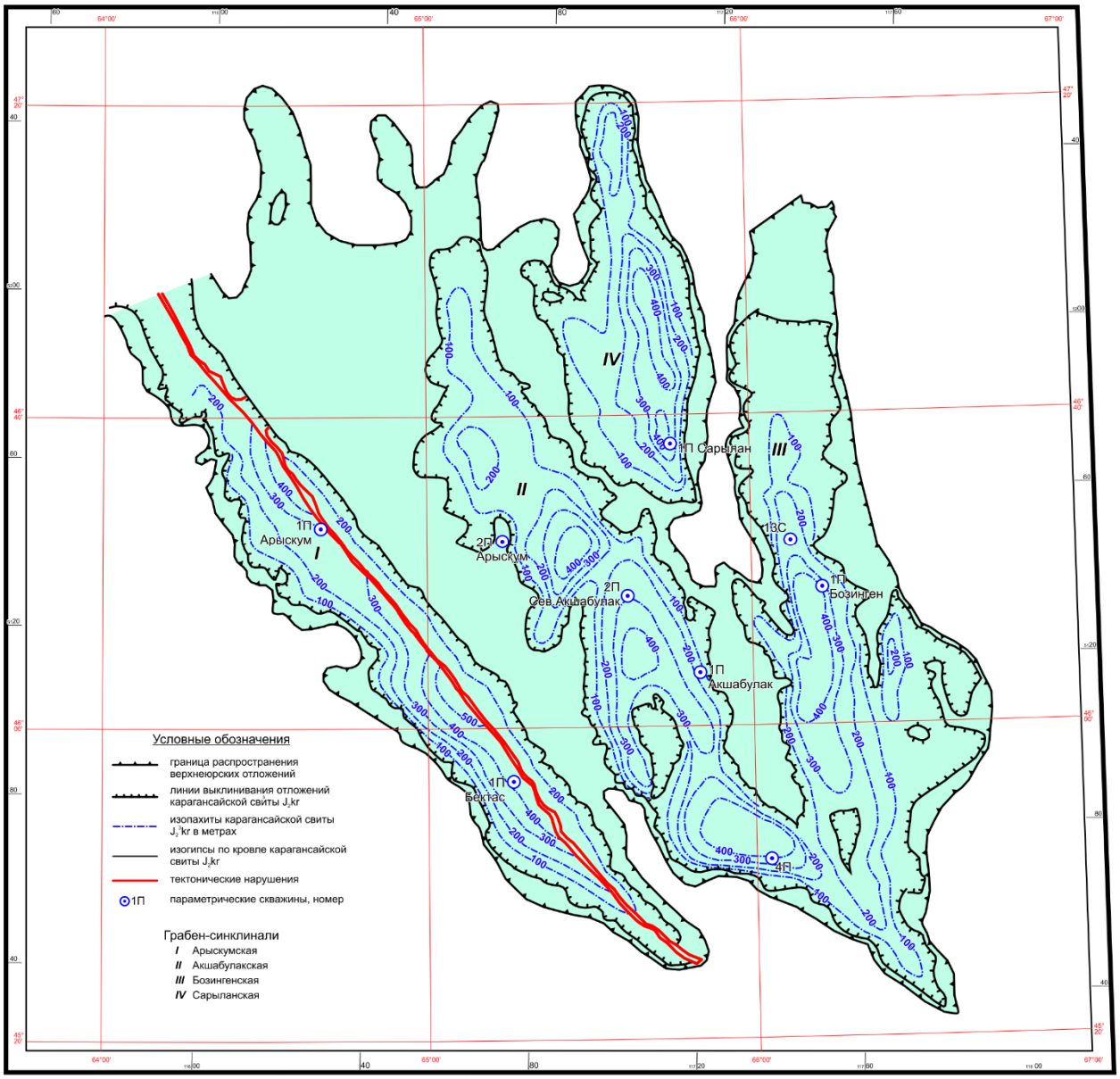


Figure 6 – Aryskum trough. Map thickness of the Karagansay Formation J_2^3kr

But if in the parametric wells there is a selection of a large number of cores with the appropriate volume of laboratory works with sufficient density of sampling (after 25–50 m and more often), the remaining wells are more often drilled without coring, or with selection in limited intervals.

Parametric wells were naturally grouped by grabensynclines – in the Aryskum g/s wells Bektas 1P, Aryskum 1P and Zhinishkekum 1P were drilled. All of them are located in the zone of influence of the Main Karatau fault on the western elevated block.

In Akshabulak h/s there are wells Akshabulak 1P, North. Akshabulak 2P and Aryskum 2P and 4P. Bozingen 1P and Sarylan 2P wells were drilled in Bozingen and Sarylanskoye. In the north, in the Zhilanshik trough – wells Sazymbay 1P and 2P.

Materials on the parametric wells are presented in the form of lithologic-geochemical columns with data on lithology for core sampling and geophysical studies (GIS) in wells, laboratory measurements of organic carbon, soluble bituminous chloroform (CB) and alcohol-benzene (CBF), carbonate, porosity and of the volume weight. In the columns of the contents of $C_{org.}$ andbitumoids are averaged, without subdivision into species of rocks.

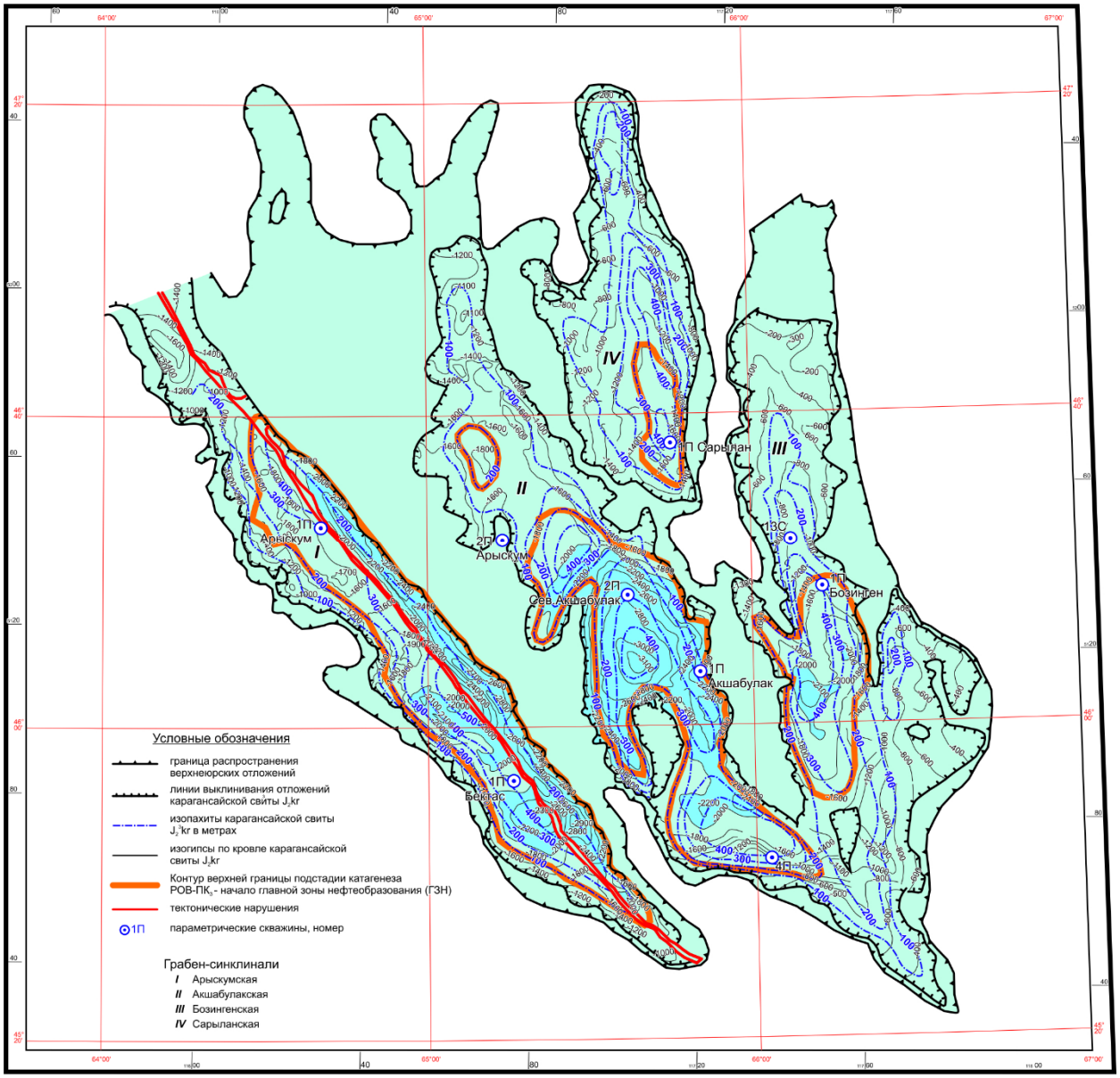


Figure 7 – Aryskum trough. Map thickness of the Karagansay Formation (combined with the isohypes map) and the GZN contour

As an illustration, the data for the Akshabulak 1P well are given below. These data are accompanied by a brief description of the section. When assessing the saturation of the section with organic carbon, they proceeded from information on the shale topics in the United States that the extraction of shale gas is carried out from sediments containing $S_{org.}$ from 2% and above.

The Akshabulak 1P well is located on the eastern side of the Akshabulakgraben-syncline, in the area of its contact with the Aschisai horst-anticline. At a depth of 3500 m, it opened the entire section of the Mesozoic-Neozoic complex and, at a depth of 2,690 m, entered the foundation rocks represented by the Proterozoic shales.

Deposits of the Jurassic complex in the interval 1724–2790 m were revealed in the composition of the Akshabulak and Kumkol suites of the Upper Jurassic, as well as the Middle Jurassic Jurassic in the Karagansai and Doshchanskaya suites.

The results of geochemical studies of the core from the well are shown in Figure 4, where the boundaries between the Kumkol, Kara-Gans, and Doshchanskaya formations are quite clear. Concentration of Corg. andbituminoids increases stepwise from the shallow depths of the Akshabulak suite to the bottoms of the Karagansay suite and again decreases in the sediments of the doshchanskaya suite.

In the *Karagansay suite*, with a capacity of 263 m. The lower and upper parts are distinguished by petrographic features. Dark argillites and siltstones with interlayers of siltstones and sandstones prevail in the lower one, in the upper part the share of sand material increases, carbonate material appears before the formation of dolomites. In the roof part of the section (53 m.) – dark brown and black mudstones saturated with DOM, which are highly mineralized bituminous shales.

The dispersed organic matter is contained both in the form of detrital forms and gelified, giving the breed a characteristic brownish shade. The increased carbonate content of rocks is noted in the deposits of the Karagansay and Kumkol suites. For the entire interval of the Karagansay Formation, the high content of C_{org} is characteristic. andbitumoids, as well as very clearly marked its upper and lower boundaries.

Organic carbon content C_{org} in sandstones 0.5–2.4%, average 1.6%; in siltstones 1.14–2.67%, average 1.6%, in mudstones 2.4–5.3%, average 3.5%.

Elevated levels of kerogen caused a significant bituminousness of rocks, which in fine-grained varieties amounts to tenths of a percent, and in sandstones and siltstones 0.03–0.05%.

The ratio of the amount of chloroform extracts and alcohol benzene is close to unity, which indicates a small proportion of migration components.

In the composition of bitumen, oleaginous (SMB), resinous (SB) and asphalt-resinous (ASB) varieties predominate, confined mainly to clayey rocks. In sandstones and siltstones bituminoids are of a lighter composition and with lower concentrations.

According to the nature of distribution of DOM in the rocks of the Karagansay Formation, they are classified as petroleum reservoirs, which contain a large number of mobile components.

The Doshchanskaya suite is represented by the interlacing of gray sandstones from shallow to coarse-grained with intercalations of mudstones and siltstones with conglomerates of medium-hectare, fragments of siliceous shales. The contents of Corg. in the suite does not exceed 0.10%, the content of bitumen from 0.005 to 0.1%. Its sediments are formed in coastal conditions, in an oxidizing environment.

In the *Kumkol* suite, the content of Sorg. does not exceed 0.5% and its own generation potential is very insignificant because of the low transformation of rocks and the residual epigenetic differences sorbed by clay substance and syngenetic components prevail in them.

In the section of the Akshabulak 1P well, the Karagansay suite is a promising target for approbation of "shale" technologies.

For the Aryskum trough, geochemical columns were compared by parametric wells for all graben-synclines from Aryskumskaya in the west to Sarylanskaya in the east.

Figure 5 shows that for all wells, a general pattern is observed in the 1A Akshabulak well, consisting of elevated soluble bitumoid and organic carbon contents in the depth intervals corresponding to the Karagansai suite.

The structure of the Karagansay suite is displayed on the structural map along its roof (Figure 2). This is the boundary between the sediments of the Kumkol suite of the upper (J_3km) and the middle (J_2kr) Jurassic. In seismic data, this is the reflecting horizon IV (OG IV). The boundary of the division of the Karagansai and the underlying doshchanskaya suite corresponds to the reflecting horizon IV '(OG IV').

The difference in the depths of the OG IV and IV ', with reference to the sections of deep wells, was the basis for constructing the capacity map (isopachite) of the Karagansai suite (Figure 6). The interval of variation in the thickness of the formation is 0-400 m and more. The maximum power is confined to the axial parts of the graben-synclines, their wedging areas are wedged out.

The area of the Karagansay Formation is the Aryskum trough. In the Zhilanshik depression in deep boreholes, the Karagansay suite is not found, and the Lower Cretaceous deposits lie on the deposits of the doshchanskaya suite.

According to the modeling of catagenesis performed by DA Shlygin and Kh. Kh. Paragulgov, from the depths of 1800 m in the Aryskum trough begins the substage of catagenesis of the POC PK_3, from the depth of 2200 m – the sub-stage MK_1, and from a depth of 2,600 m – the sub-stage MK_2.

These data were used to determine the contour of occurrence of the Karagansai Formation in the main oil formation zone (GZN), and together with the capacity map – to determine the volume of rocks in the GZN.

The outline of the beginning of the GZN was drawn on the map along the roof of the Karagansai suite – according to the depths of the deposits of the Karagansay suite of 1800 m and more (Figure 7).

The volume of the rocks of the Karagansai suite along the Aryskum trough, located in the main oil formation zone of the GZN, was: 1520 km^3 with an area of 5,900 km^2 and a thickness of 0.256 km.

Including:

– according to the Aryskumgensys, 558 km^3; 2325 km^2; 0.24 km;

– according to the Akshabulak railway station, 565 km^3; 2250 km^2; 0.26 km;

– according to Bosingen railway station with 293 km^3; 975 km^2; 0.3 km;

– according to the Sarylanskaya g/s 105 km3; 350 km^2; 0.3 km.

These data can be the starting point for forecasting hydrocarbon reserves in the Karagansay Formation for unconventional "shale" hydrocarbon resources.

As a result of the work done in the South Torgai Basin, the existence of a highly promising formation on the shale HC formations, the Karagansay Formation of the Middle Jurassic, was justified.

The next task will be to identify specific horizons (layers) containing hydrocarbons in low-permeability reservoirs. This is a task for specialists in field geology and geophysics to plan the next stage of experimental work on the problem of oil shale in search areas.

The most promising for the beginning of prospecting for non-traditional "shale" resources of hydrocarbons are the largest graben-synclines – Aryskum and Akshabulak. At the beginning of prospecting for this resource, Akshabulakskaya g/s, due to a simpler geological structure (in comparison with Aryskumskaya gypsy), and the already drilled wells that opened the Karagansay suite with non-industrial oil inflows and signs of a possible (but not realized) oil and gas bearing using traditional methods of sampling.

When selecting the objects for carrying out such work, it is necessary to use the maximum possible complex of geological and geophysical materials for field and field geophysics (seismic survey of MOGT-3D).

В. А. Попов, С. М. Оздоев, Л. Л. Кузнецова, С. А. Нигматова, А. Касымханкызы

Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

ОҢТҮСТІК-ТОРҒАЙ МҰНАЙГАЗДЫ БАССЕЙНІНІҢ ЖАНҒЫШ ТАҚТАТАСТАРЫ

Аннотация. Оңтүстік-Торғай мұнайгазды бассейнінің «тақтатасты» көмірсутектердің бар болу мұнайгаздылығы перспективалары қарастырылды.

«Жанғыш тақтатас» деп аталынатын таужыныстардың негізгі ерекшеліктері – жабық кеуектілік жағдайында органикалық заттек (ОЗ) құрамының жоғары мөлшері, сәйкесінше аз өткізгіштігі және мұнайгаз пайда болу (МГП) негізгі аймағында шамамен 40–50 млн жыл жатуы. Бұл жағдайда жетілдірілген мұнай мен газ аз өткізгіштікті аналық қабат жағдайында қалады.

Осы аз өткізгіштікті таужыныстар құрамындағы көмірсутектер өндірістік деңгейде тек оларға жару арқылы әсер ету жолымен өндіріледі, ол құрамында техногенді жарылымды сақтауды қамтамасыз ететін

құмы (пропант) бар және мұнайды минералды матрицадан айыруды қамтамасыз ететін химикаттар жиынтығы бар жарылымды кеуектіліктің пайда болуына жағдай жасайтын бұрғылау ерітіндісімен жасалынады.

Орындалған жұмыстар барысында Оңтүстік-Торғай бассейнінде орта юраның қарағансай свитасы формацияларының тақтатасты көмірсутектерге жоғары перспективтілігі дәлелденді. Келесі міндет төменгі өткізгіштікті коллекторларда нақты көмірсутекті горизонттарды (қабаттар) анықтау болып табылады. Бұл іздеу аудандарындағы жанғыш тақтатас мәселесі бойынша тәжірибелік жұмыстардың келесі кезеңін жоспарлау үшін кәсіпшілік геология және геофизика мамандарының міндеті.

Түйін сөздер: Оңтүстік-Торғай бассейні, жанғыш тақтатастар, тақтатасты мұнай мен газ, Ақшабұлақ және Арысқұм грабен-синклинальдары.

В. А. Попов, С. М. Оздоев, Л. Л. Кузнецова, С. А. Нигматова, А. Касымханкызы

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

ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ ЮЖНО-ТОРГАЙСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Аннотация. Рассмотрены перспективы нефтегазоносности Южно-Торгайского нефтегазоносного бассейна на наличие «сланцевых» углеводородов.

Главные особенности пород, называемых «горючие сланцы» – достаточно высокое содержание органического вещества (ОВ) в условиях закрытой пористости, соответственно их низкая проницаемость и нахождение в условиях главной зоны нефтегазообразования достаточно продолжительное время – порядка 40–50 млн лет. При этом созревшие нефть и газ остаются в условия низкопроницаемой материнской свиты.

Углеводороды, содержащиеся в этих низкопроницаемых породах, могут добываться в промышленных масштабах только после воздействия на них гидроразрывом, обеспечивающим образование трещиноватой пористости с буровым раствором, содержащим песок (пропант), который обеспечивает сохранение этой техногенной трещиноватости и набором химикатов, обеспечивающим отрыв нефти от минеральной матрицы.

В результате выполненной работы в Южно-Торгайском бассейне обосновано наличие высокоперспективной на сланцевые УВ формации – карагансайской свиты средней юры. Следующей задачей будет являться выявление конкретных горизонтов (пластов), содержащих УВ в низкопроницаемых коллекторах. Это задача для специалистов по промысловой геологии и геофизике для планирования следующего этапа опытных работ по проблеме горючих сланцев на поисковых площадях.

Ключевые слова: Южно-Торгайский бассейн, горючие сланцы, сланцевые нефть и газ, Акшабулакская и Арыскумская грабен-синклинали.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 18 – 22

UDC 549; 549.2/8; 549:548

T. Shabanova, B. Glagolev

Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Satpayev University, Almaty, Kazakstan.
E-mail: Vaglag@mail.ru

CARBONACEOUS CONNECTIONS AND OXIDE OF SILICON IN NANOWORLD

Abstract. The compounds of CmHnand SimOn types are the steady and widespread massive material innormal conditions. In terms of carbon particles selected in Kazakhstan deposits, it was established, that all types of particles identified by the classification of nanoforms during synthesis exist in natural conditions in the deposits.. In many cases the formation of nanosizeparticles associated with "capture" of inclusions. Assumptions about dimensions of inclusions were made.

Example of reconnaissance – surveyed systematization of twenty – five objects for the identification of promising deposits are given. The areas, perspective for extraction of formed forms are not those for the formed graphites. The probable model of carbon behavior in the nature was described.

Carbonaceous matter (oxide of silicon) and its composites are capable to become a natural raw material.

Key words: nanosize, carbonaceous particles, inclusions, deposits.

Introduction. The world has already enteredinto thenanoera and it is difficult to find the sphere of human activity wherever nanosized particles are not used. Now it is time when unusual properties of nanomaterials were already discovered. The world has passed to a directed study of the properties of specific materials involving nanoscale formations. Moreover, many composite materials will be obtained in several stages. Hard core of nanowaves are obtained by physical chemistry methods, but because of small quantities of the product it does not satisfy the demand of the industry. We are faced with the task of finding the sources of nanosubstances in nature. It will be a new raw material. Based on knowledge of nanoparticles, data on synthesis processes and geological conditions of genesis [1, 2], we can predict the occurrence of these particles in known (analytically studied) deposits. For the initial studies, the most common carbon and siliceous components of rocks and ore materials are selected. Carbon shales are considered promising in research for carbon. A reconnaissance survey for the content of natural substance nanoforms are carried out for more than 25 developing processes. Fields of primary research have been identified, nanoforms isolated by chemists have been found.

Combinations of CmHn and SimOn. Carbon combinations and silica (oxideofsilicon) are one of the most common minerals on Earth. Therefore, we began to study nanoscale rocks from them. Carbon and silicon are elements of group 4, 2 and 3 periods of the periodic table. They can both give and receive electrodes, attaching other elements. The combinations formed in most cases of the type CmHn and SimOn (for example, CH_4 and SiO_2) were considered. When formed from the galactic cloud of hydrogen – they are formed among the first and are sufficiently stable in terrestrial conditions. Moreover, if compounds of CmHn type can be found in gaseous (gas), solid (carbon, shales) and in the liquid state (oil), then compounds of the SimOn type are found mainly in the form of solid compounds (quartz). Carbon and its compounds have different forms (CH_4, C_2H_2 ..., CO ....). But they all turn into carbon (C) at low temperatures. SimOn compounds are stable under the same and higher temperature conditions and do not convert to silicon (Si).

The substance formed in natural conditions has a mass of inclusions, which complicates its diagnosis. At the same time, the same substance synthesized from a finite number of certain atoms, under given

conditions, has practically no foreign impurities, it is "pure", and can be diagnosed [3-6]. There are many works devoted to the study of the characteristics of synthesized substances and their application. This became the basis for research and comparison of substances obtained from two methods – synthesized and found in deposits.

Due to the formation of the substance occurs at a nanoscale level, not individual chemical elements, but the forming substances were investigated. Sample preparation and research were conducted under the same conditions. Visualization of objects was carried out with the help of a transmission electron microscope [7, 8]. According to the previously made classification of morphostructures of synthesized objects, their formation in nature was predicted (formation in a nanozone, hierarchical scheme). Then, according to the received data, natural objects were investigated.

Types of particles. More than 25 deposits/developing process were analyzed for the presence of nanoparticles analogous to synthesized ones. To find the nanoforms in their material, the deposits were selected along the known synthesis conditions. With a possible coincidence of the conditions of synthesis and natural conditions all forms of particles of nanosubstance predicted by chemical science were found [9-11]. However, in nature, due to the influence of environmental conditions, non-standardized contribution of catalysts, the presence of a more complex environment, etc., the morphology of some nanoparticles is slightly different from the synthetic (initial – reference) nanoscale particles (Table). For example, in the presence of tubular particles of big diameter the "sagging" individual parts is possible. The uncontrolled surface of the tube can form a structure resembling a launder (Bekenov's new mineral [12]). In the synthesis processes, giant nanotubes are observed. Their walls contain graphite compounds and, therefore, do not bend under their own weight.

The forms of nanoparticles found in nature

1	Roundshape	Gold grain, V. Matvienko; opals, sintered and «adherent» particles (TEM, IGS)
2	Tubes	Fiber rocks; «graphite structures»; new mineral, G. Bekenova (TEM, IGS)
3	Fibres	Copper-palladium mesh (TEM, IGS)
4	Films исovers	Graphite, carbon (TEM, IGS)
5	Cloud particles	In all natural samples (TEM, IGS)
6	Active particles	Particle edges
7	Particles with regular crystallographic projections	Nanodiamonds from Yakutia and Bakyrchik (TEM, IGS)

Table shows the observed nanoforms of particles, analogs to synthesized particles (the second column), mineral species, research authors, instrument and place where images of nanforms were obtained (third column).

The table is agreed with numerous reports carried out at the Institute of Geology works.

Inclusions. Under formation of nanoparticles in nature, carbon compounds (and silica) should release inclusions. Inclusions – impurities (including ore) may differ in location in the carbon-bearing matter [13] (Figure).

An ionic level of inclusions is possible (Figure, a). It is formed by inclusions in a lattice constructed of atoms. For layered minerals, for example graphites, this is an occurrence in layers of graphs/graphenes (entry into their crystal lattice, according to the hierarchical scheme this corresponds to the first level). In this case uncharacteristic minerals are formed. The average (stoichiometric) composition of these phases can correspond to one of a number of compounds. The final members of the series are pure (with unbroken stoichiometry of allotropic compounds - simple in the crystallographic formula) minerals.

Inclusions can be at the atomic-molecular level (Figure, b), which is typical for a mixture of individual molecular forms (minerals). For carbon, this level is formed from individuals (impurities) entering the layered structures (as in the formation of graphite layers).

Inclusions can be in cluster form (Figure, c), which is obtained by closing the connections inside the substance/impurity. Such formations are distinguished in placers in the form of "rounded-sintered" nuggets. According to the hierarchical scheme – this phenomenon corresponds to the second and higher levels of nanosubstance formation.



Ocurrence of an impurity in layers of graphite:
a – the layers forming graphite; b, c – impurities.

Probably, the levels of composite compounds should correspond to the same levels (ionic, molecular and cluster compositional compounds).

The dispersed carbons themselves can also have chemically unconnected (independent) clusters – nurnazenes (similar to small fullerenes).

The formation of monocrystals of diamonds and quartz, probably goes on a different way. Carbon in a hierarchical scheme can form compounds of the first stage, on the basis of atom. Silica belongs to the second stage, that means, compositions based on the SiO_2 molecule are dominated (octahedral or tetrahedral crystallographic forms). The formation of quartz, as described by N. Shabanova, [14], is derived from unsaturated solutions.

The morphostructures of synthesized nanosized particles are much richer than natural formations. Probably, it is due to the "limit" effect of the elements diversity involved in the formation of matter in natural nanozones.

In natural phenomenon was established the prevalence of cloudy-film structures of carbonaceous matter. The matter is able to form the unique shells on the boundaries of the mineral matrix particles, thus forming composite compounds [15]. Composite materials are also in demand in the industry.

From theoretical research follows practical conclusions. Where the extracted phase and dimensions of the ore body can be formed, dimension (the size of the dispersion to which the rock is to be crushed) and extraction technology (including the extracted element). All this determines the complex of technological problems of using minerals and, so far not taken into account, new properties of mineral raw materials.

Classification of objects. Reconnaissance studies have allowed us to classify objects according to certain parameters (DTA, XRF, TEM) in turns of research.

There are the most promising deposits for the searching a nanostructures Maykol deposit, Siyakezen, Akzhaylau-2, and Karaganda coal basin. The Maikol deposit contains bulk particles of graphites and prospective generating graphene/grafan. Siyakezen's deposit contains bulk particles of graphite, and in intermountain valleys, there are particles formed during local ignition of "fluids" - gases. The occurrence of Akzhaylau-2 may contain diamond-like forms, the formation of which may also be associated with the release of gas fluids. Deposits of Karaganda coal basin contains bulk particles of graphite and can contain diamond-like forms, the formation of which can also be associated with the release of gas fluids.

Then there are the deposits of the second stage: Karasai, Koksu, Oikaragai, "Ayuly", Tekeli, etc.

Model. Probably, "carbon cycle in nature" is as follows. In parent rocks, all carbon is in compounds. After the expiration of the time, the rocks are transformed, and the carbonaceous masses begin to separate, ... including carbonaceous shales (in these thermodynamic conditions, the carbon in the shales forms a layered system). The formed schistose structures are probably related to the penetration of carbonaceous substances through the schistosity of the rocks. Schistosity is accompanied by the formation of graphene/graphane and graphite. Next comes the release of carbon gas from the original ground. There is a decrease in the length of the crystal structures. In natural objects discoloration of carbonaceous matter is observed. The "washout" of dispersed (nano-sized) carbon leads to the appearance of structures released from the «original ground» that are similar to Raskelite. "Nonvolatile" fine dispersed nanosized carbonaceous substance, getting into the soil, turns into a suspension (amorphized) and colloid, and washed out by atmospheric and ground water. It is possible the formation of secondary forms. As for the siliceous compounds, they obviously undergo the same transformations. But unlike carbon, which can form structures of atoms (beginning with the first level in a hierarchical scheme made by chemists), the formation of SimOn structures occurs from the second – molecular level.

The probable presence of *"graphite"* structures may lead to the appearance of graphite degree of order in general non-graphite layered structure [16]. In the weathering zone massing the formed graphites and the products of their decay/growth. Together with the amphysized particles there are two-three-dimensional structured particles and various graphites – well-structured formations.

Conclusion. There is always a risk that, it is necessary to determine the priority of the investigation of deposits/manifestations according to another principle. The exhalation of natural nanoforms, similar to those synthesized, may not be in the first place. But studies of developed structures exclude the priority of studying deposits, where graphene or composites based on shell structures (capsules) of carbon and silica are expected. The extraction of the found substance (carbon particles and silica) is not immediately profitable, as it requires new technologies for extraction, transportation and processing. It is also necessary to clarify the existence in nature of nurnazenes, with prospective application.

Carbonaceous matter (silica) and its composites can and should become a natural mined raw material.

The science of nanosubstance is at the beginning, but it is stimulated by nanotechnologies, which requires new materials for obtaining new, more profitable goods. And this explains the lack of a systematic approach to research. But only systematic research can lead society to the desired result. There is a research at the nanoscale level of the phases - inclusions (including ore) in all rock-forming minerals. There is a selection of material on the phases of available chemical and other data with mathematical confirmation of frequency.

Probably, soon it will be possible not only to distinguish the impurities entering into the graphene structure and between the layers of graphene, in the graphite structure and between the packing of graphites, but also purposefully to extract this phase. Then, ore mining technologies in carbonaceous shales will become non-waste, and synthesis in limited amount will be changed by extraction in applied volume.

REFERENCES

[1] Andrievskiy R.A. Osnovy nanostrukturnogo materialoveden'ya. Vozmozhnosti i problemy. M.: Binom. Laboratorya znanij, 2012. 252 P. (in Rus.).

[2] Koneev R.I. Sovremennye vyzovy i perspektivy nanomineralogii – novoe napravlenie mineralogii. Syktyvkar: Geoprint, 2011. 365 P. (in Rus.).

[3] Mansurov Z.A., Mofa N.N., Shabanova T.A. Synthesis of powder materials with particles encapsulated into carbon containing nanostructural films // Eurasian chemico-technological journal, the international Hider Education Academy of Sciences. Almaty, 2010. Vol. 12, N 1. P. 45-54 (in Eng.).

[4] Mansurov Z.A., Shabanova. T.A., Mofa N.N., Glagolev V.A. Uglerodnye nanomaterialy: struktura mimorfologiya poverhnostej // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. 2014. Vol. 87, N 5. P. 186-195 (in Rus.).

[5] Shabanova T.A., Fatcheva A.V. Nanostruktury ugleroda i kremnezemov // Gorenie i plazmohimiya. Almaty, 2017. Vol. 15, N 1. P. 59-65. (in Rus.).

[6] Mansurov Z.A., Shabanova T.A., Mofa N.N., Glagolev V.A The morphological structure of carbon- and silicon containing nanoparticles // Eurasion Chemico-technological journal. 2012. Vol. 14. P. 25-29 (in Eng.).

[7] Shabanova T.A., Glagolev V.A. Razmer prirodnyh uglerodistyh nanochastic i kremnezemov chernyh slancev // Izvestiya NAN RK. Ser. geologii i tekhnicheskih nauk. 2017. N 1(421). P. 63-71 (in Rus.).

[8] Mansurov Z.A., Shabanova T.A., Mofa N.N., Glagolev V.A. Uglerodnye nanostruktury v prosvechivayushchem ehlektronnom mikroskope // «Perspektivnye tekhnologii, oborudovanie i analiticheskie sistemy dlya materialovedeniya i nanomaterialov». g. Astrahan', 27–28 iyunya 2012 (in Rus.).

[9] Shabanova T.A., Glagolev V.A. Formirovanie uglerodistogo veshchestva i kremnezemov na nanorazmernom urovne // Izvesti NAN RK. Ser. Geologicheskaya. 2012. N 1. P. 100-108 (in Rus.).

[10] Mansurov Z.A., Shabanova T.A., Mofa N.N. Sintez i tekhnologii nanostrukturirovannyh materialov. Almaty: KazNU im. al'-Farabi, 2012. 316 p. (in Rus.).

[11] Bektybaeva M.A., Glagolev V.A., Shabanova T.A. Nekotorye zakonomernosti v formirovanii nanorazmernyh individov // Izvestiya NAN RK. Seriya geologicheskih i tekhnicheskih nauk. 2013. N 3. P. 65-71 (in Rus.).

[12] Saburov S.P., Britvin S.N., Bekenova G.K., Sergieva M.N., Kotelnikov P.E. et al Niksergievite $[Ba1.33Ca0.67Al(CO_3)(OH)_4]$ $[Al_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2]$ nH_2O, a new phyllosilicate related to the surite-ferrisurite series // American Mineralogist. 2005. 90. P. 1163-1166 (in Eng.).

[13] Shabanova T.A., Glagolev V.A. Distribution properties of the synthesized carbon on natural carbonaceous substance Carbon 2014, 28 iyunya – 5 iyulya, Jeju SP 077 CD (in Eng.).

[14] Shabanova T.A., Sarkisov P.D. Zol'-gel' tekhnologii. Nanodispersnyj kremnezem. M.: BINOM. Laboratoriya znanij, 2012. 328 p. (in Rus.).

[15] Mansurov Z.A., Mofa N.N. Nano-Structurized materials of spectral purpose on the basis of Silicon Diocxide // Key Engineering materials. 2011. Vol. 484. P. 230-240 (in Eng.).

[16] Shabanova T.A., Glagolev V.A. Zonal'naya strukturizaciya ugleroda // Izvestiya NAN RK. Ser. Geologii i tekhnicheskih nauk. 2016. N 1. P. 46-51 (in Rus.).

Т. А. Шабанова, В. А. Глаголев

Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

НАНОМИРДЕГІ КАРБОН КОМПОНЕНТТЕРІ МЕН КРЕМНЕЗЕМ

Аннотация. CmHn және SimOn типіндегі қосылыстар осы геосфералық жағдайда тұрақты және кең таралған тастар болып табылады. Қазақстандық кен орындарында таңдап алынған көміртекті бөлшектердің мысалында синтез кезінде нано түрлердің жіктелуімен анықталған бөлшектердің барлық түрлері кен орындарындағы табиғи жағдайларда бар екендігі анықталды. Көптеген жағдайларда наноөлшемді бөлшектердің қалыптасуы инклюзиялардың «басып алынуына» байланысты. Инклюзияның өлшемдері туралы болжамдар қабылданады.

Келешегі бар кен орындарын анықтау үшін барлау-іздестіруге алынған жиырма бес объектіні жүйелендіруге мысал келтірілген. Алынған нысандарды алу үшін перспективалы болып табылатын облыстар қалыптасқан графиттерге ұқсас емес. Табиғаттағы көміртекті мінез-құлықтың ықтимал моделі сипатталған.

Көміртекті заттар (кремнезём) және оның композиттері табиғи минералды шикізат болуы мүмкін.

Түйін сөздер: наноқұрылымды, көміртекті бөлшектер, қосындылар, кендер.

Т. А. Шабанова, В. А. Глаголев

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

УГЛЕРОДИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И КРЕМНЕЗЁМ В НАНОМИРЕ

Аннотация. Соединения типа CmHn и SimOn являются устойчивыми и распространенными породами в нормальных условиях. На примере углеродных частиц, отобранных в Казахстанских месторождениях установлено, что все виды частиц, выделенные классификацией наноформ при синтезе, существуют в природных условиях в месторождениях. Во многих случаях в образование наноразмерных частиц сопряжено с «захватом» включений. Сделаны предположения о размерностях включений.

Приведен пример систематизации рекогнасцировочно-обследованных двадцати пяти объектов для выделения перспективных месторождений. Площади, перспективные для добычи образующихся форм, не являются таковыми для сформированных графитов. Описана вероятная модель поведения углерода в природе.

Углеродистое вещество (кремнезём) и его композиты могут стать природным добываемым сырьем.

Ключевые слова: наноразмеры, углеродистые частицы, включения, месторождения.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 23 – 32

UDC 622.85:504.06

V. Korobkin[1], I. Samatov[2], Zh. Tulemissova[1], Ye. Dobrovolskaya[1]

[1]«Kazakh-British technical university» JSC, Almaty, Kazakhstan,
[2]Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: Korobkin_w@mail.ru; Samatov.40@mail.ru; Ztulemissova@gmail.com; Helena.dobrov@rambler.ru

HIGH-TEMPERATURE TESTS OF THE GABBRO-BASALT GROUP OF KAZAKHSTAN FOR PRODUCTION OF MINERAL WOOL

Abstract. The results of studying the rocks of the gabbro-basalt group in the territory of Kazakhstan are described: 1) their material composition and thermal behavior in the temperature range 20–1000 °C; 2) high-temperature tests were performed on the LNT 04/16 installation in heating modes from 40 to 1500 °C. For this, rocks from different regions of Kazakhstan were selected, differing in chemical content and the degree of perfection of their mineral inclusions in accordance with existing standards. As a potential raw material, rock samples were used near major economic centers in Northern, Central and Southern Kazakhstan. Calculations of the viscosity of rocks of the gabbro-basaltic series were carried out by the method of E. S. Persikov. For the production of basalt fibers with specified characteristics for strength, chemical and thermal resistance and certain electrical insulating properties, it is proposed to use basalt rocks with characteristics in terms of chemical composition and properties of raw materials. Analysis of the available data showed that in many regions of Kazakhstan there are deposits of rocks of the gabbro-basalt group, suitable for the production of mineral wool, whose reserves amount to many tens of millions of tons. Technologies for the production of basalt fibers, especially continuous fibers, are quite new, they have a number of principal features related to the raw material. For each type of basalt requires its own special technological regimes and parameters of fiber production. The processes of melting, homogenization and preparation of the melt pass at high temperatures of 1400 °C and are associated with certain energy inputs. Technologies for processing basalt fibers in materials and products are not associated with high-temperature processes and are produced using "cold technologies". Thus, the production of basalt wool is essentially energy-saving and environmentally friendly.

Key words: mineral wool and fibers, basalt, diabase, gabbro, amphibolite, geological and petrological characteristics, chemical, thermal, X-ray diffractometric and microprobe analyzes.

The magmatic rocks of the gabbro-basalt group are the raw feedstock for the production of basalt fibers. They have high natural chemical and thermal resistance. The main energy functions of primary melting of rocks of the gabbro-basaltic series were fulfilled by nature. The rocks of the gabbro-basalt group are a ready-made natural raw material for the production of fibers. At the same time, the cost of extracting basalt raw materials is meager.

The results of studying the material composition and thermal behavior in the temperature range 20–1000 °C of the rocks of the gabbro-basalt group from some regions of Kazakhstan are described in the works [1-4]. The article gives the results of high-temperature tests at the LNT 04/16 installation in heating modes up to 1500 °C. For this purpose authors used the rock samples from different regions of Kazakhstan, different in chemical content and the degree of sophistication of their mineral spots according to existing standards and earlier studies [5-8].

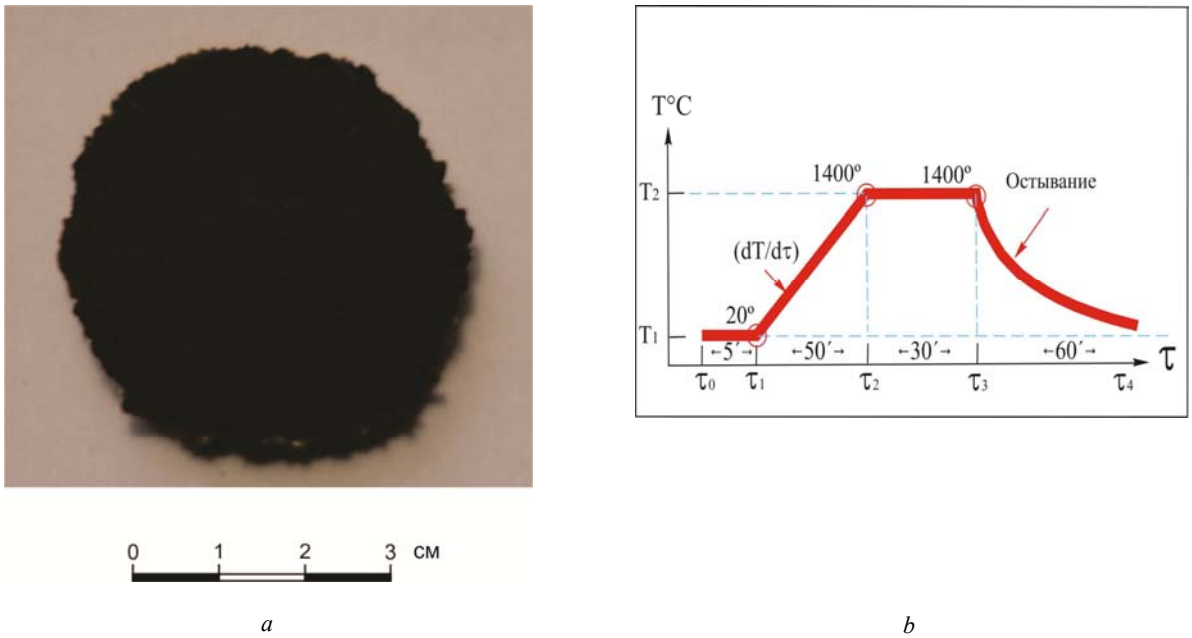
As raw materials, authors selected rock samples near the economic centers in the Northern region (Schuchinsk District), Central region (Pribalkhash) and South region (south-east of the Chu-Ili Mountains) of Kazakhstan (Table 1). Figures 1–8 contain sample photos of the firing of selected samples and the high-temperature heating schemes.

Table 1 – X-ray spectral analysis (silicate)

Content, %											
Sample #	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	п.п.п.
Northern Kazakhstan											
K-13-15, gabbro-amphibolite	2,38	6,76	13,90	48,62	0,34	1,91	10,09	1,32	0,17	11,88	2,63
K-14-15-1-2, basalt	3,54	10,34	13,84	46,72	0,15	0,40	13,72	0,98	0,14	8,78	1,39
Central Kazakhstan											
K-12-15, dacite	2,93	1,16	13,89	66,13	0,22	4,55	1,08	0,78	0,17	8,13	0,96
K-16-15, andesibasalt	3,75	5,34	14,70	57,20	0,22	0,24	6,90	0,79	0,09	7,46	3,31
K-17-15, basalt tuff	3,55	5,56	19,31	52,81	0,26	0,24	1,18	1,38	0,26	10,20	5,25
Southern Kazakhstan											
K-3-15, Gabbro	2,30	11,45	16,27	52,10	0,05	0,18	2,51	1,08	0,16	11,76	2,14
K-20-16-1, basalt	3,40	4,05	18,12	54,16	0,34	0,24	3,73	1,90	0,11	9,68	4,27
K-20-16-2, basalt	3,97	4,21	14,32	55,41	0,27	0,39	6,35	1,53	0,11	7,83	5,61

Northern Kazakhstan

Saga basalt suite (sample K-14-15-1) under conditions of dynamic heating of the feed from 20 to 1400 °C for 50 minutes and isothermal time exposure of this temperature within 30 minutes changed its appearance, which is related to the transition of the test system from crystalline into an amorphous state. After cooling down, fusion mixture transformed to the dense mass of dark brown color with an opaque shade. Brown shades prevail on the outer surface of the obtained product, which adjoined the air during warming up. The effect caused by the presence of hematite, which with the loss of part of the oxygen transforms into magnetite. The described sintered product has acquired the qualities of a solid, fine-porous ceramic mass, the durability of which does not concede to petrosites [6-8], obtained by sintering of granites. When the fusion mixture is fired at 750° C, its weight decreases by ~ 12.5%, as a result of the destruction of lizardite and dehydration of tremolite, and at 1,400° C the mass of the product decreases by another 3%. As a result, the complete firing cycle reduces the weight of the tested rock by 15.5% (Figure 1).



a *b*

Figure 1 – a) photo illustrations of burned basalt product, Saga suite (O2-3sg); b) high-temperature heating circuit. Temperature and chronological parameters of basalt (sample K-14-15-1) burning under heating conditions of 1400° C (5', 50', 30') - the first number means the upper-temperature limit of the temperature effect, the numbers in parentheses correspond to the waiting time, dynamic heating, the stage of isothermal calcination of the sample. The cooling time is shown in the diagram

The chosen mode of calcination of the sample K-14-15-1 is applicable for obtaining ceramic material from this type of raw material. The procedure for securing fiber products of this kind of basalt requires, upon calcination, the attainment of a complete molten state of the fusion mixture. It is used in the production of mineral wool of more finely grinding stone material. To this end, for our sample, we have proposed a different firing scheme, which provides the dynamic heating of the furnace from 20 to 1500 °C for 100 minutes, with the further transition, at this temperature, to an isothermal heating mode lasting 20 minutes. The nature of cooling of the system remains the same, i.e., not forced – in the mode of exponential cooling of the furnace space to room temperature. Thermal testing of the fusion mixture under heating conditions at 1400–1500 °C led to its complete homogenization (Figure 2).

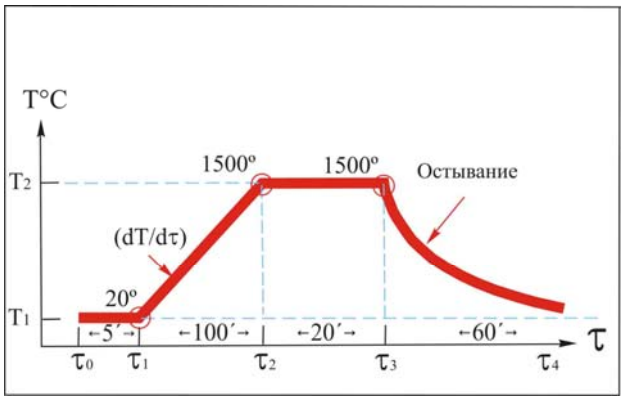


Figure 2 – Scheme of the burning of the Saga basalt suite (O2-3sg), sample K-14-15-1.
Temperature and chronological parameters under high-temperature heating conditions of 1500 °C (5', 100', 20')

The Saga basalt suite (sample K-14-15-2) under heating in the burning mode of 1400 °C (5', 50', 30') undergoes a series of transformations, resulted with the destruction of clinochlore (Mg, Fe) 5Al [$AlSi_3O_{10}$] (OH) 8 and muscovite $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$), as well as the dehydration of the Olenite $NaAl_3Al_6$ (Si_6O_{18}) (BO_3) 3 (O, OH) 4. The amount of these thermally susceptible inclusions in the rock is over 40% (21.2, 12.8, and 10.5%, respectively). The substance obtained after burning is a solid, densely formed mass of dark brown color. The outer surface of the formed ingot, in particular, free from contact with the crucible, is perfectly smooth and gives the product a look of a dark glaze (Figure 3). The set temperature and chronological regime of 1400 °C (5', 50', 30') for heating the batch and the degree of crushing of the rock to a fraction of 0.5–2.0 mm are acceptable for the hot casting of building products. This temperature and chronological scheme of fusion mixture calcination can be changed in favor of an energy-saving mode of production of basalt mineral wool, taking into account the time of isothermal heating of the furnace, the rate of temperature increase, the degree of grinding of the fusion mixture, which in the end will reduce energy costs to obtain the required viscosity of the basalt melt.



Figure 3 –
Photographic illustration of the burned product of the Saga basalt suite. The temperature and chronological parameters of burning under high-temperature heating conditions of 1400 °C (5', 50', 30'), sample K-14-15-2

The gabbro-amphibolite (sample K-13-15), when heated at 1400° C (5', 30', 20') transforms into a dense mass of dark orange color. The outer surface of this formation, which did not touch the body of the crucible while heating, was covered with a layer of glaze, figure 4. The hardness of the resulting ingot is comparable to the hardness of all the glass masses made from basalt powder. The product obtained has a high mechanical strength. The ingot with a diameter of 20 mm and a thickness of ~ 2 mm cannot be broken manually. These physical parameters of the cooled gabbro-amphibolite melt, in the first approximation, correspond to the characteristics of the glass mass, which in turn correspond to the requirements for the production of fiber products from them. Besides, this basalt glass for many technical parameters is wholly consistent with modern materials, the products of which are widely used in finishing construction works.

The chosen mode of furnace heating, even at the early stages of the thermal transformation of the powder sample, provided the test sample with the opportunity to free itself of the minerals-impurities (by thermal destruction of their structures), which made it possible to partially (by ~ 3%) facilitate the fusion mixture by removing molecules from the clay inclusions H_2O, OH and CO_2, as well as to slightly improve the quality of the fusion mixture, due to the silicon-oxygen residues of thermally degraded clays.

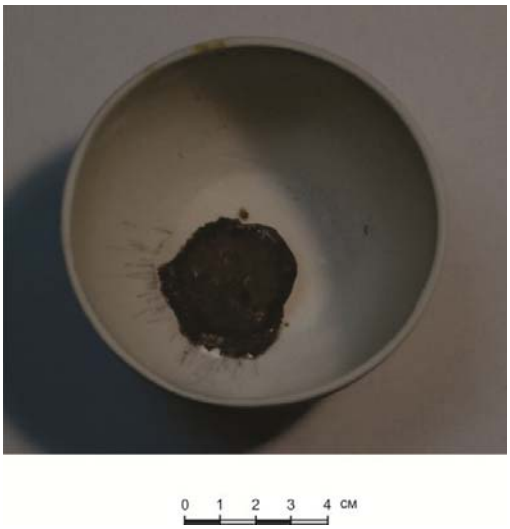


Figure 4 – Photo illustrations of the gabbro-amphibolite calcination product. The temperature-chronological parameters of roasting under high-temperature heating conditions are 1400 °C (5 ', 30', 20 '), sample K-13-15

Due to the low content of thermally active minerals in the parent rock, the volatile constituents were removed from their structures, which provided the sample with a small percentage of weight loss to 3%. Such share, of substance which left the system, cannot negatively affect the cost of produced products (basalt glass). The energy cost associated with the emission of such gas is negligible. The low content of these inclusions in the gabbro-amphibolite increases the economic attractiveness of this rock as a raw material in the production of basalt glass.

Central Kazakhstan

Basalt tuff (sample K-17-15) was formed into a dense brown mass after the heat treatment at 1400 °C (5', 50', 20') (Figure 5). The outer part of its surface, which did not touch the inner cavity of the crucible while burning, is covered with glaze. The resulting product, like the rest basalt ingots we made, proved to be strong for fracture and endowed with high hardness. Since the composition of the product contains silicic mineral formations (quartz, albite, and olenite), the products of hypergenic origin (chlorite, kaolinite, muscovite and goethite), the realization of the melting of this group of minerals requires additional energy expended in the decomposition of their structures. It is consumed within the temperature range of 40–950° C. At the same time, the heat blown from the system is not that great. It is equivalent to the amount of structural water (5.7%) emitted by secondary minerals in the specified temperature range. Such part of the heat, in addition to other forced energy costs, is consumed by melting the presented stone material. From the technological and economic standpoint, this flow rate is compensated by the impro-

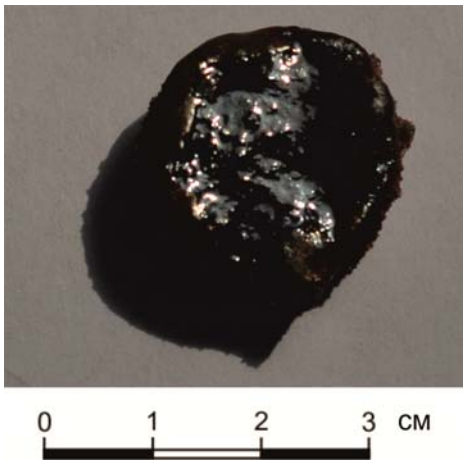


Figure 5 – Photo illustrations of the burned basalt tuff product. The temperature and chronological parameters of calcination under high-temperature heating conditions of 1400 °C (5', 50', 30'), sample K-17-15

vement in the quality of the glass mass, a decrease in the temperature of the planned viscosity of the melt. This is facilitated by silicic acid residues of the destroyed structures of chlorite, kaolinite, muscovite and iron oxides.

Dacite (sample K-12-15), after heated at 1400 °C (5', 50', 30') transformed into a dense isotropic mass of dark orange color. The top surface of the resulting ingot is covered with glaze. The hardness of this product is not inferior to the hardness of the natural sample (figure 6).



Figure 6 – Photo illustrations of the burned dacite product.
The temperature and chronological parameters of burning
under high-temperature heating conditions of 1400 °C (5', 50', 30'), sample K-12-15

The process of formation of a new amorphous compound begins in the early stages of heating the dacite fusion mixture. At temperatures below 1000° C, only a small fraction (13%) of secondary minerals – hydromica (6.9%), kaolinite (3%), chlorite (3%) and muscovite (~ 1%) undergo thermal destruction. Thermal dissociation decreases the weight by 0.8%, 0.8%, 0.3% and 1.0%, respectively, due to the removal of adsorption and constitutional water from their structures. The weight loss of the heated fusion mixture also continued outside the limits of 1000 °C, in the range up to 1400 °C, it was about ~ 2% (mainly due to the sublimation of the melted product). The total weight loss of the fusion mixture was 4% of its mass. Thermal degradation of crystalline structures of secondary minerals containing silicon enriched the resulting product with the elements necessary to produce a high-quality fiber semi-finished product.

To test the effect of the upper-temperature limit on the crystallization quality of the molten formation, melting of the fusion mixture at a temperature of 1450 °C was also performed. The temperature was 50 degrees higher than the temperature limit of the previous tests. As a result, we obtained a material with quite the same qualities as before. Thus, regarding technological and economic norms for the production of basalt glass, the first option for thermal processing of andesite should be considered the most correct.

The results of the tests are acceptable for their introduction into manufacturing fiberglass products. Molten dacite is also suitable for casting technical heat and electrical insulating products for various purposes.

South Kazakhstan

Gabbro (sample K-3-15) mostly consisting (90%) of tremolite and plagioclase, and also of secondary minerals (~ 10%) (clinochlore, muscovite, calcite and dolomite) under conditions of high-temperature burning at 1300° C 5', 40', 30') has undergone a change, caused primarily by the melting of the main component of the test rock - the siliceous crystalline formation. Within these temperatures, all the named clay and carbonate inclusions in the form of impurities decompose entirely, leaving oxides of silicon, calcium, and magnesium as a part of fusion mixture. The destruction of these inclusions reduces the mass of the sample by 3.2%. Tremolite in this temperature range behaves exclusively as a thermally inert substance, which reacts to heat only at the beginning of the heating cycle, giving up two water molecules before reaching 180° C. When the temperature of the furnace reaches 1000° C, the studied mixture assumes an ocherous tinge and is consolidated into a semi-surface aggregate (figure 7).

Gradient heating of a high-temperature furnace to a level of 1300 °C leads to a gradual melting of the mixture to a low viscosity state. The further reduction in viscosity to the extent required by the experiment depends on the time of isothermal heating of the melt. In turn, to obtain an isotropic mass of the cooled product, it is required to calibrate the selection of the cooling mode. To save the energy in the technological process for the production of semi-finished products used for fiber products and for improving their quality, highly significant to choose the melting temperature of the mixture and the program the cooling rate of the molten rock substrate.

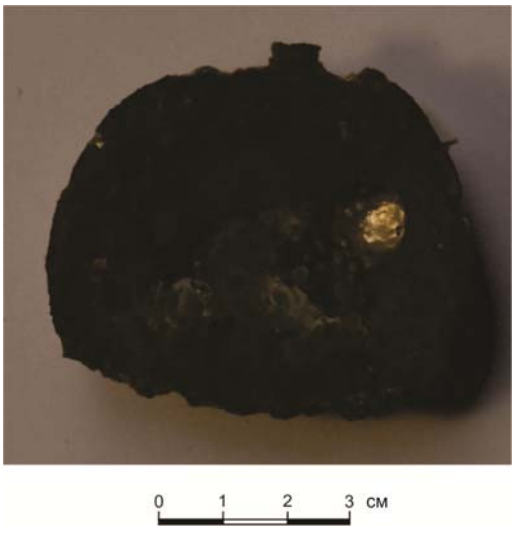


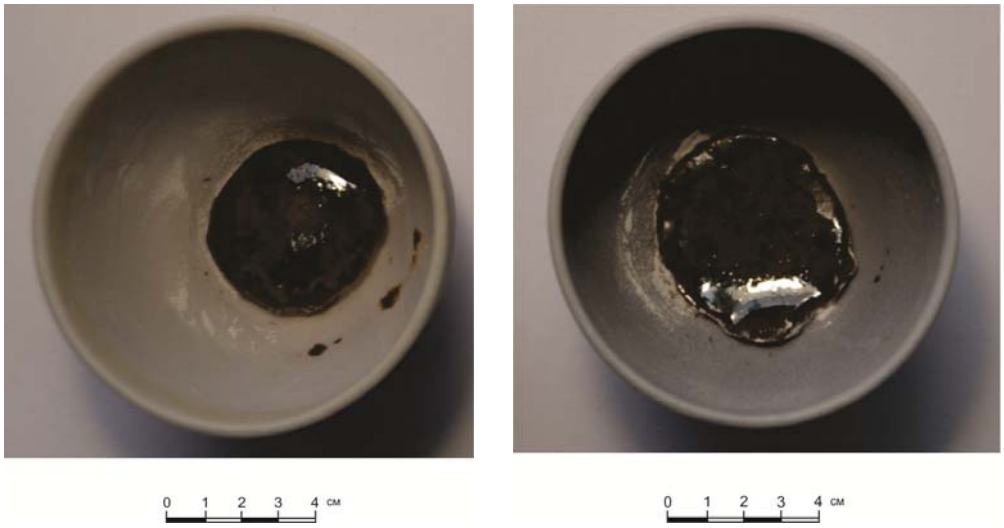
Figure 7 – Photo illustrations of the burned Paleozoic gabbro product. The temperature and chronological parameters of burning under high-temperature heating conditions of 1300 °C (5', 40', 30'), sample K-3-15

The final product of calcination of the test sample under the fulfilled heating regime was a dense sintered product of a brown-green color. Solid, the outer part of its surface that did not contact the crucible, is covered with a layer of glaze. The temperature and chronological mode of testing this sample is not entirely acceptable for the production of ingots suitable for the production of fiberglass products. The burning technology of the tested gabbro to obtain an alloy suitable for the production of basalt fiber is under development. However, for the preparation of building cladding material, roofing tiles, wall and floor coverings, this material can be used in the construction of residential buildings and industrial

facilities in many ways (mechanical strength, water resistance, resistance to weather changes, chemical, and fire safety). According to the listed properties, this product can also be recommended for the production of heat and electrical insulating materials for the production of electrical products used in various industries.

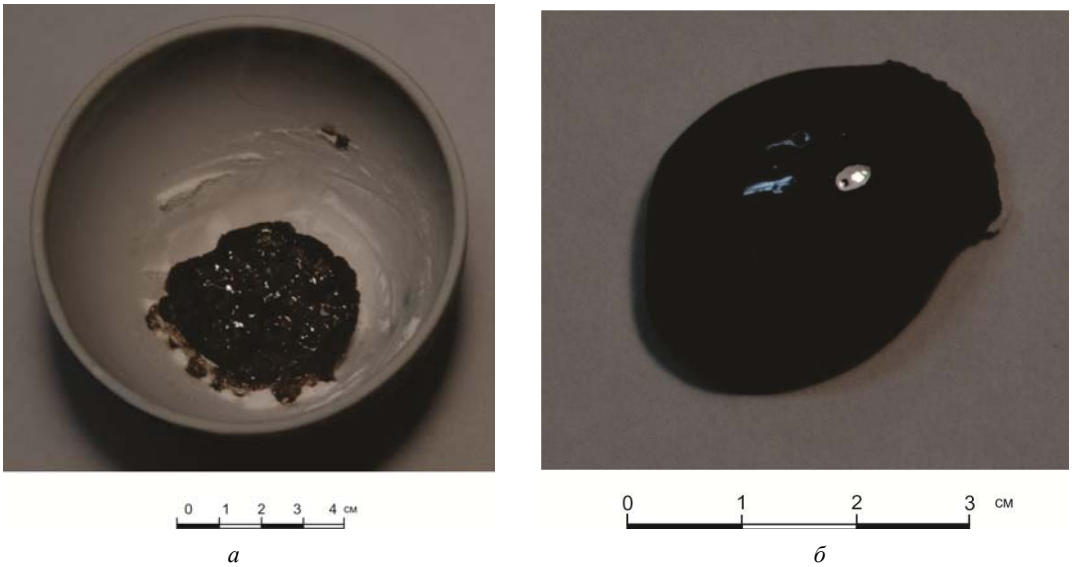
This natural raw material can be used for the production of basalt glass melt and the proposed method for obtaining the required quality of the melt from it can be used not only for the production of fiber products but also for castings of heat-resistant heat and electrical insulating products resistant to the various chemically aggressive environment.

Basalt mandelstein (sample K-20-16-1) and massive basalt (sample K-20-16-2). The calcination products of these rocks were obtained under conditions of dynamic heating of the furnace in the range of 20–1400° C and up to 1450 °C (for 50 minutes), followed by the isothermal aging of this temperature (for 30 minutes), figures 8, 9. The quality of the melt in both cases reached the condition in which the incomplete crystalline basalt wholly transformed into an amorphous state. Basalt achieves similar state after



а *б*

Figure 8 – Photographic illustration of the burned Basalt mandelstein product (a) and massive basalt (b) of the Koktas suite (D1-2kt); Temperature and chronological parameters of calcination of rock material under high-temperature heating conditions – 1400 °C (5', 50', 30'), samples K-20-16-1 and 2



а *б*

Figure 9 – Photographic illustration of the burned Basalt mandelstein product (a) and massive basalt (b) of the Koktas suite (D1-2kt); Temperature and chronological parameters of calcination of rock material under high-temperature heating conditions of 1450° C (5', 50', 30'), sample K-20-16-1, 2

complete melting. The change in the external appearance of the powder mixture after burning confirms the fact of melting of the sample in the selected heating mode. The color of these ingots is brown with a yellowish-green tinge. Dark speckles are seen in the background depicting fan-shaped and needle-like shapes of the surface pattern. The hardness of these formations is not inferior to the ingot from the basalt sample (K-14-15-2). At the high-temperature burning of the considered basalt samples, their mass (individually) decreased by ~ 9% (6.3% in the range of 20–800 °C and 3% within 880–1400 °C). The first stage of weight loss is caused by the release of H_2O, OH, and CO_2 into the atmosphere, and as a result of the destruction of hydromica (5.9%), chlorite (13.1%), goethite (1.1%) and calcite (6, 8%) – sample K-20-16-1, as well as hydromica (5.0%), goethite (1.1%) and calcite (7.4%) - sample K-20-16-2. The second - the high-temperature stage of decreasing the mass of the test sample (by ~ 2.7%) is conditioned to the degassing of porous basalt spaces.

The obtained basalt ingots, according to their physical and mechanical properties, entirely correspond to the quality of the melt, which is required for the production of fiber products. If we take into account that the dimensions of the produced basalt thread (fiber length and diameter) do not have particularly severe limitations in the production of mineral wool, the proposed stone material can be used as an intermediate raw material (basalt ingots) for the output of heat-insulating products (table 2).

Table 2 – Data for the gabbro-basaltic series viscosity (Pa·s) calculation by the method of E.S. Persikov [9, 10]

Sample number and name of the rock	Temperature range, °C					
	1100	1250	1300	1350	1400	1450
К-3-15, gabbro	1012	184,2	112,5	70,06	45,65	30,2
К-13-15, gabbro-amphibolite	479,9	94,2	58,6	37,6	24,1	16,7
К-14-15, basalt	837	19,5	12,8	8,6	5,9	4,2
К-16-15, andesibasalt	1151	208	126	79	50,7	35,6
К-17-15, Basalt tuff	2431310	205918	100404	51171	27152	14947
К-20-16-1, Basalt mandelstein	325591	33614	17362	9340	5214	3011
К-20-16-2, massive basalt	1236	221	133,9	83,7	53,8	35,5

Basaltic rocks with the required characteristics regarding chemical composition and properties of raw materials can be used to produce basalt fibers with specified attributes for strength, chemical, and thermal stability, specific electrical insulating properties [9, 10]. Analysis of available data showed that many regions of Kazakhstan contain deposits of rocks of the gabbro-basalt group, suitable for the production of mineral wool. The reserves of raw materials are tens of millions of tons.

Technologies for the production of basalt fibers, especially continuous fibers, are quite new, they have many principal features associated with the raw material. The peculiarities of basalts are that the primary energy inputs for their preparation for the production of fibers met by nature. Each type of basalt requires its particular technological regimes and parameters of fiber production. The processes of melting, homogenization, and preparation of the melt occurred at high temperatures of 1400 °C and associated with particular energy inputs. Technologies for processing basalt fibers in materials and products are not associated with high-temperature processes and are produced using "cold technologies." Thus, the technologies for the production of basalt wool are essentially energy-saving and environmentally friendly. A problematic issue of modern technology is the efficiency of the melting units. According to [11, 12], the average energy consumption for melting basalt in Russia is 15 MJ/kg. For comparison, in Europe, this value is less than 10 MJ/kg, in some prospectuses of Rockwool company indicated the megawatt-hour per ton of melt or 3,6 MJ/kg. The determining factor in the production of mineral wool is the energy consumption, which should be taken into account in assessing the economic efficiency of production.

The work was carried out with the financial support of the program of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, on the priority: "Rational use of natural resources, processing of raw materials and products; applied research", on the topic: "Development of the technology for production of lightweight aggregates for concrete from processing igneous rocks waste and production of thermal insulation materials from mineral raw materials", No. 85, dated February 27, 2017.

REFERENCES

[1] Korobkin V.V., Samatov I.B., Tulemissova Zh.S., Dobrovolskaya E.A. Opportunities for the prospects of the mineral and raw materials base of Southern Kazakhstan for the production of lightweight aggregates of concrete // International Scientific and Practical Conference "Geology, Minerageny and Prospects for the Development of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan". Almaty, 2015. P. 556-560.

[2] Korobkin V.V., Samatov I.B., Tulemissova Zh.S., Dobrovolskaya E.A. Basalt raw materials of Kazakhstan as a source of mineral fibers and cotton wool // International Scientific and Practical Conference "Geology, Minerageny and Prospects for the Development of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan", Almaty, 2015. P. 560-564.

[3] Korobkin V.V., Samatov I.B., Slyusarev A.P., Tulemissova Zh.S. Mineral raw materials of Kazakhstan, as a basis for creating basalt mineral wool and fiber production // Vestnik KRSU. 2016. Vol. 17, N 1. P. 132-137.

[4] Korobkin V.V., Samatov I.B., Slyusarev A.P., Levin V.L., Tulemissova Zh.S., Kotelnikov P.E. Basic (basalt) igneous rocks of Kazakhstan and prospects of their use for the production of mineral wool and fibers // Proceedings of NAS RK, series geol. 2017. N 1(421). P. 37-45.

[5] GOST 4640-2011 "Mineral wool. Technical conditions». Mineral wool. Specifications. The date of introduction is 2012-07-01. M .: Standartinform, 2012.

[6] 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.

[7] Kutolin V.A., Shirokikh V.A. Mineral raw materials of Siberia for the production of basalt wool and foam glass // Reports of the 10th All-Russian Scientific and Practical Conference. Biysk, 2010. P. 17-20.

[8] Kutolin V.A., Shirokikh V.A. Investigation of the possibility of using pulverized waste of processing granite rocks for the production of mineral wool // Technological platform "Solid minerals: Technological and environmental problems of working off natural and technogenic deposits: II Int. Scientifically-practical. Conf. December 2–4, 2015: Sat. Doc. Ekaterinburg: IGD URSCH RAS, 2015. P. 26-32.

[9] Persikov E.S. Viscosity of igneous melts. M.: Science, 1984. 160 p.

[10] Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G. Interrelated structural chemical model to predict and calculate viscosity of magmatic melts and water diffusion in a wide range of compositions and T-P parameters of the Earth's crust and upper mantle // Russian Geology & Geophysics. 2009. Vol. 50, N 12. P. 1079-1090.

[11] Jigiris D.D. Basics of production of basalt fibers and products made from them. M., 2002. 412 p.

[12] Production of thermal insulation materials from rocks in JSC Novosibirskenergo / Potapova M.G. and others // Building materials. 2001. N 2. P. 14-20.

В. В. Коробкин[1], И. Б. Саматов[2], Ж. С. Тулемисова[1], Е. А. Добровольская[1]

[1]АҚ «Қазақстан-Британ техникалық университеті», Алматы, Қазақстан,
[2]Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

МИНЕРАЛДЫ МАҚТА ӨНДІРІСІ ҮШІН ГАББРО-БАЗАЛЬТ ТОБЫНА ЖАТАТЫН ТАУ ЖЫНЫСТАРЫН ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ СЫНАҚТАН ӨТКІЗУ

Аннотация. Қазақстан аймағындағы габбро-базальт тобына жататын тау жыныстарын зерттеру нәтижелері баяндалған: 1) 20–1000 °С температура аралығындағы заттық құрамы мен термиялық жағдайы; 2) LNT 04/16 құрылғысында 40–1500 °С аралығында жоғары температуралық сынақтар жүргізілген. Жұмыс барысында Қазақстанның түрлі аймақтарынан минералдық және химиялық құрамы әртүрлі тау жыныстары іріктеліп алынды. Шикізат көзі ретінде Орталық, Оңтүстік және Солүстік Қазақстаннан үлгілер алынды. Габбро-базальт тобындағы тау жыныстарының тұтқырлығы Э. С. Персиков әдісімен анықталды. Берік, химиялық және термиялық тұрақты, электр оқшаулығыш қасиеттері бар базальт талшықтарын өндіру үшін шикізат ретінде аталып өткен қасиеттері бар базальтты қолдану қажет. Мәліметтерді талдау барысында Қазақстан аумағында минералды мақта өндірісіне жарамды габбро-базальт тобындағы тау жыныстарының шоғыры бар екені анықталды. Шикізат қоры ондаған миллион тоннаны құрайды. Базальт талшықтарын өндіру технологиясы бастапқы шикізаттың қасиеттеріне негізделген. Базальттың әртүрі үшін өзіндік талшық өндіру параметрлері мен режимдері қажет. Балқу, гомогенизация және балқытпаны дайындау үрдістері жоғары температураларда 1400 °С жүзеге асады және қуат шығынын қажет етеді. Базальт талшықтарының технологиясы жоғары температуралық процестермен байланысты емес және «салқын технология» негізінде жүзеге асады. Сондықтан базальт мақталарын өндіру технологиясы қуат үнемдеуші және экологиялық таза болып табылады.

Түйін сөздер: минералды мақта мен талшық, базальт, диабаз, габбро, амфиболит, геология-петрологиялық сипаттама, химиялық, термиялық, рентгендідифракометриялық микрозондты талдау.

В. В. Коробкин[1], И. Б. Саматов[2], Ж. С. Тулемисова[1], Е. А. Добровольская[1]

[1]АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан,
[2]Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Университет Сатпаева, Алматы, Казахстан

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОРОД ГАББРО-БАЗАЛЬТОВОЙ ГРУППЫ КАЗАХСТАНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Аннотация. Изложены результаты изучения пород габбро-базальтовой группы на территории Казахстана: 1) их вещественного состава и термического поведения в диапазоне температур 20–1000 °С; 2) осуществлены высокотемпературные испытания на установке LNT 04/16 в режимах нагревания от 40 до 1500 °С. Для этого были отобраны породы из разных регионов Казахстана, различающиеся химическим наполнением и степенью совершенства их минеральных включений в соответствии с существующими стандартами. В качестве возможного сырья использовались образцы горных пород вблизи крупных экономических центров в Северном, Центральном и Южном Казахстане. Были осуществлены расчеты вязкости пород габбро-базальтового ряда по методике Э. С. Персикова. Для производства базальтовых волокон с заданными характеристиками по прочности, химической и термической стойкости и определенными электроизолирующими свойствами, предлагается использовать базальтовые породы с характеристиками по химическому составу и свойствам сырья. Анализ имеющихся данных показал, что во многих регионах Казахстана имеются залежи пород габбро-базальтовой группы, пригодных для производства минеральной ваты, запасы которых составляют многие десятки миллионов тонн. Технологии производства базальтовых волокон, особенно непрерывных волокон, достаточно новы, имеют ряд принципиальных особенностей, связанных с исходным сырьем. Для каждого типа базальтов необходимы свои особые технологические режимы и параметры производства волокон. Процессы плавления, гомогенизации и подготовки расплава проходят при высоких температурах 1400 °С и связаны с определенными энергозатратами. Технологии переработки базальтовых волокон в материалы и изделия не связаны с высокотемпературными процессами и производятся с применением «холодных технологий». Таким образом, производство базальтовой ваты являются по сути энергосберегающими и экологически чистыми.

Ключевые слова: минеральная вата и волокна, базальт, диабаз, габбро, амфиболит, геолого-петрологические характеристики, химический, термический, рентгенодифрактометрический и микрозондовый анализы.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 33 – 39

N. Seitov

Al-Farabi Kazakh National university, Almaty. Kazakhstan.
E-mail: nassipkali.seitov@mail.ru

POSSIBLE FEATURES OF FORMATION OF THE EARTH AND INITIAL STAGE OF ITS GEOLOGICAL DEVELOPMENT

Abstract. Here is a brief overview of the views of scientists who doubt the truthfulness of the hypotheses of the initially cold Earth and the homogeneous accumulation of the planet, and provide a number of evidence supporting the reality of the "moderately hot Earth" and the heterogeneous accumulation of its matter. The author of the article believes that the accumulation of the Earth was indeed heterogeneous (the primary hydride core and the primary metal-silicate mantle of the planet were initially separated), but the core of the earth, like the entire Earth, was not molten at the time of its formation. According to the author of the article, radiogenic heat and heat of differentiation of the planet's matter are not leading in providing geological development of the Earth. In his opinion, the energy basis for the development of the Earth as a geological object (after its formation into a two-layer system) is the heat released as a result of dehydrogenation (the process of hydrogen release from the hydride bond) of the primary hydride nucleus according to V. I. Larin. The author does not exclude also the essential role in the development of the planet of the possibility of transforming the gravitational energy of the Cosmos into thermal energy in the deep horizons of the planet according to the views of A. A. Logunov and E. P. Levitan.

The author of the article, having reviewed the publications of recent years on the need to distinguish the heged (geldey) aeon in the history of the Earth's development, expresses the idea of the controversy of these representations and cites a number of statements to confirm the validity of his doubt on this issue.

Key words: formation of the Earth; sources of thermal energy of the Earth; heterogeneous accumulation of the Earth; geological history of the Earth; hydride core; dehydrogenation; "Magmatic ocean"; Hadean (hedge) aeon.

УДК 551.12

Н.Сеитов

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

ВОЗМОЖНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗЕМЛИ И НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА ЕЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Приведен краткий обзор представлений ученых, сомневающихся в правдивости гипотез изначально холодной Земли и гомогенной аккумуляции планеты, и приводящих ряд доказательных фактов в пользу реальности «умеренно горячей Земли» и гетерогенной аккумуляции ее вещества. Автор статьи считает, что аккумуляция Земли действительно была гетерогенной (первичное гидридное ядро и первичная металл-силикатная мантия планеты были обособлены изначально), однако ядро земли, как и вся Земля в

целом, в момент своего формирования не были расплавленными. По мнению автора статьи, радиогенное тепло и тепло дифференциации вещества планеты не являются ведущими в обеспечении геологического развития Земли. По его мнению, энергетической основой развития Земли в качестве геологического объекта (после его формирования в двухслойную систему) является, тепло, выделяемое в результате дегидридизацци (процесс освобождения водорода от гидридной связи) первичного гидридного ядра по В. И. Ларину. Автор не исключает также существенную роль в развитии планеты возможности превращения гравитационной энергии Космоса в тепловую энергию в глубоких горизонтах планеты согласно представлениям А. А. Логуноваи Е. П.Левитана.

Автор статьи, приведя обзор публикаций последних лет о необходимости выделения хедейского (гедейского) эона в истории развития Земли, высказывает мысль о спорности этих представлений и приводит ряд высказываний для подтверждения обоснованности своего сомнения в данном вопросе.

Ключевые слова: образование Земли, источники тепловой энергии Земли, гетерогенная аккумуляция Земли, геологическая история Земли, гидридное ядро, дегидридизация, «магматический океан», хадейский (гедейский) эон.

Введение. Как известно, по поводу образования и первоначального состояния нашей планеты существуют четыре гипотезы – изначально горячей Земли, изначально холодной Земли, гомогенной аккумуляции Земли и гетерогенной аккумуляции Земли. Двое из этих гипотез – гипотезы изначально горячей Земли («гипотеза Канта–Лапласа») и гетерогенной аккумуляции Земли – до недавнего времени считались менее приемлемыми, тогда как другие две – гипотезы изначально холодной Земли («гипотеза Шмидта–Фесенкова») и гомогенной аккумуляции планеты – рассматривались как наиболее обоснованные вследствие наличия ряда доказательных фактов. Однако, как свидетельствуют некоторые публикации последнего времени, эти устоявшиеся представления ныне подвергаются корректировке. Так, авторы [1], резонно сомневаясь в реальности полного разогрева мантии и образования ядра за счет гравитационной дифференциации ее вещества, однозначно высказываются в пользу гетерогенной аккумуляции Земли, поскольку «вещество мантии могло отлагаться на разогретой поверхности, практически, полностью сформированного железоникелевого ядра» (с. 61). Такую же мысль отстаивают сторонники так называемой термохимической двухуровневой конвекции в мантии Л. И. Лобковский и В. Д. Котелкин [2], которые пишут: «согласно новым астрофизическим и космохимическим данным аккреция планет происходит по «горячему сценарию» одновременно с их разделением на ядра и мантии» (с. 1150). Подобная мысль приведена также в других работах [3, 4]. Автор этих работ В. И. Сиротин – сторонник гравитационной дифференциации вещества Земли, тем не менее заявляет, что «концепция «умеренно горячей Земли», которая в ходе набора массыиспытала дифференциацию «вчерне» с образованием ядра, мантии и первичной земной коры в настоящее время является наиболее приемлемой» [4, с. 1718]. С возможностью одновременного образования земной коры с «дифференцирующимися вчерне» ядром и мантией автор [4], конечно же, немного «переборщил», однако его мысль о изначальной обособленности ядра и первичной мантии юной Земли, вроде бы, логически оправдана. Ярый сторонник горячей гетерогенной аккумуляции Земли В. С. Шкодзинский [5, 6], на основе геологических данных, вполне обоснованно доказывает несостоятельность гипотезы гомогенной аккумуляции планеты, поскольку существование конвективных потоков в мантии и их следствие, проявленное действиями плюм-тектоники и плит-тектоники, никак невозможно объяснить без допущения постоянного подогрева мантии ядром [5]. А это значит, что ядро и мантия земли были обособлены изначально, при этом «…ядро должно быть горячее мантии и между ними существует температурный перепад. Последний обнаружен геофизическими исследованиями [7], величина его оценена в 700–3000 ºК» [6, с. 2266].

Наши представления на природу формирования и изначального состояния юной Земли согласуются в целом с приведенными выше допущениями других ученых, хотя имеется одно существенное уточнение: по нашему мнению, аккумуляция Земли действительно была гетерогенной (изначальное обособление ядра от мантии), однако ядро земли, как и вся Земля в целом, в момент своего формирования не были расплавленными; процесс плавления внешнего ядра и «постоянный подогрев мантии ядром» (выражение в кавычках принадлежит В. С. Шкодзинскому [5], Н. С.) является результатом дегидридизации первичного (ныне внутреннего) твердого ядра после обволакивания его первичной твердой мантией.

Наше следующее уточнение касается источников энергии, ответственных за развитие Земли в качестве геологического объекта. Практически во всех указанных выше публикациях последнего времени (впрочем, не только последнего) в качестве таких источников энергии традиционно предполагается несколько природных процессов: а) тепло, выделяемое при распаде радиоактивных веществ (долгоживущих и короткоживущих); б) энергия главной аккреции Земли и дальнейшей гравитационной дифференциации ее вещества; в) энергия метеоритных бомбардировок; г) энергия взаимодействия Земли с Луной; д) ротационная энергия вращения Земли вокруг своей оси и т.д.

Мы же в данном вопросе не исключаем некоторой роли перечисленных выше источников тепловой энергии, однако предпочтение даем, в первую очередь, энергии дегидридизации ядра планеты согласно неординарным представлениям В. Н. Ларина [8], а также допускаем реальность процесса превращения гравитационной энергии в глубоких недрах планеты в тепловую энергию и ощутимую роль указанных источников энергии на развитие планеты. Отрадно заметить, что оригинальная мысль о возможности превращения гравитационной энергии в тепло, высказанная нами в предыдущих монографиях [9, 10] со ссылкой на результаты исследования известного ученого-физика в лице академика Российской Академии наук А. А. Логунова [11-13], находит свое подтверждение в некоторых публикациях последних лет [14-17 и др.]. Так, автор [15], отмечая, что «…дутые накрутки на радиоактивное тепло, например, для деятельности Земли, лишены каких-либо научных оснований» (с. 177), далее продолжает свою мысль следующим образом: «…при наличии между оболочками эффективного вязкоупругого слоя *будут происходить значительные трансформации гравитационной энергии* и кинетической энергии смещений оболочек как в упругую энергию, так и *в тепловую энергию*, связанную с вариациями термодинамического состояния промежуточного слоя…» (с. 180) (курсив наш, Н. С.). Другой ученый-физик – Е. П. Левитан – в своей прекрасной монографии «Физика Вселенной: экскурс в проблему» [16]**,** касаясь вопросов термодинамики, специально подчеркивает: «ценность термодинамики в том, что она позволяет многое узнать о веществе, отвлекаясь от деталей его внутреннего строения» (с. 72). Далее автор [16],касаясь секрета постоянной светимости звезд, в качестве «тепловой машины», расположенной внутри самих звезд, называет именно гравитационную энергию. Задаваясь риторическим вопросом «а чем же компенсируется недостаточное энерговыделение», «затраченное» на расширение звезды, он тут же отвечает: «на помощь приходит *гравитационная энергия*, которая при сжатии звезды *превращается в тепловую энергию*» (с. 75) (курсив наш, Н. С.). Тут разговор идет о сжатии Звезды, а не планеты, но, по нашему мнению, в контексте рассматриваемого вопроса это, вроде бы, принципиального значения не имеет.

В некоторых публикациях последнего времени [18-24 и др.] инициируется мысль о выделении так называемого хадейского (гедейского) эона начала геологической жизни планеты, существовавшего якобы задолго до привычного для любого геолога архейского рубежа, начавшегося порядка 4,0 млрд. лет тому назад. Согласно некоторым авторам [18], хадейский эон характеризовался якобы земной корой не только базальт-андезит-дацитового состава возрастом 4,4–4,25 млрд лет, но и появлением гидросферы Земли и отложением осадочных пород возрастом 4,26–3,9 млрд лет [18, с. 362-363]. Другой автор [22], ссылаясь на материалы 5-ого Международного симпозиума по архею, также заявляет о появлении континентальной коры и даже наземной жидкой воды где-то 4,3 млрд лет тому назад. Появление таких смелых заявлений вызвано нахождением в кварцитах Западной Австралии кристаллов циркона – самого древнего минерала на Земле, возраст которого якобы насчитывает порядка 4,3–4,2 млрд лет. Вероятно, при выделении хадейскоого (гедейского) эона развития Земли немаловажную роль сыграл так же тот факт, что возраст древнейших пород Луны – этого естественного спутника Земли – соответствует цифре 4,4 млрд лет.

Однако, «…знания о составе только цирконов не могут дать полную информацию о строении древнейшей коры» [22, с. 1731]; тем более, «…в древнейших цирконах обычны домены с нарушенной изотопной U-Pb системой» (там же). Другое дело, обнаружение горных пород того или иного возраста, которое дает возможность более обоснованно говорить о существовании земной коры того или иного состава. В данном контексте, нет сомнения тому факту, что геологический возраст самых древних горных пород, когда-либо найденных в земной коре, насчитывает порядка 4,0 млрд лет. Эти породы, обнаруженные во многих древнейших щитах земного шара (Украинский и Канадский щиты, Юго-западная Гренландия, Восточная Антарктида и др.) называются, как

известно, «серыми гнейсами». Исходя из этого, определяющее большинство тектонистов мира продолжают насчитывать геологическую летопись планеты именно с этого рубежа, т.е. с 4,0 млрд лет тому назад, тогда как считается, что начало образования Земли как планеты происходило порядка 4,6–4,5 млрд лет тому назад. Мы так же придерживаемся этого мнения и с большой осторожностью относимся к идее выделения древнейшего хадейского (гедейскоого) эона в геологической истории развития Земли.

В основе указанной осторожности лежит не только ненадежность самой методики определения возраста древних цирконов из Австралии, но и «подозрительно быстрое наступление» хадейского геологического этапа развития планеты после ее образования и «подозрительно быстрое расплавление» приповерхностной части только-только образованной «холодной» планеты с формированием так называемого «магматического океана»[1, 3-6, 24-27 и др.], за счет которого выплавилась, якобы, сиалическая кора, и даже появилась подземная и наземная вода. Если учесть, что возраст Земли как планеты (начало образования Земли) насчитывает 4,5 млрд лет, а возраст хадейской сиалической коры 4,4–4,3 млрд лет, то разница этих двух показателей времени оказывается всего-навсего порядка ста млн. лет. Как известно, по мнению одного из основоположников более правдоподобной гипотезы о изначально холодной Земли академика О. Ю. Шмидта [28], для слипания вещества нашей планеты под действием гравитационных сил потребовалось более одного млрд. лет. Тем не менее, не это главное. При допущении реальности хадейского геологического эона развития планеты, трудно найти логический ответ на целый круг вопросов, типа: как же твердая и сравнительно холодная Земля вдруг смогла приобрести огромный запас тепла, каков источник этого тепла и как же это «загадочное тепло» практически мгновенно достигает поверхности только что рожденной Земли, о чем свидетельствует предполагаемая древнейшая хадейская, да еще сиалическая, кора? Ведь, как бы то ни было, весьма трудно спорить против «вторичности» земной коры, также как гидросферы и атмосферы Земли, образованных за счет внутренней энергии и материи планеты в результате ее развития (эволюции) именно как геологический объект [10]. Причем это касается, не только хадейского времени, но и всей жизни планеты.

Варианты ответов на поставленные выше вопросы больше, чем достаточно, однако, практически все они характеризуются некоторыми внутренними противоречиями. Попытка выделения древнейшей хадейской сиалической коры в истории Земли еще больше обнажает существующие противоречия во взглядах ученых, прежде всего, на природу возникновения эндогенного тепла, а также на особенности влияния этого тепла на транспортировку эндогенной материи и роли этой материи в «создании» земной коры и ее тектонических структур. Ни один из предлагаемых официальной геологической наукой ответов на указанные вопросы не в состоянии резонно объяснить феномен «синхронности» образования Земли и ее геологического развития, т.е. «мгновенного появления» (в геологическом масштабе времени) хадейской континентальной коры только что рожденной твердой и «холодной» Земли. Действительно, если признать реальность возраста первичной хадейскойсиалической коры в 4,4 млрд лет и допустить образование этой коры в результате эндогенных преобразований «холодной» и гомогенной Земли с возрастом 4,5 млрд лет, то тогда приходиться допускать всего лишь порядка 0,1 млрд. (сто млн) лет на все эти преобразования, как это предполагал в свое время В. С. Сафронов [29, 30]. Иными словами, за такой «ничтожный» промежуток времени (в геологическом масштабе) должны произойти следующие грандиозные события а) из однообразных по составу и твердых по состоянию веществ (совокупность пыли, зерен и планетозималей) должна образоваться «в меру холодная» планета Земля; б) вновь образованная Земля должна успеть расплавиться, чтобы произошла главная аккреция Земли с выделением плотного ядра из состава однообразной «каши» первичной Земли; в) на приповерхностных глубинах порядка первых сотен км должен появиться «магматический океан» [1, 26, 31, 32 и др.], за счет которого должна выплавиться первичная хадейская континентальная (сиалическая) кора.

Все эти события, конечно же, в принципе можно допустить, однако при этом весьма трудно «найти» источник тепловой энергии, которая смогла бы осуществить все эти грандиозные геологические события и процессы в течение весьма короткого времени. Вероятно, именно поэтому определяющее большинство сторонников выделения доархейского хадейского эона геологической

истории планеты склонно предположить не «холодное», а «горячее» начало Земли [2, 4-6 и др.], хотя еще в первую половину XX столетия гипотеза изначально горячей Земли («гипотеза Канта–Лапласа») была отклонена научной общественностью как противоречащая основным астрономическим и космохимическим законам гипотеза.

В данном контексте, мы считаем, что привычные геологической общественности понятия о возрасте «зачатия» Земли (4,6–4,5 млрд лет) и возрасте рождения и дальнейшего геологического развития планеты (4,0 млрд лет) должны сохраниться, поскольку непременным условием для начала процесса развития, прежде всего являются «зачатие» и рождение. Ничего и никто в этой природе не может начать свое развитие, не успев родиться.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Анфилогов В.Н., Хачай Ю.В. Дифференциация вещества мантии в процессе гетерогенной аккумуляции Земли // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 61-66.

[2] Лобковский Л.И., Котелкин В.Д. Основы теории геодинамической теории // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 1150-1151.

[3] Сиротин В.И. Сравнительная планетология: учебное пособие. – Воронеж, 2009. 168 с.

[4] Сиротин В.И. Доархейская история Земли: этапы и зарождения литогенеза // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 1718-1722.

[5] Шкодзинский В.С. Происхождение геосфер в соответствии с моделью горячей гетерогенной аккреции Земли // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 2268-2272.

[6] Шкодзинский В.С. Горячая гетерогенная аккреция Земли по геологическим данным // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 2264-2267.

[7] Bukowinskii M.S.T. Taking the core temperature // Nature. 1999. N 6752. P. 432-433.

[8] Ларин В.Н. Наша Земля. – М.: Агар, 2005. 246 с.

[9] Сеитов Н. Тектоника плит и офиолитовые зоны Казахстана: (принципы умеренного мобилизма). – Алматы, 1988. – 112 с.

[10] Сеитов Н., Кунаев М.С. Регионална тектоника малых и маломощных литосферных плит палеозоя: Факты и обоснование глубинных причин (по особенностям офиолитовых зон Казахской складчатой области). – Германская Федеративная Республика: Издательство «PALMARIUMAcademicPublishing», 2016. – 409 с.

[11] Логунов А.А. Новая теория гравитации // Наука и жизнь. – 1987. – № 2. – С. 38-44.

[12] Логунов А.А. Новая теория гравитации // Наука и жизнь. – 1987. – № 3. – С. 60-71.

[13] Логунов А.А. Релятивистская теория гравитации // Природа. – 1987. – № 1. – С. 36-47.

[14] Бакиров А. Ноосферология. – Бишкек, 2006. – 412 с.

[15] Баркин Ю.В. Энергетика планетарных процессов Земли, других планет и спутников // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 177-182.

[16] Левитан Е.П. Физика Вселенной: экскурс в проблему. – М., 2008. – 181 с.

[17] Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология рудных месторождений. – 2001. – Т. 43, № 4. – С. 191-307.

[18] Вовна Г.М., Мишкин М.А. Ранняя кора Земли – от хадея до протерозоя // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 362-366.

[19] Мишкин М.А., Вовна Г.М. Докембрийская сиалическая кора Земли, ее происхождение, состав и распространение // Бюлл. МОИП. Отд. Геол. – 2009. – Т. 84, вып. 5. – С. 3-10.

[20] Мишкин М.А., Вовна Г.М. Хадейская протокора Земли: модель формирования и ее возможный состав // Докл. АН России. – 2010. – Т. 433, № 4. – С. 504-506.

[21] Сиротин В.И. Доархейская история Земли: этапы и зарождения литогенеза // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 1718-1722.

[22] Слабунов А.И. Достижения и проблемы геологии докембрия: по материалам 5-го Международного симпозиума по архею // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 1730-1734.

[23] Фельдман В.И. Петрологические аспекты аккреции Земли // Мат-лы междунар. конф., посвящ. памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». – М., 2011. – С. 1943-1947.

[24] Хаин В.Е., Короновский Н.В. Планета Земля от ядра до ионосферы. – М., 2008. – 244 с.

[25] Попов В.С. Возможный механизм формирования континентальной земной коры // Бюлл. Моск-ого общества испытателей природы. – 1990. – Т. 65, № 6. – С. 3-8.

[26] Пущаровский Ю.М. Тектоника Земли. – Т. 1: Тектоника и геодинамика. – М., 2005. – 350 с.

[27] Шкодзинский В.С. Проблемы глобальной петрологии. – Якутск, 2003. – 240 с.

[28] Шмидт О.Ю. Происхождение Земли и планет. – М., 1962. – 132 с.

[29] Сафронов В.С. Эволюция допланетного облака и образование Земли. Москва, 1969. 244 с.

[30] Сафронов В.С. Современное состояние теории происхождения Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1982. – № 6. – С. 5-24.

[31] Рингвуд А.Э. Происхождение Земли и Луны. – М., 1982. – 293 с.

[32] Федорин Я.В. Модель эволюции ранней Земли. – Киев, 1991. – 112 с.

REFERENCES

[1] Anfilogov V.N., Khachay Ju.V. Differentsiatsiya veshchestva mantii v protsesse geterogennoy akkumulyatsii Zemli // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 61-66.

[2] Lobkovskiy L.I., Kotelkin V.D. Osnovy teorii geodinamicheskoy teorii // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 1150-1151.

[3] Sirotin V.I. Sravnitel'naya planetologiya: uchebnoye posobiye. Voronezh, 2009. 168 p.

[4] Sirotin V.I. Doarkheyskaya istoriya Zemli: etapy i zarozhdeniya litogeneza // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 1718-1722.

[5] Shkodzinskiy V.S. Proiskhozhdeniye geosfer v sootvetstvii s model'yu goryachey geterogennoy akkretsii Zemli // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 2268-2272.

[6] Shkodzinskiy V.S. Goryachaya geterogennaya akkretsiya Zemli po geologicheskim dannym // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 2264-2267.

[7] Bukowinskii M.S.T. Taking the core temperature // Nature. 1999. N 6752. P. 432-433.

[8] Larin V.N. Nasha Zemlya. M.: Agar, 2005. 246 p.

[9] Seitov N. Tektonika plit i ofiolitovyye zony Kazakhstana: (printsipy umerennogo mobilizma). Almaty, 1988. 112 p.

[10] Seitov N., Kunayev M.S. Regional'naya tektonika malykh i malomoshchnykh litosfernykh plit paleozoya: Fakty i obosnovaniye glubinnykh prichin (po osobennostyam ofiolitovykh zon Kazakhskoy skladchatoy oblasti). Germanskaya Federativnaya Respublika: Izdatel'stvo «PALMARIUM Academic Publishing», 2016. 409 p.

[11] Logunov A.A. Novaya teoriya gravitatsii // Nauka i zhizn'. 1987. N 2. P. 38-44.

[12] Logunov A.A. Novaya teoriya gravitatsii // Nauka i zhizn'. 1987. N 3. P. 60-71.

[13] Logunov A.A. Relyativistskaya teoriya gravitatsii // Priroda. 1987. N 1. P. 36-47.

[14] Bakirov A. Noosferologiya. Bishkek, 2006. 412 p.

[15] Barkin U.V. Energetika planetarnykh protsessov Zemli, drugikh planet i sputnikov // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 177-182.

[16] Levitan E.P. Fizika Vselennoy: ekskurs v probleme. M., 2008. 181 p.

[17] Letnikov F.A. Sverkhglubinnyye flyuidnyye sistemy Zemli i problemy rudogeneza // Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. 2001. Vol. 43, N 4. P. 191-307.

[18] Vovna G.M., Mishkin M.A. Rannyaya kora Zemli – ot khadeya do proterozoya // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 362-366.

[19] Mishkin M.A., Vovna G.M. Dokembriyskaya sialicheskaya kora Zemli, ee proiskhozhdeniye, sostav i rasprostraneniye // Byull. MOIP. Otd. Geol. 2009. Vol. 84, vyp. 5. P. 3-10.

[20] Mishkin M.A., Vovna G.M. Khadeyskaya protokora Zemli: model' formirovaniya i ee vozmozhnyy sostav // Dokl. AN Rossii. 2010. Vol. 433, N 4. P. 504-506.

[21] Sirotin V.I. Doarkheyskaya istoriya Zemli: etapy i zarozhdeniya litogeneza // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 1718-1722.

[22] Slabunov A.I. Dostizheniya i problemy geologii dokembriya: po materialam 5-go Mezhdunarodnogo simpoziuma po arkheyu // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 1730-1734.

[23] Fel'dman V.I. Petrologicheskiye aspekty akkretsii Zemli // Mat-ly mezhdunar. konf., posvyashch. Pamyati Viktora Efimovicha Khaina «Sovremennoye sostoyaniye nauk o Zemle». M., 2011. P. 1943-1947.

[24] Khain V.E., Koronovskiy N.V. Planeta Zemlya otyadra do ionosfery. M., 2008. 244 p.

[25] Popov V.S. Vozmozhnyy mekhanizm formirovaniya kontinental'noy zemnoy kory // Byull. Mosk-ogo obshchestva ispyt. prirody. 1990. Vol. 65, N 6. P. 3-8.

[26] Pushcharovskiy Ju.M. Tektonika Zemli. Vol. 1: Tektonika i geodinamika. M., 2005. 350 p.

[27] Shkodzinskiy V.S. Problemy global'noy petrologii. Yakutsk, 2003. 240 p.

[28] Shmidt O. Ju. Proiskhozhdeniye Zemli i planet. M., 1962. 132 p.

[29] Safronov V.S. Evolyutsiya doplanetnogo oblaka i obrazovaniya Zemli. M., 1969. 244 p.

[30] Safronov V.S. Sovremennoye sostoyaniye teorii proiskhozhdeniya Zemli // Izv. AN SSSR. Fizika Zemli. 1982. N 6. P. 5-24.

[31] Ringvud A.E. Proiskhozhdeniye Zemli i Luny. M., 1982. 293 p.

[32] Fedorin Ja.V. Model' evolyutsii ranney Zemli. Kiyev, 1991. 112 p.

Н. Сейітов

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

ЖЕРДІҢ ЖАРАЛУЫ МЕН ОНЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ДАМУЫНЫҢ БАСТАПҚЫ САТЫСЫНЫҢ МҮМКІН БОЛҒАН ЕРЕКШІЛІКТЕРІ

Аннотация. Жердің салқын заттар есебінен жаралуы және оның заттарының гомогендік аккумуляциясы жайлы жорамалдардың дұрыстығына күмәнданатын, сөйтіп «біршама ыстық Жер» және оған тиесілі заттардың гетерогендік аккумуляциясы туралы жорамалдардың ақиқатқа жақындығын көрсететін нақтылы деректер келтірген ғалымдар еңбегіне қысқаша шолу жасалған. Мақала авторы Жер аккумуляциясы расынан да гетерогендік сипатты иеленді деп есептейді (гидридтерден тұратын алғашқы жер ядросы мен металл-силикат құрамды тұңғыш мантия планета жаралған сәттен-ақ бір-бірінен дараланған), алайда өзінің жаралу сәтінде жер ядросы, бүкіл планета сияқты, балқымалы түрде болмаған. Мақала авторының пікіріне сәйкес, Жердің геологиялық дамуын қамтамасыз етуде радиогендік жылу да, планета заттарының дифференциясы (жіктелуі) нәтижесінде бөлінетін жылу да шешуші рөл атқармаған. Оның пікірінше, әуел-бастан-ақ қоскабатты жүйеге дараланған Жер планетасының геологиялық нысан ретінде дамуының негізгі энергетикалық көзі рөлін тұңғыш гидридті ядроның дегидридтенуі (сутектің гидридтік байланыстан босану процесі) барысында туындайтын жылу атқарады (В. Н. Ларин пікіріне сәйкес). Автор планетаны дамытуда Ғарыштың гравитациялық энергиясының планетамыздың терең қойнауларында жылу энергиясына айналу мүмкіндігін де жоққа шығармайды (А. А. Логунов және Е. П. Левитан пікірлеріне сәйкес).

Мақала авторы Жердің даму тарихында хедей (гедей) эонын бөлу қажеттілігі жайлы соңғы кездерде жарық көрген мақалаларға шолу жасай отырып, бұл пікірдің таласты екендігін мәлімдейді және мұндай күмәнның мүлдем негізсіз емес екендігін көрсететін пікірлер келтіреді.

Түйін сөздер: Жердің жаралуы, Жердің жылу энергиясының бастау-көздері, Жердің гетерогендік аккумуляциясы, Жердің геологиялық тарихы, гидридті ядро, дегидридтену, «магма мұхиты», хедей (гедей) эоны.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 40 – 55

S. A. Akylbekov

ATM consulting Company, Astana, Kazakhstan

PROSPECTS OF THE SEARCH FOR LARGE RARE AND OTHER METALS DEPOSITS IN JONGAR-BALKHASH MINERAGENOUS ZONE IN THE SOUTH KAZAKHSTAN

Abstract. The paper deals with substantiation of future large perspectives of the Argynata ring structure that is conditioned by the same-name intrusive massif and the area of its direct influence. The statement is based on the analysis of regional geological, mineragenic and geophysical data and the results of medium-size gravity magnetic survey. The paper presents search criteria for rare-metal stockwork and skarn copper-molybdenum ore and gold deposits and recommends four sites for a search. If research findings are confirmed this region of the South Kazakhstan in the future is expected to become a major transport and logistics hub with a strong mineral resources base due to mentioned sites being located in a strategically important region having a well-developed transport and energy infrastructure and due to the proximity to the Aktogai group of porphyry-copper deposits being now under development.

Key words: Argynata, Mohorovichich border, regional and transform faults, Jongar-Balkhash metallogenic area, ring structure, recommendation, field.

УДК 553.493.5-574.5

С. А. Акылбеков

Компания АТМ - консалтинг, Астана, Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕДКИХ И ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ В ЖОНГАРО-БАЛХАШСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ В ЮЖНОМ КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. На основании анализа региональных геологических, минерагенических и геофизических материалов, а также результатов среднемасштабных гравимагниторазведочных работ обосновываются значительные перспективы собственно Аргынатинской кольцевой структуры, обусловленной одноименным интрузивным массивом и района его непосредственного влияния. Показаны, что имеются критерии поисков как месторождений штокверковых редкометальных и медно-молибденовых, так и месторождений скарновых руд и золота. Рекомендовано четыре участка для поисков. При подтверждении выводов, сделанные в работе, учитывая стратегическое расположение участков в районе с развитой транспортной и энергетической инфраструктурой, а также близость переданной в освоение Актогайской группы медно-порфировых месторождений, этот регион Южного Казахстана в будущем представляется как крупный транспортно-логистический хаб с мощной минерально-сырьевой базой.

Ключевые слова: Аргыната, граница Мохоровичича, региональные и трансформные нарушения, Жонгаро-Балхашская металлогеническая зона, кольцевая структура, рекомендация, месторождения.

Введение. На сегодня практически все балансовые месторождения молибденовых, вольфрамовых и молибден-вольфрамовых руд Республики с утвержденными запасами залицензированы за исключением мелких и средних с небольшими содержаниями WO_3 и Mo и некоторых богатых молибденовых незначительных по запасам, оцененных в свое время только по поисково-оценочным работам, зачастую выполненных на выходах рудных тел или в переделах геохимических аномалий, причем, в большинстве случаев в их эпицентральных частях. Такие объекты имеются в Центральном и Южном Казахстане и других частях Республики. В связи с тем, что они – богатейшие вольфрамовые, по сравнению с верхнекайрактинскими и богутинскими кварцево-жильными, и богатейшие молибденовые, по сравнению с коктенкольскими порфировыми, могли послужить дополнительной серьезной сырьевой базой после пуска в строй Коктенкольского, Верхне-Кайрактинского, Богутинского и Северо-Катпарского комбинатов. Богатые содержания металлов делают эти объекты привлекательными. Они в короткие сроки могут быть детально разведаны, подсчитаны по ним запасы и поставлены на Государственный баланс и так как горно-технические условия благоприятны, отработаны старательскими и другими более прогрессивными методами. Что же касается крупных по запасам месторождений, то, учитывая низкие содержания металлов в руде, как следствие, сверхуникальных запасов руд, из которых более 95–97 % будут уходить в отвалы, а также большой объем вскрышных пород, то они вряд ли будут окупаемыми в ближайшие годы, если не произойдет выборочная отработка, что категорически недопустимо по существующему законодательству. В связи с этими обстоятельствами весьма важными задачами в этих и других рудных регионах являются выявление месторождений редких металлов с содержанием их на уровне или выше смирновских или дрожиловских, что в минерагенических зонах казахстанского Зауралья, или баянских и аксоранских, что в нижнерифейских гнейсах, сланцах, расположенных вблизи или недалеко от дневной поверхности.

В Южном Казахстане площадью около 700 тыс. км^2 известно 18 собственно редкометальных месторождений, в том числе молибденовых и вольфрамовых 12 (рисунок 1, А), из них три небольшие – находятся в пределах Жонгаро-Балхашского симатического блока коллизионной

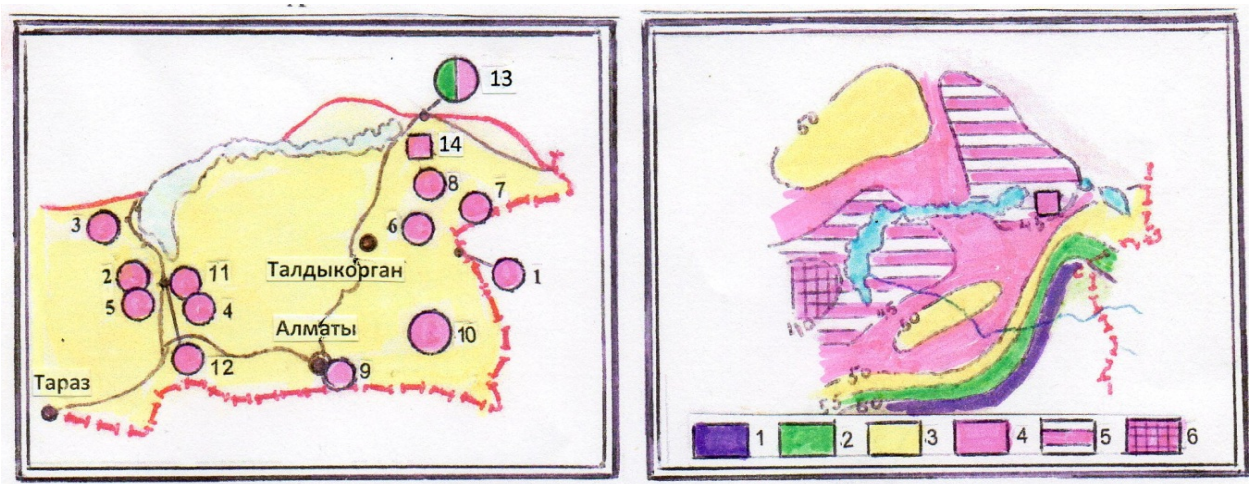


Рисунок 1 –

А – Схема расположения вольфрам-молибденовых месторождений Южного Казахстана (1–12): 1 – Чижин; 2 – Сегизсала; 3 – Кенжиик; 4 – Карасу; 5 – Сарыбулак; 6 – Караой; 7 – Жамантас; 8 – Агытыкетты; 9 – Юбилейный; 10 – Богуты; 11 – Байтал; 12 – Каракамыс; 13 – медно-порфировых руд Актогайской группы; 14 – район Аргынатинского интрузивного массива.

Б – Схема изоглубин Мохоровичича по материалам ГСЗ–ГСП (по Шольдшмидту) района Аргынатинского интрузивного массива: 1 – более 60 км; 2 – 55–60 км; 3 – 50–55 км; 4 – 45–50 км; 5 – 40–45 км; 6 – 35–40 км

Figure 1 –

A – The location scheme of the tungsten-molybdenum deposits in the South Kazakhstan (1–12): 1 – Chizhin; 2 – Segizsala; 3 – Kengkiik; 4 – Karasu; 5 – Sarybulak; 6 – Karaoy; 7 – Zhamantas; 8 – Aghynyketty; 9 – Yubileyny; 10 – Boguty; 11 – Baytal; 12 – Karakamys; 13 – copper-porphyry ores of the Aktogay group; 14 – Argynatinianintrusive massif's area.

B – The scheme of Mohorovičićisodepths according to DSS–DSP (by Goldschmidt) data of the Argynatinian intrusive massif's area: 1 – more than 60 km; 2 – 55–60 km; 3 – 50–55 km; 4 – 45–50 km; 5 – 40–45 km; 6 – 35–40 km

минерагенической зоны, остальные девять – в центральной области карбон-пермской минерагенической зоны (рисунок 2), в том числе одно крупное по запасам – Богутинское месторождение с содержанием WO_3 едва достигающим 0,19-0,20 %. Все эти месторождения, за исключением Богутинского, оценивались как мелкие непромышленного масштаба с ограниченными перспективами.

Следует заметить, что после 50^x годов прошлого столетия, в результате попланшетной металлометрической съемки масштаба 1:50 000, а также опережающих геолого-съемочные работы гравиразведки и магниторазведки, было выявлено огромное количество аномальных полей, приведшие, после проведения крупномасштабных поисково-оценочных работ, к открытию всех известных на сегодня месторождений уникального, крупного и мелкого масштаба, расположенных вблизи дневной поверхности, в том числе редкометальных. Все вторичные ореолы рассеяния, фиксирующие приповерхностные рудные объекты, практически оценены, что допускает констатировать об отсутствии на этом уровне промышленных месторождений. Эти выводы доказываются и тематическими исследованиями, которыми, отнеся к числу бесперспективных, отбраковываются более 80% объектов и ореольно-аномальных зон, в разряд которых наряду с другими металлами попадают и редкие. По результатам анализа геолого-геофизических материалов, проведенных нами, последние выводы не являются окончательными; некоторые известные мелкие месторождения имеют резервы в сторону увеличения их масштабов; предполагается выявление скрытых месторождений, в том числе неглубокозалегающих до глубин 50–100 м, средних, крупных, возможно, даже уникальных по своим масштабам. Такие обнадеживающие выводы делаются по материалам среднемасштабных гравимагниторазведочных работ, глубинного сейсмического зондирования, тектонического и минерагенического районирования Казахстана, согласно которых наиболее перспективными представляются стыки минерагенических зон океанического дна и коллизий, более тяготеющие к последней. По данным ГСЗ [1] такие участки находятся в пределах крупнейших трансформных разломов северо-западного простирания, выделенных по градиентным зонам изоглубин Мохоровичича (Мохо), протяженностью несколько сотен километров, практически прослеживаемых от Алакольской межгорной впадины на юго-востоке до Успенского континентального рифта на северо-западе, которые на юге обрываются крупнейшим глубоко проникающим нарушением первого порядка субширотного простирания протяженностью более 1000 км (рисунок 1, Б). Между трансформными разломами наблюдается подъем кровли Мохо, которая до 40–45 км близко подходит к дневной поверхности. С подъемом кровли, зонами резких изменений мощности земной коры, по-видимому, тесно связаны тепловые и флюидальные режимы недр, заложившие основу для формирования месторождений полезных ископаемых. Эта область согласно карты тектонического строения Казахстана [3] находится в пределах Жонгаро-Балхашской складчатой системы, вблизи центральной части Арганатинской (Аргынатинской) и Тастауской синклинориев, которые на севере контактируются Северо-Балхашским мегасинклинорием, на юге – Кентерлауским и Тюлькуламским антиклинориями. В составе складчатой системы присутствуют породы D_3–C_1v_1, которые выполняют обособленные синклинали и синклинории. Характерной особенностью складчатой системы – преобладание в его составе магматических образований в связи с господствующей разломной тектоникой и почти непрерывным магматическим процессом в течение верхнего палеозоя и нижнего триаса, что позволило сохранить в это время состояние высокой тектонической активности с переплавлением и дифференциацией внутрикорового материала, способствовавшие мобилизации рассеянного рудного вещества и его локализации. Для верхнего палеозоя известны две основные группы интрузий, с которыми связаны формирования промышленных месторождений: биотитовых гранитов формации гранит-гранодиоритовых батолитов и массивы светлых кислых гранитов – калиевые или кали-натровые образующие крупные, изометрически очерченные в плане массивы. При сечениях в сотни квадратных километров массивы светлых гранитов имеют крутые контакты, прослеживаемые геофизическими работами до глубины 11 км, иногда больше или меньше с объемами, измеряемыми тысячами кубических километров [3]. К примеру, расчетный объем интрудированной массы Акшатауского плутона – 1300 км^3 [2]. Массивы светлых гранитов мелкозернистые в сопровождении пегматитов, частично кварцевых жил и грейзенов. Светлые граниты повсеместно характеризуются редкометальным оруденением [3].

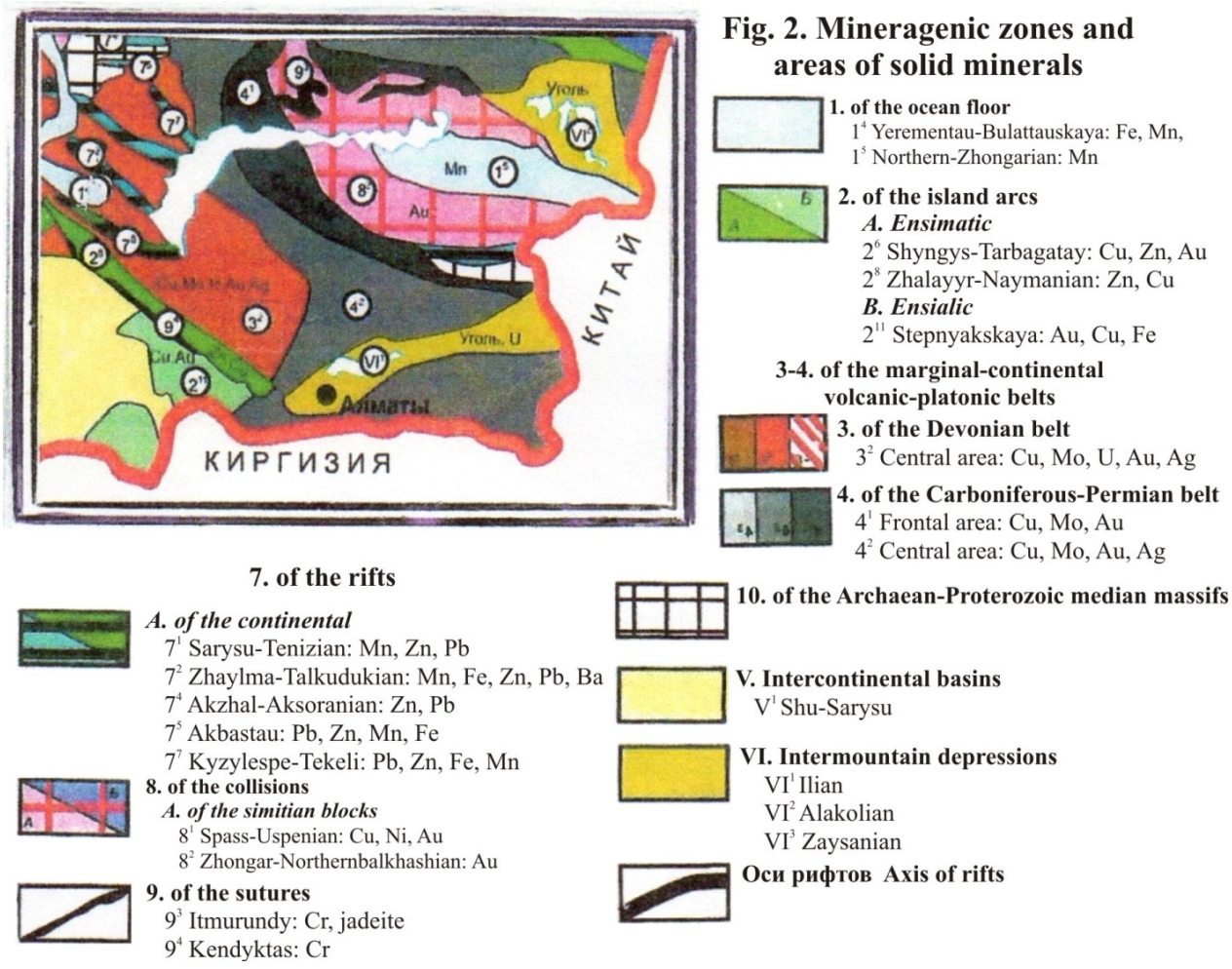


Рисунок 2 – Минерагенические зоны и области твердых полезных ископаемых

Figure 2 – Mineragenic zones and areas of solid minerals

В области подъема кровли Мохо в пределах Жонгаро-Балхашской системы, по региональным минерагеническим исследованиям на базе геодинамических обстановок [4], выделены минерагеническая зона океанического дна (рисунок 2), представленная Карамолинской зоной терригенно-вулканогенных пород с линзами известняков, сформировавшимися на дне океана, вмещающие непромышленные многочисленные проявления марганца и андезито-базальтов с мелкими проявлениями меди, и минерагеническая зона коллизии, образовавшаяся при окончательном закрытии палеокеанов в пермо-триасовое время на месте ветвей Казахстанско-Сибирского палеокеана, сложенная сильно дислоцированными флишоидными и молассоидными толщами. Все породы прорваны интрузиями, синхронными коллизии; в океанических блоках распространены небольшие тела габбро-диорит-гранодиоритового ряда, а в континентальных – массивы лейкократовых и субщелочных гранитоидов, с которыми связаны молибдено-медный и молибденово-вольфрамовый минерагенические комплексы позднепалеозойского окраинно-континентального вулкано-плутонического пояса [4].

В первом комплексе выделены медно-порфировые и молибден-порфировые месторождения, связанные и порфировыми интрузиями (Коныpат, В. Коныpат, Актогай, Айдарлы, Коксай, Кепчам, Каскырказган и др.), а во втором – Акшатауском – выделены грейзеново-кварцевожильные месторождения, являющимися реперным для всей казахстанской редкометальной минерагении в тыловой области окраинно-континентального вулкано-плутонического пояса на стыке с терригенным – Жамансарысуйским (Акшатау, Верхние Кайракты, Коктенколь и др.) и Атасу-Моинтинским (Караоба) антиклинориями, где гранит-лейкогранитные интрузии обусловили процессы

экстракции и концентрации рудного вещества, а концентратами промышленного оруденения явились крутопадающие кварцевые жилы и грейзеновые тела. Распространены рудные штокверки.

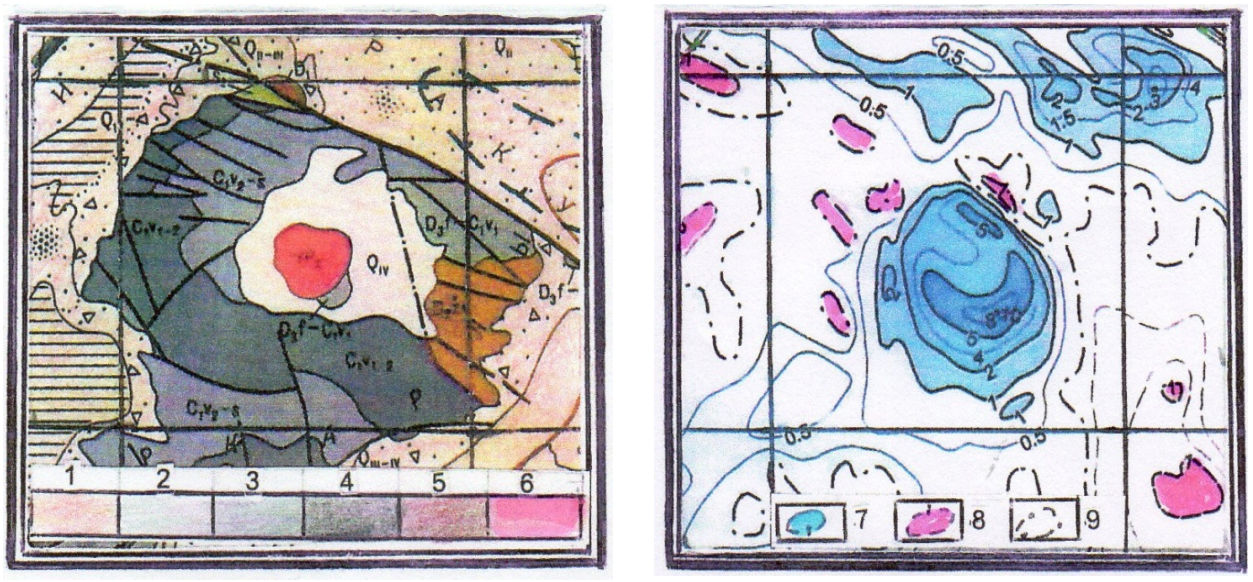
Таким образом, по материалам региональных геологических и геофизических исследований устанавливаются основные благоприятные признаки оруденения в пределах Жонгаро-Балхашской металлогенической зоны, связанные с внедрением в раннепермское время интрузий по составу от габброидных до гранитоидных, формирование которого связано с коллизией и закрытием Жонгаро-Балхашского бассейна.

В этой Жонгаро-Балхашской металлогенической зоне, по анализу среднемасштабных геолого-геофизических материалов, самой перспективной является вся надинтрузивная зона, эндо- и экзоконтакты Аргынатинского (Арганатинского) массива площадью более 140–150 км^2 с глубиной залегания кровли под рыхлыми отложениями в центральной части от 30 до 100 м. Массив располагается в пределах Тастауской структурно-формационной зоны, в строении которой принимают участие мощные толщи туфогенно-осадочных и осадочных образований от нижнего силура до нижнего карбона, образовавшиеся в зоне субдукций и аккреационной призмы при непрерывном осадконакоплении в морских условиях, которые в районе массива интенсивно дислоцированы, разбиты на блоки многочисленными разрывными нарушениями, имеющими, в основном, северо-западное и близширотное простирание и, в большинстве своем, крутое падение. Сопровождаются разломы зонами гидротермалитов и метасоматически измененных пород различной мощности и интенсивности. Сам же массив по геологическому доизучению масштаба 1:200 000 [8] сложен, в основном, биотитовыми гранитами светло-серого, розовато-серого цвета с массивной текстурой, мелко-средне-крупнокристаллической, участками микропегматитовой структурой. По данным химического анализа граниты – породы нормального ряда с сильно перенасыщенным кремнеземом, богатыми щелочами.

Основанием для выделения нами района Аргынатинского массива к числу перспективных послужили материалы региональных геологических и геофизических исследований. Но, прежде всего, данные изданной геологической карты масштаба 1:1 000 000 [6]. В связи с этим следует подчеркнуть, что по всей территории Казахстана Аргынатинская кольцевая структура (рисунок 3, А), по сравнению с другими аналогичными структурами, практически единственная, которая ярко, контрастно и особо выделяется своей изометричностью, очевидно, обусловленной внедрением нижнепермских биотитовых гранитов в ядерную часть синклинальной структуры. С высокой точностью с этой изометричной кольцевой структурой совпадают положительная магнитная (рисунок 3, Б; 4, Б) и отрицательная гравиметрическая аномалии, также кольцевая, также изометричная (рисунок 4, А). Такое благоприятное сочетание геологических, магниторазведочных и гравиразведочных материалов при отсутствии геохимических данных на этапе выбора объектов является не только существенным, но главным и однозначным поисковым признаком редкометалльных и медно-порфировых месторождений, связанных со структурами интрузивного массива, в данном случае скрытого под покровом относительно небольшой мощности безрудных отложений. Также с высокой точностью совпадает с геолого-геофизическими данными изоконцентрическая аномальная зона, зафиксированная аэрокосмическими исследованиями, по-видимому, также единственная по всей территории Казахстана (рисунок 3, В). Судя по этим материалам, массив имеет лакколитообразную форму. Но, по космическому снимку увеличенная мощность массива располагается на северо-востоке, либо внедрение его происходило с северо-востока на юго-запад. По другому варианту интерпретации аэрокосмических материалов в пределах Аргынатинского интрузивного массива предполагается крупнейшая кальдера проседания, по-видимому, испытавшая неоднократные близвертикальные сдвиги или перемещения поднятием и опущением блоков. Таким образом, подключение к решению геологических задач аэрокосмических исследований дает дополнительные сведения, требующие своей расшифровки.

Следует заметить, что большое количество штокверковых и скарно-штокверковых месторождений Центрального Казахстана располагается именно в таких интрузивных и надинтрузивных структурах, значит, эта связь не столько пространственная, сколько парагенетическая, т.е. рудообразующие флюиды и граниты имеют единый глубинный источник. К числу таких месторождений относятся Акшатауская, Верхне-Каиракгинская, Коныратская, Катпарская группы, а также месторождения, расположенные в пределах Байназарской кольцевой структуры. По данным

A B



C

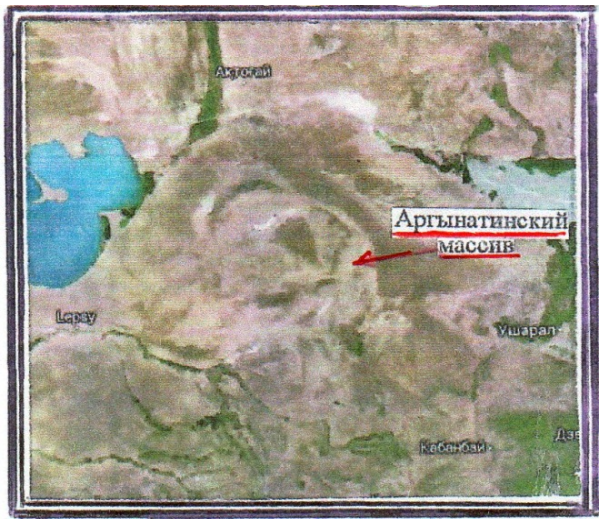


Рисунок 3 –
Геологическая карта (А), карта аномального магнитного поля ΔTa (Б) масштаба 1:1 000 000 и фрагменты из карты аэрокосмического снимка (В) района Аргынатинского интрузивного массива:
1 – рыхлые отложения; 2 – карбонатные, карбонатно-терригенные породы; 3 – карбонатные породы; 4 – осадочные, вулканогенно-осадочные образования; 5 – вулканогенные образования; 6 – биотитовые граниты; 7–9 – изолинии ΔTa: 7 – положительные, 8 – отрицательные, 9 – нулевые

Figure 3 –
Geological map (A), anomalous magnetic field map ΔTa (B) on a scale of 1:1,000,000 and fragments from the map of the aerospace photograph (C) of the Argynatinian intruive massif's area:
1 – loose sediments; 2 – carbonate, carbonate-terrigenous sediments; 3 – carbonate rocks; 4 – sedimentary, volcanognic-sedimentary formations; 6 – biotite granites; 7–9 – contour lines ΔTa: 7 – positive, 8 – negative, 9 – null

сейсмического зондирования Аргынатинский купол, как крупнейшие меднопорфировые месторождения Актогай и Айдарлы, находится в зоне подъема поверхности Мохо, то есть там, где к дневной поверхности значительно приближается верхняя граница мантии. Как было указано выше, с аналогичными участками связывается проникновение тепловых и флюидальных источников гидро-термальных растворов, имеющих особое значение при экстракции и дальнейшем переносе рудного вещества на участки, имеющих компетентные условия для рудоотложения и формирования месторождении. Причем район массива располагается значительно ближе к Южно-Казахстанскому расколу, чем месторождения Актогайской группы, то есть ближе к южной градиентной зоне Мохо, что усиливает значимость отмеченных выше выводов.

На территории, в пределах которой находится Аргынатинская кольцевая структура, после геологосъемочных работ масштаба 1:200 000 и 1:50 000 проведено геологическое доизучение в масштабе 1:200 000 [8]. Однако, заключение по последним исследованиям, выполненным с учетом анализа и переинтерпретации ранних тематических, поисковых геологических, геохимических, гравимагниторазведочных и буровых работ, не вызывает никакого оптимизма и свидетельствует о том, что возможность выявления каких-либо промышленных месторождений металлических полезных ископаемых исключается однозначно, кроме проявления висмута, предполагаемого на

глубине нескольких сотен метров по шлиховым и шлихогеохимическим ореолам редких металлов. Если более конкретно, то согласно минерагеническому районированию 1:200 000 масштаба значительная часть всех отмеченных полезных ископаемых находится за пределами эндо- и экзоконтактовых зон Аргынатинского гранитоидного массива, т.е. за контуром кольцевой структуры, и практически все они носят характер рассеянной и связаны, прежде всего, с зонами проницаемости растворов по разломам, областям трещиноватости и приурочены к участкам проявления надинтрузивного метасоматоза, имеют незначительные размеры и низкие уровни содержания, и промышленного интереса не представляют. При этом:

– железо и марганец – из-за того, что они привнесены извне;

– медь-кварцево-халькопиритовой формации – из-за незначительно повышенных относительно кларка содержаний и небольших размеров, но не исключается возможность нахождения медно-колчеданных руд на значительной глубине, в то же время констатируется, что выделение каких-либо площадей, перспективных на медное оруденение, представляется некорректным;

– вольфрам – представленный единственным рудопроявлением Капсалай, не имеет промышленного значения из-за низких содержаний и незначительных размеров. Предполагается, что факт его наличия не исключает возможности обнаружения других объектов в зонах крупных рудоконтролирующих разломов;

– олово – представленное проявлением Сексен – из-за небольших размеров и низкого содержания касситерита и шеелита – также промышленного значения не имеет; до глубины 150 м вольфрамо-оловянное оруденение отсутствует, однако предполагается, что наиболее вероятным источником редкометального оруденения (штокверкового типа) на глубину (600–900 м) может быть подинтрузивное пространство Аргынатинского массива;

– золото, относимое к золото-пирит-кварцевой и кварцевозолоторудной формациям, – из-за отсутствия значимых объектов, и обнаружение его на уровне эрозионного среза в промышленных скоплениях маловероятно, возможно, выявление в зоне сутуры, перекрытой мощными среднедевонскими образованиями и чехлом кайнозойских отложений.

Приведенные отрицательные заключения не оставляют никаких надежд для выделения перспективных площадей на поиски промышленных месторождений черных, цветных, редких и благородных металлов. Таким образом, район Аргынатинского интрузивного массива на сегодня считается бесперспективным, даже не дискуссионным. По нашему мнению это обусловлено так называемыми общими поисками, на которые из государственного бюджета при геолого-съемочных работах выделяются настолько незначительные суммы, на что возможны только геологический осмотр и небольшой объем горно-опробовательских и в редких случаях несколько скважин неглубокого бурения.

Но анализ приведенных выше региональных данных и опубликованных материалов позволяет положительно оценить потенциальные перспективы Жонгаро-Балхашской металлогенической зоны, а выявленные при этом следующие критерии и положительные результаты являются важными предпосылками, показывающими перспективы тех или иных объектов минерагенической зоны и, как следствие, основанием более конкретных рекомендаций по району Аргынатинского интрузивного массива и выбора участков на поиски месторождений редких металлов, медно-порфировых руд и сопутствующих им металлов:

1. Работами предыдущих исследователей доказывается, что Жонгаро-Балхашская минерагеническая зона является не только потенциальной, но и характеризуется конкретными редкометальными месторождениями [5] с богатыми содержаниями трехокиси вольфрама, в одном из которых содержание его колеблется от 0,12 до 1,7% в жилах среди гранитного массива, несущими, кроме вольфрама, минерализацию золота, меди и висмута, а в другом месторождении в разведанных жилах, расположенных внутри массива гранитов, содержание WO_3 составляло в среднем от 0,32 до 0,52%, в них встречены пирит, халькопирит, арсенопирит, а содержание видимого золота достигало 1 г/т.

Сравнение геологического строения района Аргынатинского массива с геологическим строением других массивов, с которыми генетически связаны редкометальные месторождения, показывает, что оно напоминает район Акмаинского массива в Центральном Казахстане, который также как Аргынатинский, прорывает ядерную часть девон-карбоновой синклинальной структуры, в

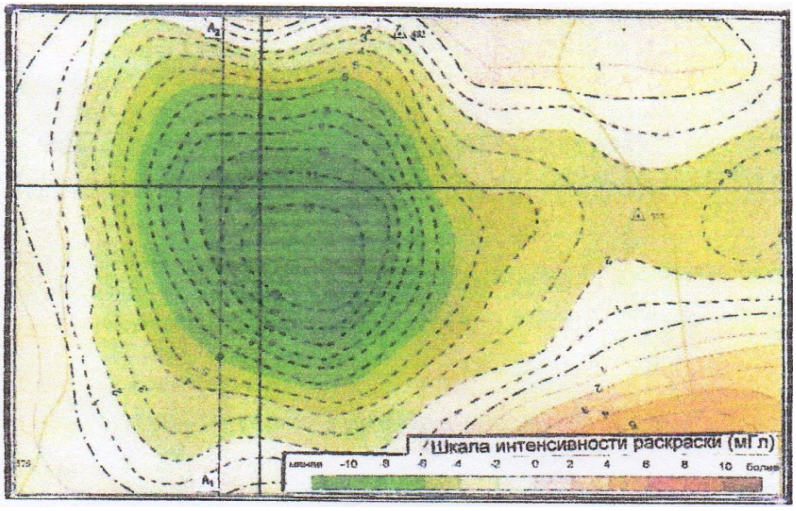
пределах которой располагается промышленное скарново-вольфрамовое Северо-Катпарское месторождение с окисленными рудами в коре выветривания, скарново-грейзеновыми – в мраморизованных известняках, кварцево-грейзеновыми – в гранитах, содержащие относительно богатые молибденовые, медные и висмутовые руды. Интересно заметить, что здесь, как на Северо-Катпарском месторождении, широко развита кора выветривания, а девон-карбоновые отложения представлены терригенными и терригенно-карбонатными отложениями. Причем, в образованиях нижнего карбона, занимающие ядерную часть Д-С структуры, несколько повышенные концентрации молибдена, вольфрама, меди, олова, что в некоторой степени подтверждает аналогичность сравниваемых объектов. В связи с этим, анализируя имеющиеся геолого-геофизические и геохимические материалы района Аргынатинского интрузивного массива, мы приходим к выводу, что наряду с другими типами месторождений, здесь возможно выявление скарново-вольфрамового оруденения типа Северный Катпар с сопутствующими сульфидными оруденениями.

Относительная близость Аргынатинского массива к Актогайской группе медно-порфировых месторождений и расположенность их в единой «сейсмоактивной» структуре позволяет предположить о возможном присутствии и меднопорфирового оруденения. Следует отметить, что редкометальные месторождения, связанные со штокверковыми зонами, развивающимися в купол-надкупольных зонах, обусловлены не только лейкократовыми гранитами, но и биотитовыми – как Жамантас, Агыныкатты в Жонгар-Балхашской зоне, уникальное Смирновское месторождение в Костанайской области, отработанные участки Восточный, Южный, Северный Коныратского месторождения и др., не только гранитоидами акшатауского комплекса пермо-триаса, но и нижнепермскими (месторождения Кызылрай, Кызылсай и др.), а также среди массивов, сденудированных на 200-300 и более метров (месторождение Батыстау).

2. Данными гравиметрической съемки (рисунок 4, А) практически однозначно откартирован участок выхода на дневную поверхность и область приближения к ней Аргынатинского раннепермского гранитоидного массива, который по составу биотитовый с плотностью в 2,58 г/см^3, хотя количественные расчеты авторами геологического доизучения выполнены при плотности 2,51 г/см^3, соответствующей именно гранитам ультракислого аляскитового состава. Повышенные содержания в биотитовых гранитах Co, Cu, Sn, Mo, Nb свидетельствуют о их рудоносности. Состав массива, очевидно, не только просто биотитовый, но неоднородный, многофазный, а морфология его довольно сложная как вблизи дневной поверхности на уровне среза, так и на глубине, о чем свидетельствуют гребневидные выступы гранитов, зафиксированные как вблизи эпицентра гравиминимума (рисунок 4, А), так и в области затухания поля силы тяжести, а эпицентр же аномалии Δg может быть обусловлен не только приближением и выходом массива на поверхность, но и нижней корневой частью, так называемой «ножкой», показывающей место мобилизации магмы из глубины недр. В связи с этими обстоятельствами следует отметить, что карта остаточных аномалий силы тяжести при радиусе осреднения, равном 18 км, не несет информацию для объективного решения вопросов, касающихся морфологии и внутреннего строения массива, в том числе поисковых. Вообще, использовать материалы гравиметрической съемки без тщательного введения поправок за низкоплотностный слой рыхлых мезо-кайнозойских отложений для поисковых и разведочных целей практически недопустимо, так как они могут полностью затушить аномалии от гидротермально-переработанных пород, а в благоприятных условиях, когда исключены все «мешающие» факторы, данные гравиразведки служат как прямые методы поисков многих типов месторождений полезных ископаемых.

Таким образом, по данным гравиразведки, Аргынатинский массив площадью более 200 км^2 (по изолинии – 2 мГл – 300 км^2) – один из крупнейших батолитообразных массивов, выгодно отличающийся от других своей изометричной формой, как показывает практика, в целом, более перспективной в отношении поисков полезных ископаемых. Массив имеет гребневидные выступы, также являющиеся перспективными. В связи с внедрением массива в осадочные отложения, в пределах его контакта могут быть выявлены наряду кварцево-жильными и штокверковыми рудами и руды скарново-вольфрамовой формации, не исключено выявление медно-порфирового оруденения, а также скарнового от черных до цветных и благородных металлов. Месторождение, возможно, будет разноуровневым – эндогенным от нижнего силура до карбона, а также гипергенным окисленным, коровым и переотложенным в мезозойских образованиях.

А



В

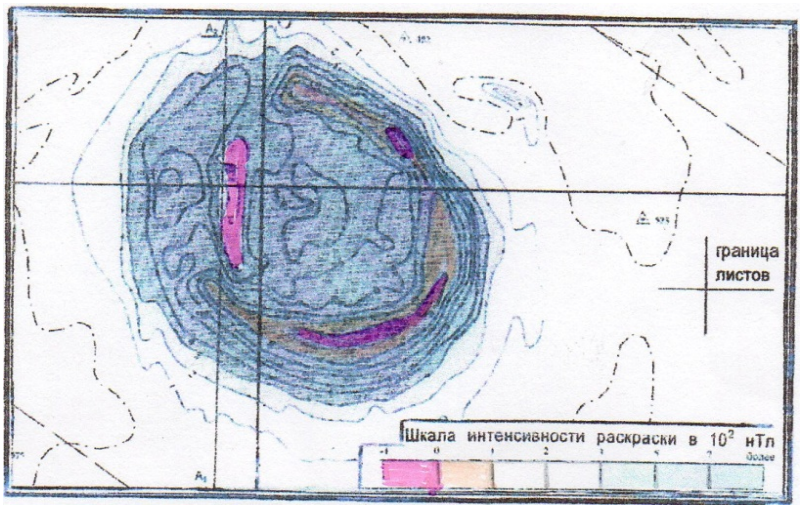


Рисунок 4 – Карта остаточных аномалий силы тяжести при R_{gsz} – 18 км (А), карта аномального магнитного поля ΔТа (Б) района Аргынатинского интрузивного массива (по Бектасову, по карте масштаба 1:200 000)

Figure 4 – Map of residual gravity anomalies at R_{gsz} – 18 km (A), a map of the anomalous magnetic field of the Argynatinian intrusive massif's area (according to Bektassov, on a scale of 1: 200,000)

3. Данными аэромагнитной съемки (рисунок 4, Б), также, как гравиметрической, откартирована площадь развития Аргынатинского интрузивного массива, подобных которому в Казахстане, где бы, как указывалось ранее, однозначно совмещались в геологических, магниторазведочных и гравиразведочных материалах в масштабе от 1:200000 до 1:1000 000 отсутствуют, что, по-видимому, свидетельствуют о своеобразности этого массива как в плане, так, очевидно, и в пространстве. Только на основании этого положения необходимо кардинально изучить состав, строение, морфологию и перспективность этого массива. Результаты количественной интерпретации показывают, что морфоструктура массива имеет лакколитоподобную форму со слабоволнистой поверхностью кровли (рисунок 5).

Южный и северный контакты его полого погружаются соответственно на юг и север под углами 25–30° . Нижняя граница находится на глубине 2,5–4,5 км.

По результатам изучения петромагнитных свойств, по которому магнитная восприимчивость гранитов $15 \cdot 10^{-6}$ ед. СГС, они на своих выходах при любых обстоятельствах не создадут положи-

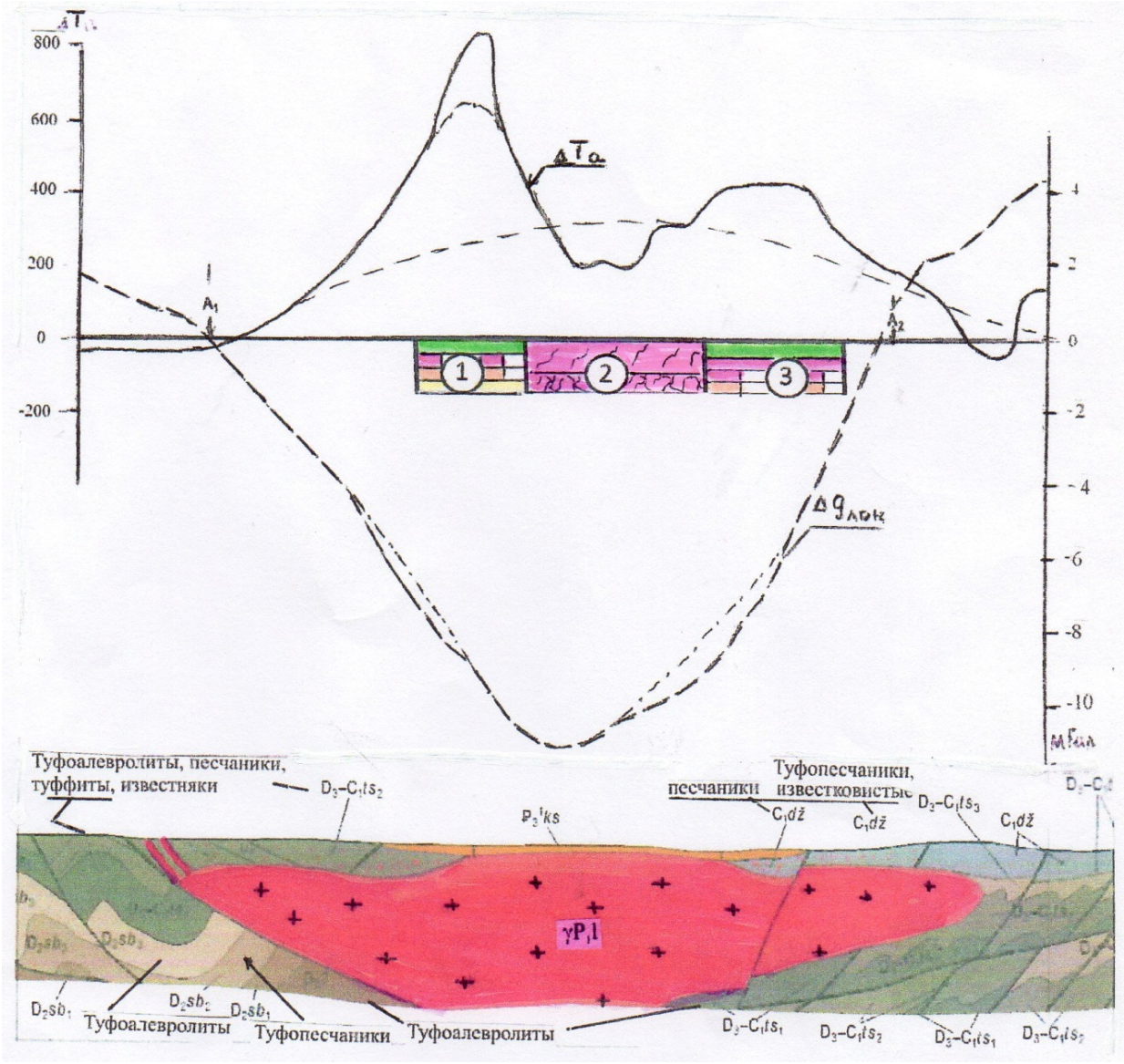


Рисунок 5 – Геолого-геофизический разрез через Аргынатинский интрузивный массив (по Уваровой, Бектасову, Акылбекову): 1–3 – область прогнозирования: 1 – медно-молибденового, скарново-вольфрамового и скарново-магнетитового оруденения с сопутствующим висмутом и оловом, 3 – медно-молибденового, редкометалльного, скарново-вольфрамового и скарново-магнетитового орудения

Figure 5 – Geological and geophysical section through the Argynatinian intrusive massif (according to Uvarova, Bektassov, Akylbekov): 1–3 – prediction area: 1 – of a copper-molybdenum, skarn-tungsten and skarn-magnetite mineralization with concomitant gold, 2 – of a vein, stockwork tungsten-molybdenum mineralization with concomitant bismuth and tin, 3 – of a copper-molybdenum, rare metal, skarn-tungsten and skarn-magnetite mineralization

тельную магнитную аномалию интенсивностью от 200 до 900 нТл. Общий состав его по всей вероятности гранит-гранодиоритовый, возможно, гранит-гранодиорит-порфировый, многофазный с участием ранних интрузивных фаз среднего и основного состава. Согласно конфигурации магнитного, а также гравитационного аномальных полей, форма массива шток при уникально крупных размерах. Минерагенические исследования показывает, что именно к штокам приурочиваются многочисленные оруденения.

Возвращаясь к магнитному полю Аргынатинского интрузивного массива следует отметить, что его контакт с окружающими породами девон-карбонового возраста резкий, крутой, практически по всему изоконцентрическому магнитному полю массива.

Общий контур массива по данным магниторазведки значительно больше его выхода на дневную поверхность и составляет около 160–170 кв.км при диаметре его около 14–15 км, а по изолинии 100 нТл по карте масштаба 1:200000 – 250 кв. км, а по той же изолинии карты масштаба 1:1 000 000 – 400 кв. км [7]. Судя по магнитным данным, северный, восточный, возможно, и западный контакты массива очень крутые, возможно, до вертикального, южный контакт в районе приближения его к дневной поверхности, также крутой, далее, к югу выполаживается с падением на юг, затем, по всей вероятности, имеет обратное падение с азимутом в сторону центра массива. Результаты магниторазведки позволяют также предположить, что состав Аргынатинского массива сложный. Он, по-видимому, сильно изменен, калишпатизирован, не исключено, что в его строении определенную роль играют присутствие гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров. Края массива фиксируются повышенными магнитными полями, и, по нашему предположению, интенсивность поля со значением 200–300 нТл соответствует области ороговикования. Далее, от периферии к центру интенсивность поля повышается до 900 нТл, составляя в экстремуме 8000 нТл [7], что связывается участками интенсивного скарнирования пород, где могут быть сконцентрированы не только скарново-магнетитовое оруденение, но скарны других типов магнетитсодержащих руд. При составлении карты аномального магнитного поля Казахстана [7] было сделано предположение, что эта аномалия, вероятно, фиксирует канал «горячей точки» от мантийного основания. Общая протяженность положительного магнитного поля значительная, более 15–20 км, и требует изучение бурением, после проведения детализационных магниторазведочных работ и количественной комплексной интерпретации гравимагнитных материалов. Далее, к центру, после положительного аномального поля, фиксируется относительно локальное (в масштабе съемки) отрицательное аномальное поле общей протяженностью более 17 километров при ширине от 300–400 до 1500–2000 м, расположенное строго параллельно и к положительному аномальному полю, и краевой части общего магнитного поля Аргынатинского массива. Несколько изолированных аномальных полей отрицательного знака выявлены и вблизи центральной части массива. Общая протяженность их составляет около 10 км при ширине от 300 до 1000 м. Природа этих отрицательных аномалий, зафиксированных в надитрузивных зонах, как во многих рудных районах, объясняется зонами интенсивной гидротермальной переработки, в пределах которых возможно выявление месторождений редких металлов и медно-порфировых руд с попутными элементами. Если эти отрицательные аномальные поля в действительности будут обусловлены зонами промышленных оруденений, то при их протяженности до 30 км при ширине до 2 км, они будут вмещать крупные и очень крупные запасы руд. Как было указано, столь же протяженны положительные магнитные аномалии, которые предположительно обусловлены магнетитсодержащими породами с сопутствующими оруденениями. Все эти позитивные выводы требуют изучения проведением детальных не только магниторазведочных, но и других видов геофизических и геохимических работ в сопровождении картировочного и поискового бурения. При получении положительного результата именно на уровне представительного горизонта необходимо специализированное изучение перспективы мезозойской и, возможно, кайнозойской коры выветривания с привлечением специалистов-геоморфологов.

4. Данные геохимических исследований (рисунки 6, 7) не дают положительных результатов в пределах магнитных и гравитационных аномалий, несмотря на то, что здесь пройдено значительно количество буровых скважин и некоторые из них даже сосредоточены на участке приближения к дневной поверхности массива. Причиной этого, по-видимому, может быть в том, что не ставилась задача геохимического картирования и глубинных поисков. Если и ставилась такая задача, то бурение скважин не производилось до представительного горизонта. Очевидно, основная задача была – геологическое картирование поверхности палеозойского фундамента.

В то же время:

– данными геохимического опробования на выходах коренных пород, за контуром массива, отмечены единичные пробы с аномальными содержаниями черных, цветных и редких металлов;

– шлиховым опробованием выявлены площадные ореолы меди, вольфрама, олова, ртути, а в отдельных пробах, кроме указанных элементов, установлены знаки золота;

– металлометрической съемкой выявлены вторичные ореолы рассеяния V, Cu, Pb, Zn, Ca, Mo, Sn и Ba, а также линейные потоки Cu, Pb, Zn и единичные точки Cu, Pb, Mo, Sn и Au.

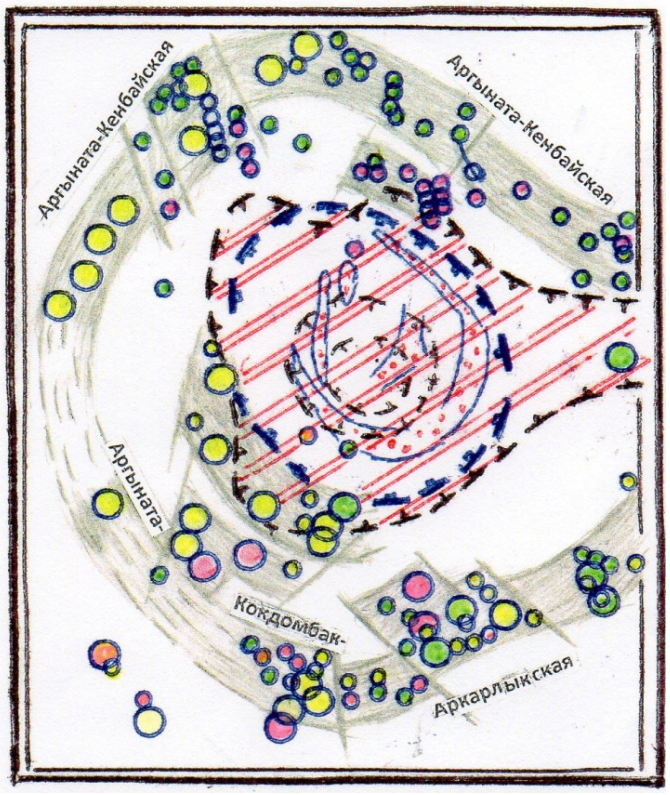


Рисунок 6 – Предполагаемые минерагенические зоны в области влияния Аргынатинского интрузивного массива. Условные обозначения см. рисунок 7

Figure 6 – Prospective mineralogical zones in the impact area of Argynatinian intrusive massif. Legend is shown on Figure 7

Степень концентрации металлов в геохимических, шлиховых и металлометрических пробах очень далека от промышленных, незначительны и самые максимальные содержания характеризуются следующими значениями (в процентах): V – 0,01; Cu – 0,04; Pb – 0,03; Zn – 0,05; Ag – 0,05; Co – 0,03; Mo – 0,002; W – 0,003; Bi – 0,0006; Mn – 0,5; Cz – 0,03; Ag – 0,001; Au – в пределах 1-5 знаков [8]. Выявленные вторичные ореолы рассеяния, шлиховые ореолы, единичные точки минерализации расположены в пределах от 7 до 10 км от эпицентра гравимагнитных аномалий, повторяя их внешние контуры. Это обстоятельство является одним из поисковых признаков редкометальных штокверковых месторождений Казахстана, в частности, Центрального Казахстана, где выходы и центры вольфрам-молибденовых оруденений не отмечаются медными, медно-полиметаллическими, барит-полиметаллическими ореолами, а также, за редким исключением, присутствием золота и серебра, следовательно, они закономерно лишены полиметаллических ореолов, которые, как правило, равнозначно удалены от контура разведанных редкометальных месторождений. Результаты электроразведочных работ, проведенные на площади редкометальных месторождений, в различных модификациях, также показывают на наличие зон сульфидной минерализации за пределами редкометального оруденения. Все это согласуется с результатами анализа и математической обработки геохимических данных по многим месторождениям редких металлов, по которым наблюдается как по вертикали, так и по простиранию и в поперечных сечениях зональность (закономерность) распределения геохимических элементов в следующей последовательности (сверху-вниз): Ba (Au) → Pb, Zn → Cи → W → Mo → Bi → Sn. При некоторой глубине эрозионного среза формирование и аналогичное расположение геохимических ореолов, наблюдаемых над Аргынатинским массивом, являются обычным. Для определения уровня среза необходимо картировочно-поисковое бурение с полными вскрытием представительного горизонта и изучение соотношения надрудного, рудного и подрудного элементов. При этом необходимо учитывать, что над рудными телами, залегающими под экраном, представленным рыхлыми обра-

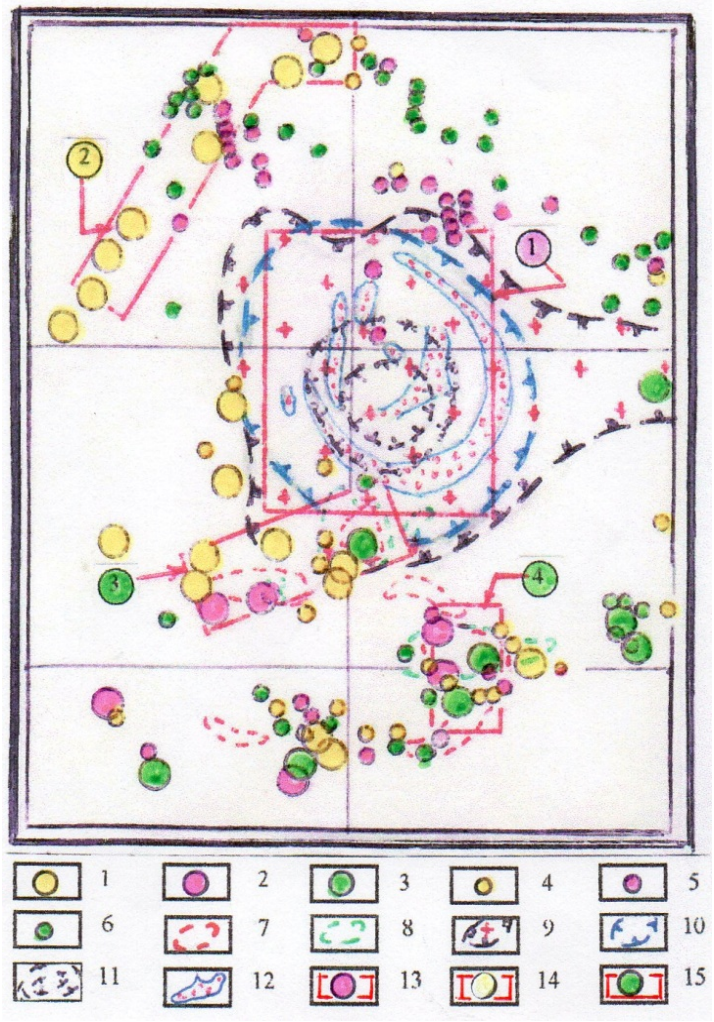


Рисунок 7 – Перспективные аномальные участки, выделяемые по результатам геолого-геофизических исследований в пределах Аргынатинского интрузивного массива и в области его влияния, рекомендуемые для проведения поисково-оценочных работ (составил С. Акылбеков с использованием материалов Бектасова, В. Парфенного и др.):
1–3 – проявление полезных ископаемых: 1 – золота, 2 – редких металлов, 3 – меди; 4–6 – пункты минерализации по данным геохимических исследований: 4 – золота, 5 – редких металлов, 6 – меди; 7, 8 – шлиховые т вторичные ореолы рассеяния: 7 – редких металлов, 8 – меди; 9, 10 – контур Аргынатинского интрузивного массива по данным: 9 – гравиразведки, 10 – магниторазведки; 11 – область апикального выступа интрузивного массива по данным гравиразведки; 12 – предполагаемые участки гидротермальной переработки метасоматического преобразования, выделенные по локальным отрицательным аномалиям магнитного поля; 13–15 – участки, рекомендуемые для проведения поисковых и поисково-оценочных работ для выявления месторождений (цифры в кружочках): 13 – редких металлов медно-порфировых, скарново-вольфрамовых и скарново-магнетитовых руд (1 – Аргынатинский), 14 – преимущественно золото и золото-медного оруденения (2 – Аргыната-Келбайской), 15 – редких металлов, меди и золота (3 – Кокдомбакский, 4 – Аркарлыкский)

Figure 7 – Perspective anomalous areas, identified by the results of geological and geophysical researches within the Argynatinian intrusive massif and in the area of its influence, recommended for carrying out prospecting and evaluation work (Akylbekov S. made using the materials of Bektassov, Parthenny V. and others):
1–3 – manifestations of minerals: 1 – gold, 2 – rare matals, 3 – copper; 4–6 – points of mineralization according to geochemical data: 4 – gold, 5 – rare metals, 6 – copper; 7, 8 – schlich and secondary dispersion halo: 7 – rare metals, 8 – copper; 9, 10 – the Argynatinian massif's contour according to data of: 9 – gravity gradiometry, 10 – aeromagnetic survey; 11 – area of the apical projection of the intrusive massif according to gravity gradiometry data; 12 – prospective areas of hydrothermal processing and metasomatic transformation, identified by local negative magnetic field anomalies; 13–15 – sectors recommended for conducting prospecting and prospecting- evaluation works to identify deposits (numerals in circles): 13 – of rare metals, copper-porphyry, skarn-tungsten and skarn-magnetite ores (1 – Argynatinian), 14 – mainly of gold and gold-copper mineralization (2 – Argynata-Kenbay), 15 – of rare metals, copper and gold (3 – Kokdombakian, 4 – Arkalykian)

зованиями или же породами девон-карбона, масштабы распространения ореолов могут быть незначительными.

На рисунке 6 представлены предполагаемые минерагенические зоны в области влияния Аргынатинского массива. Северная из них – Аргыната-Кенбайская общей протяженностью более 40 км, южная – Аргыната-Кокдомбак-Аркалыкская протяженностью более 30 км.

Таким образом, в случае подтверждения рудной природы собственно Аргынатинской группы гравитационных и магнитных аномальных полей (участок Аргынатинский, рисунок 6), как было указано выше, в их пределах могут быть выявлены крупные запасы полезных ископаемых.

В зоне воздействия Аргынатинского массива имеются и другие участки, представленные точками минерализации, аномальными зонами шлихового и металлометрического опробования, которые однозначно относились к числу не имеющих перспективы на обнаружения полезных ископаемых, но, несмотря на это, нами предполагается, что некоторые из них заслуживают переоценки (рисунки 6, 7).

На поиски золоторудных месторождений является перспективной, выделяемая нами по градиентной зоне гравиметрического поля, крупная Аргыната-Кенбайская тектоническая зона (рисунок 7) шириной до 3–4 км при протяженности более 20 км, площадью более 50 км^2, сложенная туфогенно-осадочными образованиями, прорванным дайками гранит-порфиров, диоритовых порфиритов, штоком – гранодиоритов Лепсинского интрузивного комплекса. Наиболее перспективными в пределах этой зоны являются узлы ее пересечения с многочисленным тектоническими нарушениями Северо-Жонгарской группы, откартированных по геолого-съемочным работам. На площади Аргыната-Кенбайской зоны отмечены более десяти точек (проявления) минерализации, в основном, золота и других металлов, которые пространственно и генетически связаны с гидротермально-измененными (ороговикование, окварцевание, пиритизация, реже пропилитизация) породами, размещенными как в зонах крупных разломов, так и вдоль оперяющих их непротяженных разрывов. Золоторудная минерализация (проявления) сопровождается повышенными содержаниями серебра, меди, мышьяка, молибдена, цинка, свинца.

Южнее Аргынатинского массива выделяются два перспективных участка – Кокдомбакский и Аркалыкский, приуроченные, по данным гравимагниторазведки, к предполагаемым гребневидным выступам массива, где зафиксировано множество проявлений и точки минерализации золота, меди, цинка, вольфрама, молибдена, висмута, олова, ртути и железа. Среди них наиболее распространены золото, медь и редкие металлы. Приведенные геофизические и геохимические признаки оруденения позволяют рекомендовать эти участки на поиски месторождений редких металлов, медно-порфировых руд и золота. Площадь Кокдамбакского участка около 50–60 км^2, а Аркалыкского – 30–40 км^2 (рисунок 7).

Таким образом, из приведенных геологических, геофизических и геохимических материалов следует, что в пределах самого Аргынатинского интрузивного массива, а также в его эндо- и экзоконтактовой частях, могут быть сосредоточены крупные, а судя по параметрам, возможно, и уникальные запасы не только штокверковых и скарновых вольфрам-молибденовых руд с попутными компонентами, в том числе с золотом (отрицательные гравмагнитные аномалий), но и штокверковых медно-порфировых руд с попутными компонентами, в том числе также с золотом (отрицательные гравитационные, положительные магнитные), а также скарново-магнетитовые оруденения вблизи контакта его с карбонатно-терригенными отложениями Аргынатинской синклинали (рисунок 5). Особого внимания заслуживает изучение перспектив мезо-кайнозойской коры выветривания.

При получении положительных геологических результатов этот район с развитой инфраструктурой и логистикой, обеспеченный техническими и питьевыми водными ресурсами, разведанными месторождениями нерудных полезных ископаемых, крайне необходимыми для строительства разных назначений, будет одной из крупнейшей редкометальной и медно-молибденовой провинцией Алматинской области Южного Казахстана, где, возможно, будут созданы горнодобывающая и перерабатывающая промышленности. Все эти позитивные положения свидетельствуют о необходимости первоочередного проведения поисковых и поисково-оценочных работ на участках Аргынатинский, Аргыната-Кенбайский, Кокдомбак, Аркалык (рисунок 7).

1. Площадь Аргынатинского участка, где рекомендуется проведение поисково-разведочных работ, составляет 215 км^2. На всей этой площади необходимо выполнение наземных магниторазведочных работ по сети 200х100 м с детализацией до 100х50–25 м, гравиразведочных – по сети 200х200 м и профильной гравиразведки шагом 100–50 м (200 п.км), картировочно-поискового бурения по сети 500х200 м с детализацией до 200–100–50 м (рисунок 7). По результатам этих работ выявляются участки для постановки поисково- разведочных и разведочных работ.

2. Для поисков золоторудных объектов на Аргыната-Кенбайском участке площадью в 72 км^2 необходимо проведение магниторазведочных работ по сети 200х40 м в сопровождении геологических маршрутов через 200 м, металлометрическую съемку по сети 100х20м с полным количественным и спектро-золотометрическим анализом проб и отбор первичных проб с зоны оруденения, чтобы удостовериться, что и рудные зоны, и рудные тела, и ореолы рассеяния генетически связаны между собой; для оценки природы геохимических и магниторазведочных рекомендуется предусмотреть проходку горных выработок и бурение поисковых и картировочных скважин, обратив особое внимание на золотоносность коры выветривания и наличие золотоносных россыпей (рисунок 7).

3-4. На участке Кокдомбак площадью 60 км^2 и на участке Аркалык площадью 28 кв.км с целью поисков штокверковых вольфрам -молибденовых с золотом и штокверковых медно-молибденовых руд с золотом необходимо проведение металлометрической съемки по сети 100х20 м, магниторазведку по сети 200х40 м с детализацией до 100х20 м, гравиразведку по сети 200х100 м, профильную гравиразведку шагом 40 м в сопровождении геологических маршрутов, проходку горных выработок, бурения картировочных и поисковых скважин.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гольдшмидт В.И. К вопросу о методике построения поверхности Мохоровичича // Сев. Геология. – 1970. – № 8.

[2] Акылбеков С.А. Геолого-геофизические критерии и методы прогнозной оценки эндогенного оруденения на примере Атасу-Агадырского рудного района в Центральном Казахстане: Автореф. докт. дис. – Алматы, 1997.

[3] Беспалов В.Ф. Тектоническая карта Казахской ССР и прилегающих территорий союзных республик, масштаб 1:1500000. – Алма-Ата: Наука, 1976.

[4] Акылбеков С.А., Воцалевский Э.С., Мирошниченко Л.А. и др. Минерагеническая карта Казахстана масштаба 1:1000000. – Алматы: Институт геологических наук РК, 2007.

[5] Справочник «Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана» / Лаумулин Т.М., Губайдулин Ф.Г., Шептура В.И., Акылбеков С.А. и др. – Алматы, 1998.

[6] Бекжанов Г.Р., Кошкин З.Я., Никитченко И.И. и др. Геологическое строение Казахстана. – Алматы: Академия минеральных ресурсов РК, 2000.

[7] Ужкенов Б.С., Акылбеков С.А., Мазуров А.К. Карта аномального магнитного поля Казахстана 1:1 000 000. – Кокшетау, 2014.

[8] Уварова О.С. и др. Геологическое доизучение масштаба 1:200 000 на территории листов L-44-XIII, XIV за 2002–2005 гг. Фонды РЦГИ «Казгеоинформ».

REFERENCES

[1] Goldschmidt V.I. To the question about method of constructing the Mohorovichich surface // North. Geology. 1970. N 8.

[2] Akylbekov S.A. Geologo-geophysical criteria and methods of prospecting endogenous mineralization on the example of the Atasu-Agadyrsky ore district in Central Kazakhstan: Doctoral thesis abstract. Almaty, 1997.

[3] Bespalov V.F. Tectonic map of the Kazakh SSR and adjacent territories of the USSR republics, scale 1:1500000. Alma-Ata: Nauka, 1976.

[4] Akylbekov S.A., Votsalevskii E.S., Miroshnichenko L.A. etc. Mineragenic map of Kazakhstan, scale 1:1000000. Almaty: Institute of geological Sciences of Kazakhstan, 2007.

[5] Manual "Kazakhstan's deposits of rare metals and terres rares" / Laumulin T.M., Gubaidullin F.G., Sheptura V.I., Akylbekov S.A., etc. Almaty, 1998.

[6] Bekzhanov G.R., Koshkin Z.Ya., Nikitchenko I.I. etc. Geological structure of Kazakhstan. Almaty: Academy of mineral resources of Kazakhstan, 2000.

[7] Uzhkenov B.S., Akylbekov S.A., Mazurov A.K. The map of anomalous magnetic field of Kazakhstan 1:1 000 000. Kokshetau, 2014.

[8] Uvarov O.S. etc. Geological additional study of 1:200 000 scale leaves L-44-XIII, XIV for 2002–2005. Republic's Geological Information Centre Funds "Kazgeoinform".

С. А. Ақылбеков

Консалтинг АТМ-компаниясы, Астана, Қазақстан

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖОҢҒАР-БАЛҚАШ МИНЕРАГЕНИКАЛЫҚ АЙМАҒЫНДА СИРЕК ЖӘНЕ БАСҚА МЕТАЛЛДАРДЫҢ ІРІ КЕНОРЫНДАРЫНЫҢ БОЛАШАҒЫН АНЫҚТАУ

Аннотация. Өңірлік геологиялық, минерагеникалық және геофизикалық материалдарды талдау, сонымен қатар ортамасштабты гравимагниттікбарлау (грави – кесектас) жұмыстарының нәтижелерінің арқасында бір аттас интрузивті(кірігу) ауқыммен шарттасқан нақты Арғыната сақина құрылымының және оның тікелей әсер ету аймағының маңызды болашағы негізделеді.

Штокверктік (тең өлшемді рудалы дене) сирек металлды және мыс-молибденді кенорындарының да, тастанды(скарн) руда мен алтын кенорындарының да іздеу сын шарттарының бар екендігі көрсетілген. Іздеудің төрт аумағы ұсынылған. Жұмыста жасалған тұжырымдарды бекіткен жағдайда, көліктік және энергетикалық инфрақұрылымы дамыған аудандағы аумақтардың стратегиялық орналасуын, сонымен қатар мыссеппе (порфировых – сеппе) кенорындарының Ақтоғай тобының негізіне берілген жақындығын ескере отырып, Оңтүстік Қазақстанның осы өңірі болашақта ірі минералдық-шикізаттық базасы бар қуатты көліктік-логистикалық хабы болып көрінеді.

Түйін сөздер: Арғыната, Мохоровичич шекарасы, өңірлік және трасформдық бұзушылықтар, Жоңғар-Балқаш металлгеникалық аймақ, сақина құрылымы, ұсыным, кенорындар.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 56 – 64

M. Sh. Omirserikov, N. I. Stepanenko, L. D. Isaeva, S. K. Asubaeva, K. S. Togizov, M. K. Kembayev

Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: ignkis@mail.ru

INVESTIGATION OF RARE METAL DEPOSIT CALLED BAYAN ON THE BASIS OF GIS TECHNOLOGY AND FORECAST ASSESSMENT OF ITS ADDITIONAL RESOURCES FOR INDUSTRIAL ORES

Abstract. Despite the fact that the Republic of Kazakhstan has a great potential for rare metals and rare earths, the explored reserves of easily discovered, near-surface deposits are being exhausted. This causes the reorientation of forecasting and prospecting works to the so-called "blind" deposits, deep in terms of occurrence in rare metal deposits. Currently, priority in terms of attracting investment is to conduct research on the areas of already known, discovered deposits and ore fields, or on their flanks, as well as in the surrounding areas. A comprehensive study of complex ore-controlling factors of rare metal mineralization and the peculiarities in the manifestation of their search characteristics is the matter of current importance in recognizing the objects under study and in evaluating of their potential resources.

This article presents the results of research, recognition and evaluation of the resources in the rare metal deposit named Bayan. The work was carried out by forming a digital geo data base, id est geo information system of the studied deposit, and the creation of its 2D and 3D models, representing the distribution of tungsten trioxide contents over all exploration profiles (2D) and throughout the mineralization.

The creation of the digital geo informational system of the deposit called Bayan was carried out using software ArcGIS-10, based on materials of early geological, geophysical and geochemical works, as well as on the results of field work, carried out by the authors of this article on this site.

Based on the 2D sections of the geological and exploratory sections, as well as the 3D model, the nature of the relationship between ore control factors and the features of the distribution of tungsten trioxide contents was studied throughout the entire volume of the deposit. These works were carried out with using the MicroMINE software.

Such a sequential study of Bayan deposits made it possible to create a scientific and informational basis for forecasting of promising zones for industrial ore sites, horizons within its boundaries and on the flanks, as well as to assess their potential resources.

Key words: Geo information system, 3D models of the deposit, 2D sections, ore control factors, ore-containing environment, rare metal deposits, tungsten trioxide, perspective zones.

УДК 553.493.5'041

**М. Ш. Омирсериков, Н. И. Степаненко, Л. Д. Исаева,
С. К. Асубаева, К. С. Тогизов, М. К. Кембаев**

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАЯН НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ЕГО ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫЕ РУДЫ

Аннотация. Несмотря на то, что Республика Казахстан обладает большим потенциалом на редкие металлы и редкие земли, разведанные запасы легко открываемых, близ поверхностных месторождений исчерпываются. Это обусловливает переориентацию прогнозно-поисковых работ на так называемые «сле-

пые», глубокие по условиям залегания месторождений редких металлов. В настоящее время приоритетным с точки зрения привлечения инвестиций является проведение исследований на площадях уже известных, открытых месторождений и рудных полей, или на их флангах, а также на прилегающих территориях. Всестороннее исследование комплексных рудоконтролирующих факторов редкометалльных оруденений и особенности проявления их поисковых признаков имеет актуальное значение в распознавании изучаемых объектов и при оценке их потенциальных ресурсов.

В данной статье представлены результаты исследования, распознавания и оценки ресурсов редкометалльного месторождения Баян. Работа была выполнена путем формирования цифровой базы геоданных, т.е. геоинформационной системы изучаемого месторождения, и создания его 2D и 3D моделей, представляющие распределения содержаний трехокиси вольфрама по всем разведочным профилям (2D) и по всему объему оруденения.

Формирование цифровой геоинформацонной системы месторожденияБаян осуществлено с применением программного обеспечения (ПО) ArcGIS–10, по материалам раннепроведенных геологических, геофизических и геохимических работ, а также по результатам полевых работ проведенных авторами данной статьи на данном участке.

На основе построенных 2D срезов геологических и разведочных разрезов и 3D модели по всему объему месторождения изучен характер связи рудоконтролирующих факторов с особенностями распределения содержаний трехокиси вольфрама. Эти работы осуществлены с применением ПО MicroMINE.

Такое последовательное исследования месторождений Баян позволило создать научно-информационную основу прогнозирования перспективных на промышленные руды участков и горизонтов в его пределах и на флангах и оценить их потенциальных ресурсов.

Ключевые слова: геоинформационная система, 3D модели месторождения, 2D срезы, рудоконтролирующие факторы, рудовмещающая среда, редкометалльные месторождения, трехокисьвольфрама, перспективные зоны.

Для редкометалльного месторождения Баян впервые создана системная научно-информационная база для детального изучения, анализа и распознаванияего рудоконтролирующих факторов. Такая работа осуществлена следующими методами исследования:

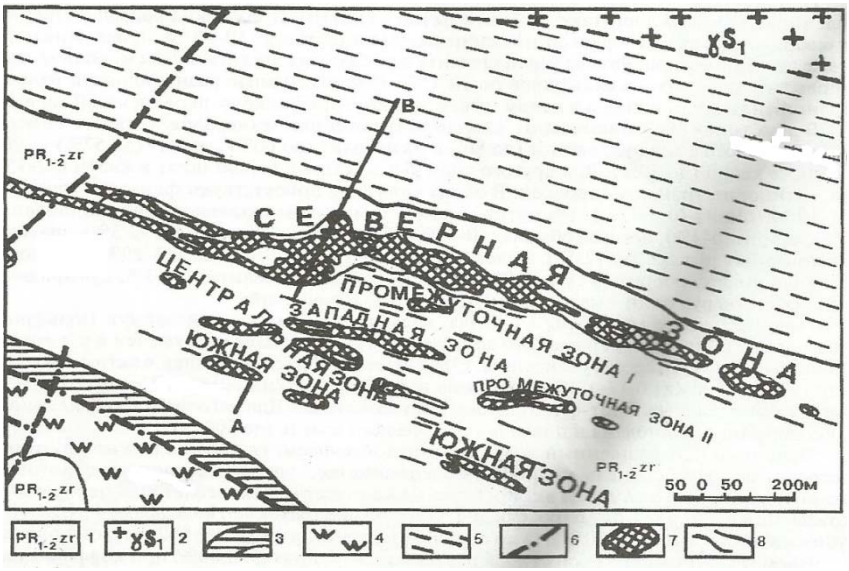
– создания цифровой базы геоданных – геоинформационных систем (комплексным геологическим, геофизическим, геохимическим, космическим, петрологическим, минералогическим, петрофизическим и данным ДЗЗ) по площади месторождения Баян на базе ГИС-технологии, с применением программного обеспечения (ПО) ArcGIS-10.

– создания 3D модель рудных объектов района, представляющие цифровую визуализацию особенностей распределения редких металлов и редких земель в пределах эндогенных и экзогенных месторождений и рудопроявленийс применением ПО MicroMAINE. Это позволяет увязать характер распределения рудных элементов оруденений с его рудоконтролирующими факторами и совершенствовать методов и критериев прогнозирования и поиска объектов редких металлов [1, 2].

Из вышеизложенного следует, методы исследванияместорождения Баян кроме полевых геологических работ, включает преобразования геологической информации (комплексные геоданные) в числовые данные на базе ГИС-технологии. Эту технологию представляюткомпьютерные программы: Mapinfo, Arcgis, Micromine [3, 4]. С их применением сздана геоинформационная система месторождений Баян и построены его 2D модели разрезов и 3D каркасные и блочные модели.

Объектом исследования является редкометалльное месторождение Баян, которое имеет длительную многоэтапную историю формирования.Оно сосредоточено в разрезе метаморфической толщи. Из осадочных образований на площади месторождения установлены только глины и суглинки. Отмечается зона выветрелых пород незначительной мощности. На данном рудном поле выделены несколько перспективных зон, где группируются в рудные тела. Мощность тел достигает десятков метров (Северная – 2–98 м, Промежуточная – 1–35 м, Центральная – 1–50 м, Западная – 1,5–25 м), длина от 50 до 1500 м, и они оконтурены в пределах рудного поля (рисунок 1).

Рудные тела сложены актинолит-эпидот-шеелитовыми метасоматитами по скарнам иштокверковые кварц-полевошпат-шеелитовыми зонами. Скарноиды на данном месторождении отмечаются на контактах со всеми разностями пород, образуются они за счет амфиболсодержащих пород (амфиболовых сланцев и гнейсев, амфиболитов). Другим элементом внутреннего строения рудоносных зон являются формирующие штокверк прожилки кварца, сульфидов и шеелита [5-7].



1 – Зерендинская серия: гнейсы, гранито-гнейсы, амфиболиты; 2 – граниты зерендинского комплекса; 3 – гранатовые и пироксеновые скарны; 4 – кварциты; 5 – зоны интенсивной трещиноватости, брекчивания и милонитизации пород; 6 – тектонические нарушения; 7 – рудоносные зоны; 8 – рудные тела.

Рисунок1 – Месторождение Баян по Х. Адамьяну

Figure 1 – Bayandeposit for H. Adamyan

Для построения трехмерных моделей данного месторождения в компьютерную базу введены 39 428 геологической информации. За основу каркасной модели брались границы рудоносной зоны по бортовому содержанию трехокиси вольфрама 0,06 % [8].

В трехмерном пространстве четко визуализируется сложное строение рудоносной зоны, где к юго-востоку наблюдается сужение рудоносной зоны. В глубоких горизонтах рудоносной зоны выделяются отдельные рудные тела (рисунок 2).

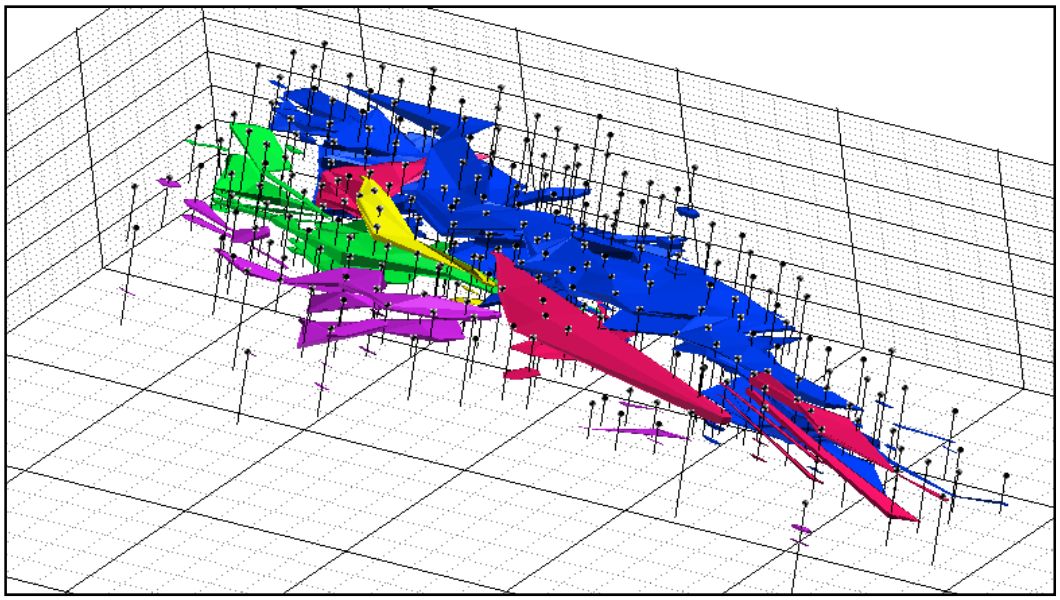


Рисунок 2 – 3Dкаркасная модель рудоносной зоны месторождения Баян (синяя – Северная зона, красная – Промежуточная зона, желтая – Западная зона, зеленая – Центральная зона, сиреневая – Южная зона)

Figure 2 – 3Dwireframe model of the ore zone of the Bayan deposit
(blue – Northern zone, red – Intermediate zone, yellow – Western zone, green – Central zone, lilac – Southern zone)

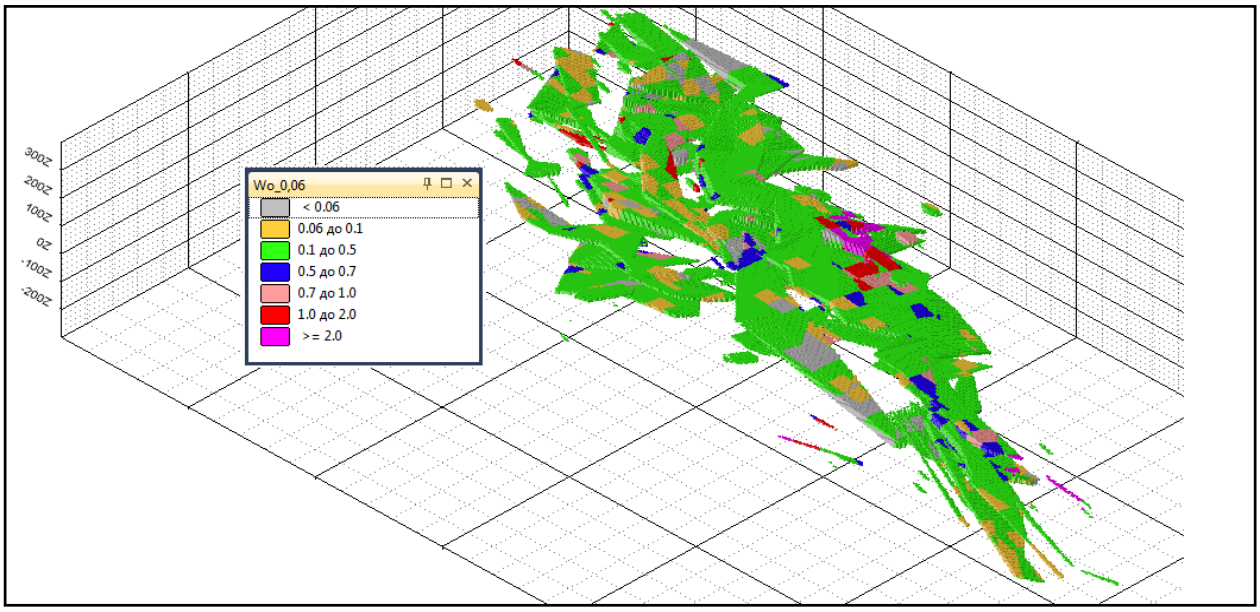


Рисунок 3 – 3D блочная модель месторождения Баян

Figure 3 – 3D block model of the Bayan deposit

По данным исследователей в первичных рудах Баянского месторождения установлено свыше 60 гипогенных минералов, где шеелит определяет промышленную ценность месторождения [5, 8].

Построенные нами 3D модель месторождения Баян (рисунок 3) позволяет визуализировать распределения содержаний трехокиси вольфрама (шеелита) по изучаемому рудному полю. В его пределахотмечено равномерное распределение содержаний трехокиси вольфрама в интервале 0,1–0,5%. Такая особенность распределения содержаний трехокиси вольфрама сохраняется по вертикальному разрезу. Участки содержанием трехокиси вольфрама от 0,5–1,0% распространены во всех рудных зонах, но имеют неравномерное распределение. Наибольшее распространение содержаниями трехокиси вольфрама (0,5–1,0%) сосредаточены на Промежуточной и Южной зонах. Участки наиболее высокими содержаниями трехокиси вольфрама от 1,0 до 2,0% и выше распространены в центральной части Северной зоны, где их распределение выдержано от верхних до нижних горизонтов.

Таким образом 3D модель редкометалльного месторождения Баян показывает, что оно характеризуется не только сложным строением, но и ***неравномерным распределением основного рудного элемента – трехокиси вольфрама в пространстве.***

Програмное обеспечениеMicromine позволяет готовую модель рассмотреть в разрезе любого направления, где практическую ценность имеет изображение 2D срезов по разведочным профилям. Сопоставление его с соответствующими геологическими разрезами позволяет установить характер приуроченности содержаний рудных элементов к определенным типам пород вмещающей среды, а также структурным особенностям рудного поля (таблица 1).

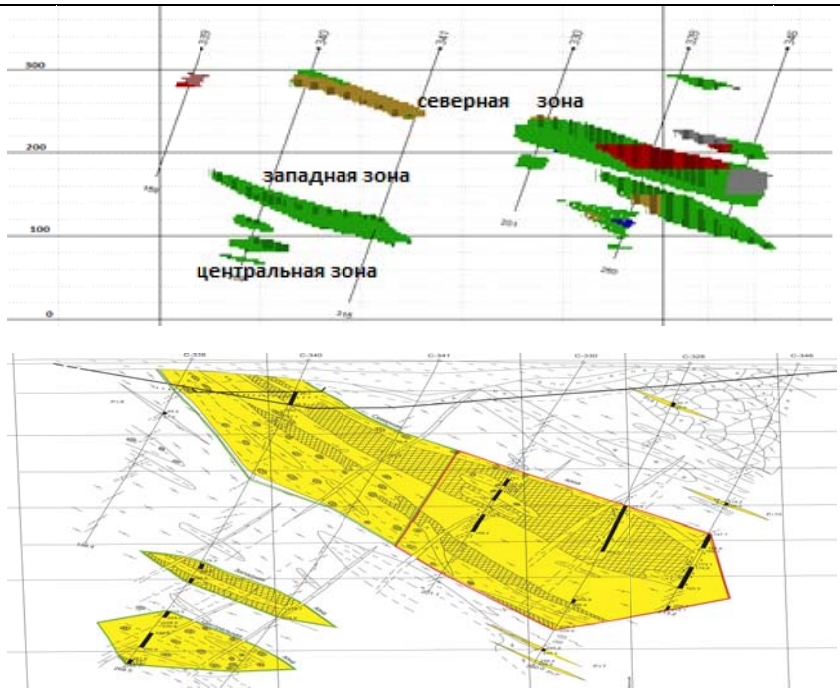
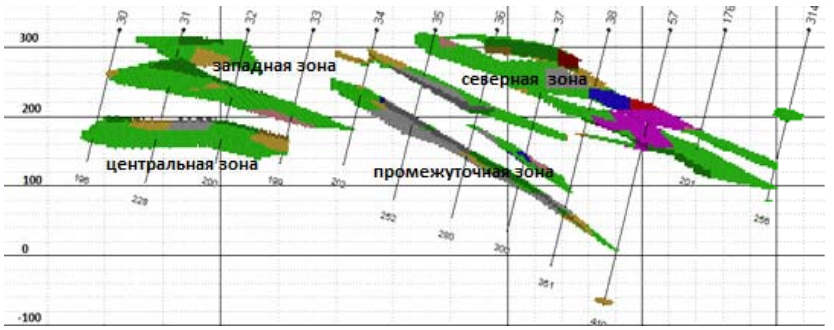
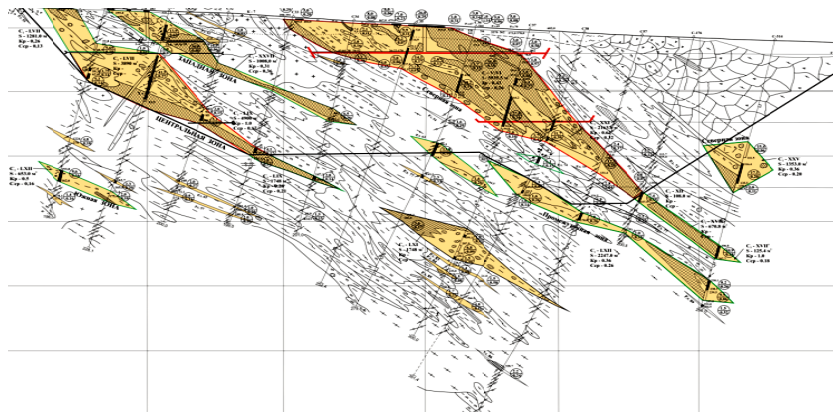
Результаты проведенных исследовании показали, что дляданного месторождения практический интерес представляет нижние горизонты западной и северо-западной его частей, об этом свидетельствуют следующие факторы.

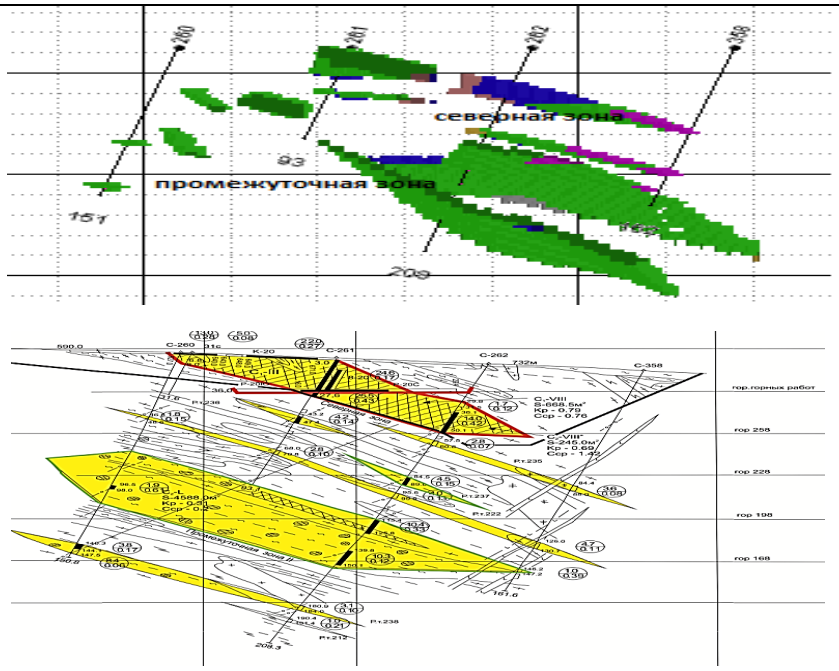
1. Визуализация распределения содержаний трехокиси вольфрама по разрезам разведочной линии показывает, что наиболее высокие его концентрации сосредаточены в скарноидах среди гранито-гнейсов. При этом наблюдается приуроченность вольфрамового оруденения в центральной части месторождения к гнейсо-амфиболитовым толщам, а в периферических частях – к гранито-гнейсовым породам (таблица 1, пр. № – 3, 7, 20);

2. Участки с высокими содержаниями от 1,0 до 2,0% и выше (разведочные линии –3, –2, 1) встречаются и в нижних горизонтах западной части месторождения. Здесь на глубине от 200 до 300 м жилы и прожилки штокверка пересекаются скарноидными телами, что является на наш

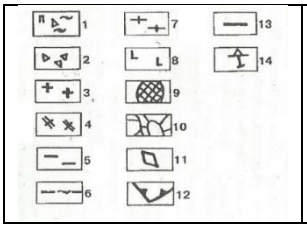
Таблица 1 – Сравнение изображения 2Dсрезов блочной модели и геологических разрезов

Table 1 – Comparison of the image of 2D sections of the block model and geological sections

№ Пр.	Изображения 2Dсрезов блочной модели и геологические разрезы по разведочным линиям месторождения Баян	Качественная интерпретация разрезов
–3		Разведочная линия № –3 проходит по западной части месторождения. По содержанию трехокиси вольфрама наиболее богатой является **Северная зона, где рудоносные скарны сосредаточены среди гранито-гнейсов.** Здесь содержание трехокиси вольфрама достигает до 2.0% и выше (скв. №328). Геологический разрез показывает, что в этих местах наблюдается пересечение скарноидов рудными жилами и прожилками. **Скарноиды-рудносные Западной и Центральной зон также локализованы среди гранито-гнейсов,** и их пересекают рудные жилы и прожилки. Следует отметить, что в данном разрезе развиты рудоносные жилы.
7	 	Данная разведочная линия №7 проходит по центральной части месторождения, и охватывает почти все его рудоносные зоны. В данном разрезе наиболее высокие содержания трехокиси вольфрама от 2,0 и более сосредоточены в средних горизонтах **Северной зоны** на глубинах 80–140 м (скв.№67) и есть одно подсечение данной скважиной рудного тела на глубине 410 м. Сравнение 2D среза данного профиля с геологическим разрезом показывает, что **Северная зона с высокими содержаниями трехокиси вольфрама сосредаточены в скарноидах среди гранито-гнейсов.** Скарноиды Промежуточной и Западной зонах также образованы по гранито-гнейсам. В Центральной и Южной зонах скарноиды образовались по биотитовым гнейсам. Разрез отличается разнообразным петрографическим составом рудовмещающих пород.

20		Этаразведочная линия №20 проходит по восточной части месторождения, охватывает верхние и средние горизонты Северной зоны и нижние горизонти Промежуточной зоны. В данном разрезе верхние и средние горизонты Северной зоны (скв.262,358) имеют более высокие содержания трехокиси вольфрама в пределах от 0,5 до 0,7% и более 2,0%. Рудоносные скарноиды локализованы среди гнейсо-гранитов и амфиболитовых гнейсов. Следует отметить, что **скарноиды с высокими содержаниями трехокиси вольфрама локализованы среди гранито-гнейсов**.

Условные обозначения:



1 – переотложенная кора выветривания; 2 – выветрелые породы; 3 – граниты и аплитовидные граниты; 4 – кварц-фельдшпатитовые породы; 5 – биотитовые гнейсы; 6 – биотит-амфиболовые и амфиболовые гнейсы; 7 – гнейсо-граниты; 8 – лампрофиры и диорит-порфиры; 9 – скарноиды; 10 – зоны брекчирования, катаклаза, милонитизации и интенсивной трещиноватости пород; 11 – рудные зоны и рудные тела; 12 – контур карьера; 13 – штольня; 14 – скважины.

взгляд основной причиной появления участков с высокой концентрацией трехокиси вольфрама (таблица 1, 2).

3. Тектонические нарушения, ограничивающие месторождение по западному флангу, играют важную роль в формировании рудного штокверка, где преобладающая система рудных трещин на месторождении имеет северо-западного направления (рисунок 1).

4. Кроме того, изображение 2D срезов блочной модели данного месторождения по разведочным линиям № 5, –4 показывают, что верхняя граница рудных тел на западном фланге лежит на 100 м глубже, чем в других его частях. Поэтому вертикальный размах исследуемой рудоносной зоны с содержанием трехокиси вольфрама от бортового до 0,5 и 0,7 % составляет всего 150 м (интервал от 100 до 250 м).

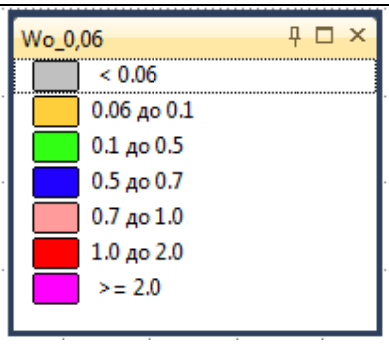
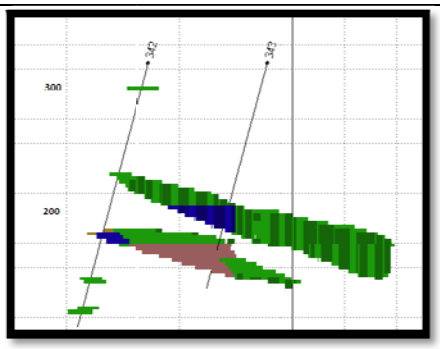
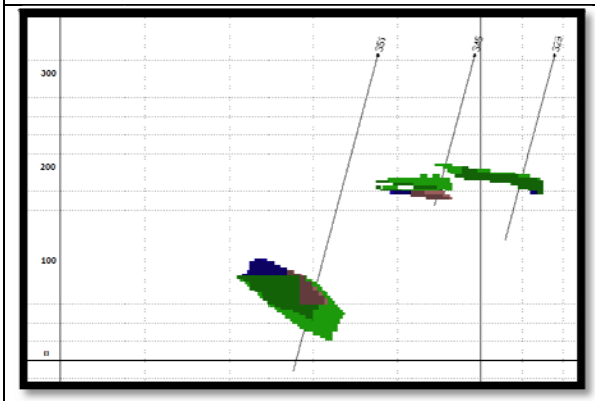
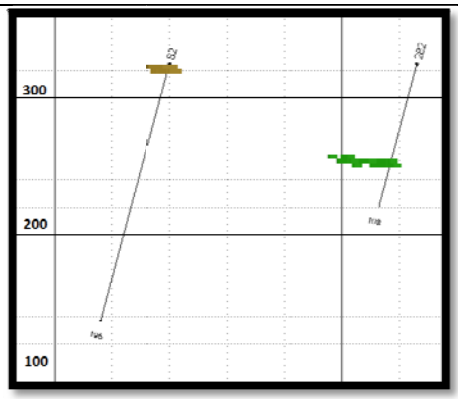
Если учесть, что в Северной зоне обнаружено рудное тело и на глубине 410 м (пр. №7) содержание трехокиси вольфрама составляет выше бортового (0,06%), то на западном фланге месторождения рудные тела с высокими содержаниями трехокиси вольфрама могут локализоваться ниже горизонта 200 м (таблицы 1, 2).

Из вышеизложенного следует, что можно увеличить глубину изучения на западном фланге месторождения Баян. При этомперспективные площади определяется нижними горизонтами (от 250 до 400 м) его западного фланга, между разведочными линиями № 1 и 5. Перспективными на промышленные руды также являются глубокие горизонты в основном Северной зоны и частично – Центральной зоны (рисунок 4).

Геометрические параметры выделенной площади западного фланга составляют 350×350×150 м, где горизонтальные параметры оценивались с помощью геологической разведочной сети, а вертикальный параметр – по оценке распространениия содержаний трехокиси вольфрама по разведочным профилям.

Таблица 2 – Изображение2Dсрезов блочной моделиместорождения Баян

Table 2 – Imageof 2D sections of the block model of the Bayan deposit

	Пр. № –4 
Пр. № –5 	Пр. № 27 

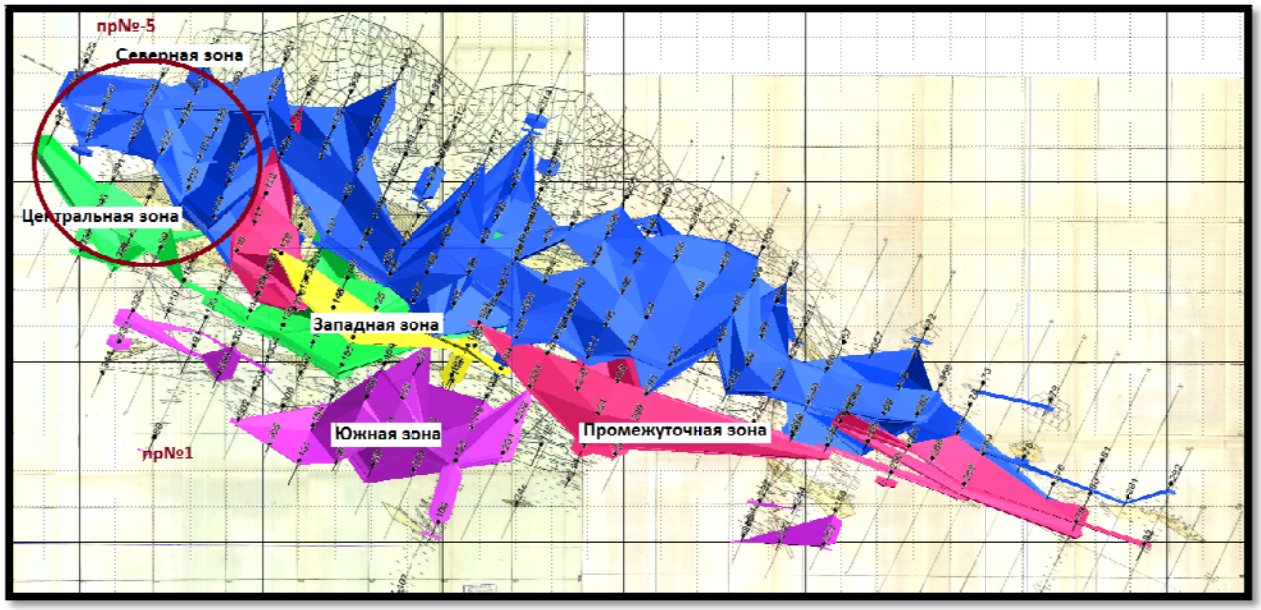


Рисунок 4 – Выделениеперспективной площади в пределах месторождения Баян совмещенной с геологической картой месторождения М:1:1000

Figure 4 – Allocationof the prospective area within the Bayan field combined with the geological map of the Scale deposit: 1: 1000

Перспективы на трехокиси вольфрама восточного фланга изучено по разведочной линии №27, проходящей по восточному флангу месторождения через Северной и Центральной зон. Максимальное содержание трехокиси вольфрама в данном разрезе достигает до 0,5 %, глубина распространения – до 100 м (Северная зона). Центральной зоне содержание трехокиси вольфрама отмечено в пределах бортового (0,06%) в ее верхних частях (таблица 2).

На основании вышеизложенного можно сказать, что Баянское месторождение на западном его фланге и его глубоких горизонтах располагает перспективами ресурсовна увеличения запасов трехокиси вольфрама.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Омирсериков М.Ш., Агата Душмал-Черникеевич, Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С. Прогнозирование ресурсов редкометалльных месторождений на основе анализа рудоконтролирующих факторов // Известия НАН РК. Серия Геологии и технических наук. – 2017. – № 3. – С. 35-43.

[2] Omirserikov M., Isaeva L. Towarda theory of raremetalore formaition illustrated by raremetalfields in Central Kazakhstan. Lambert Academic Publishing, 2015. P. 46.

[3] Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. – М.: ООО «ИПЦ» «Маска», 2009. – 376 с.

[4] Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. – Oxford University Pres, 1997.

[5] Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана: Справочник. – Алматы, 1998. – 136 с.

[6] Гуляев А.П. Рудовмещающие скарноиды Баянского месторождения (Казахстан) // Петрология рудоносных метасоматитов. – Фрунзе: Илим, 1980.

[7] Щерба Г.Н., Губайдуллин Ф.Г. К происхождению шеелитового месторождения Баян // Геология рудных месторождений. – 1984. – № 5. – С. 20-27.

[8] Отчет № 41342. Адамьян Н.Х. Баянское месторождение вольфрама в Кокчетавской области КазССР, 1989.

REFERENCES

[1] Omirserikov M.Sh., Agata Duczmal-Czernikiewicz, Isaeva L.D., Asubaeva S.K., Togizov K.S. Forecasting the perspectivity of resources of rare metal deposits based on the analysis of ore-controlling factors // Izvestija NAN RK. Serija Geologii i tehnicheskih nauk. **2017**. N 3. P. 35-43 (in Russ.).

[2] Omirserikov M., Isaeva L. Towarda theory of raremetalore formaition illustrated by raremetalfields in Central Kazakhstan. Lambert Academic Publishing, **2015**. P. 46 (in Eng.).

[3] Zakrevskij K.E. Geologicheskoe 3D modelirovanie. M.: OOO «IPC» «Maska», **2009**. 376 p. (in Russ.).

[4] Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Pres, **1997** (in Russ.).

[5] Mestorozhdenija redkih metallov i redkih zemel' Kazahstana: Spravochnik. Almaty, **1998**. 136 p. (in Russ.).

[6] Guljaev A.P. Rudovmeshhajushhie skarnoidy Bajanskogo mestorozhdenija (Kazahstan) // Petrologija rudonosnyh metasomatitov. Frunze: Ilim, **1980** (in Russ.).

[7] Shherba G.N., Gubajdullin F.G. K proishozhdeniju sheelitovogo mestorozhdenija Bajan // Geologija rudnyh mestorozhdenij. **1984**. N 5. P. 20-27 (in Russ.).

[8] Otchet. Adam'jan N.H. Bajanskoe mestorozhdenie vol'frama v Kokchetavskoj oblasti KazSSR, **1989** (in Russ.).

М. Ш. Омірсеріков, Н. И. Степаненко, Л. Д. Исаева,
С. К. Асубаева, К. С. Тогизов, М. К. Кембаев

Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

СИРЕК МЕТАЛДЫ БАЯН КЕНОРЫНЫНЫҢ ҚОСЫМША ҚОРЫН ӨНЕРКӘСІПТІК КЕНДЕРГЕ БОЛЖАМДЫ БАҒАЛАП, ГАЖ-ТЕХНОЛОГИЯСЫ НЕГІЗІНДЕ ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Қазақстан Республикасының сирек металдар мен сирек жерлерге әлеуетінің жоғарылығына қарамастан, жеңіл ашылатын, жер бетіне жақын орналасқан кенорындардың зерттелген қоры азаюда. Бұл мәселе, болжамдық-іздеу жұмыстарын «соқыр» атаулы, жатыс жағдайы терең орналасқан сирек металды кенорындарға бағыттауды негіздейді. Қазіргі таңда басым қаржыландыруды тарту көзқарасынан, зерттеулерді әлдеқашан белгілі, ашылған кенорындар мен кен өрістерінде немесе оның қапталдарында, сонымен

қатар, іргелес жатқан аудандарда жүргізу тиімді болып табылады. Сирек металды шоғырлардың кешенді кенбақылаушы факторларын және оның іздеу белгілерінің біліну ерекшеліктерін бүкіл бағытта зерттеудің, зерттелетін нысандарды танып айыруда және оның әлеуетті қорын бағалауда маңыздылығы зор.

Бұл мақалада сирек металды Баян кенорынын зерттеу және қорын бағалау нәтижелері көрсетілген. Жұмыс геоақпараттың сандық негізін құрастыру жолымен, яғни бүкіл барлау сызықтары (2D) және шоғыр көлемі (3D) бойынша вольфрам үштотық құрамының таралуын көрсететін, зерттелетін кенорынның геоақпараттық жүйесін, оның 2D және 3D моделін құрастырумен жүргізілген.

Баян кенорынының сандық геоақпараттық жүйесін құрастыру, бұрынғы жүргізілген геологиялық, геофизикалық және геохимиялық жұмыстардың мәліметтері, сонымен қатар, мақала авторларымен осы учаскеде жүргізілген далалық жұмыстар нәтижелері бойынша ArcGIS-10 бағдарламалық жасақтамасының (БЖ) қолданылуымен іске асырылды.

Тұрғызылған геологиялық және барлау қималарының 2D қиығы және бүкіл кенорын көлемі бойынша 3D моделі негізінде, кенбақылаушы факторлардың вольфрам үштотық құрамының таралу ерекшеліктерімен байланыс сипаты зерттелді. Бұл жұмыстар Micromine БЖ қолданылуымен іске асырылды.

Баян кенорынын осылайша тізбекті зерттеу, өнеркәсіптік кендерге келешегі бар учаскелерді,қабаттарды, оның маңындағы және қапталдарындағы аймақтардың әлеуетті қорларын бағалаудың ғылыми-ақпараттық болжау негізін құрастыруға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: геоақпараттық жүйе, кенорынның 3D моделі, кенорынның 2D қиығы, кенбақылаушы факторлар, кенсиыстырушы орта, сирекметалды кенорындар, вольфрам үштотығы, келешекті белдем.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 65 – 70

Z. N. Pavlova, K. R. Plehova, V. L. Levin, P. E. Kotelnikov.

Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Satpayev University, Akmaty, Kazakstan.
E-mail:kiranovic.mail.ru.

ON THE LATE HYDROTHERMAL REARRANGEMENT OF ORE MATTER IN COPPER-NICEL ORES OF THE VARVARINSKOE DEPOSIT

Abstract. The information on the late hydrothermal rearrangement of ore matter, known in the pyrite ores of the Altai, Ural, Mugodzhar and in the copper-porphyry deposits of Kazakhstan, is systematized.

Information on the disulphidization of pyrrhotite and pyritization of chalcopyrite is supplemented with new data established in the copper-nickel type of ores of the complex Varvarinskoye deposit in the Kostanai region. Here is also recorded the pyritization of gersdorffit. In all cases, the porous fine-grained, sometimes collomorphic aggregates of the newly formed pyrite appear on the site of primary sulphides. Diffusive from chalcopyrite copper is taken out, nickel from gersdorffite, and due to the remaining iron and sulfur, iron disulphides are formed (mainly pyrite, sometimes marcasite). All transformations occur without the addition of ore.

The newly formed pyrite is stable with respect to quartz and carbonates completing the ore process, and remains unchanged in them. This leads to a local, and sometimes to a significant change in the composition of the initial ores and their texture-structural features.

Key words: disulfidization of pyrrhotine,pyritization of chalcopyrir and gersdorffite,pyrite ores, copper-nickel ores.

УДК 553.43+553.481(574.4)

З. Н. Павлова, К. Р. Плехова, В. Л. Левин, П. Е. Котельников

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

О ПОЗДНЕГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ПЕРЕГРУППИРОВКЕ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА В МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУДАХ ВАРВАРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Систематизированы сведения о позднегидротермальной перегруппировке рудного вещества, известные в колчеданных рудах Алтая, Урала, Мугаджар и в медно-порфировых месторождениях Казахстана.

Сведения о дисульфидизации пирротина и пиритизации халькопирита дополнены новыми данными, установленными в медно-никелевом типе руд комплексного Варваринского месторождения в Костанайской области. Здесь же зафиксирована еще и пиритизация герсдорфита. Во всех случаях на месте первичных сульфидов возникают пористые тонкозернистые, иногда колломорфные, агрегаты новообразованного пирита.

Диффузионным путем из халькопирита выносится медь, из герсдорфита никель, а за счет оставшихся железа и серы образуются дисульфиды железа (в основном пирит, иногда марказит). Все преобразования происходят без привноса рудного вещества.

Новообразованный пирит устойчив по отношению к кварцу и карбонатам, завершающими рудный процесс и сохраняется в них без изменений. Это приводит к локальному, а иногда и существенному изменению состава первоначальных руд и их текстурно-структурных особенностей.

Ключевые слова: дисульфидизация пирротина, пиритизация халькопирита и герсдорфит, колчеданные руды, медно-никелевые руды.

Явления гипогенного преобразования пирротина в пирит, известные под названием «дисульфидизация», описаны в колчеданных месторождениях Рудного Алтая, Мугаджар и других районов [1-6].

На заключительных стадиях гидротермального процесса в связи с повышением окислительного потенциала и активизацией угле- и кремнекислот пирротин становится неустойчивым и нередко превращается в тонкозернистые пористые агрегаты пирита. Появление пор обусловлено, по Н. В. Белову [7], выигрышем объема в связи с выносом части железа из решетки пирротина и укорочением расстояния между катионом и анионом (с 2,45 Å в пирротине до 2,26 Å в пирите).

Пиритизация халькопирита установлена нами на Джиландинском месторождении колчеданных руд в Мугоджарах [8]. Руды Джиланды характеризуются чрезвычайной тонкозернистостью и повсеместной запыленностью халькопирита ультрамикроскопическим пиритом. Как показало детальное микроскопическое изучение, тонкозернистость руд является следствием широко прошедшей регрессивной перекристаллизации – формирования мельчайших новообразований пирита по халькопириту под воздействием позднегидротермальных кремнекислых растворов [8].

Новообразования пирита возникают в халькопирите, как правило, непосредственно по границе с замещающим его кварцем или вблизи нее. Они образуют в халькопирите краевые каемки, микропетли, облачные скопления. Установлены даже кварц-пиритовые псевдоморфозы по кристаллам халькопирита [9].

Халькопирит при воздействии на него кремнекислых растворов, активизирующихся в конце гидротермального этапа, становится неустойчивым. В таких условиях, согласно данным Аммо-Хокрам и др. [10], экспериментально изучавших поведение халькопирита в кислом растворе при 25–75 ^{0}С (при нормальном давлении) из халькопирита, еще до его растворения, начинается вынос меди диффузионным путем, что создает предпосылки для метасоматического роста в нем новообразований дисульфида железа за счет оставшихся железа и серы. В результате халькопирит замещается кварц-пиритовым агрегатом, в котором материалом для новообразований пирита служат железо и сера халькопирита.

Аналогичные явления позднегидротермальной дисульфидизации пирротина, пиритизации халькопирита, а также еще и сфалерита установлены на медно-порфировых месторождениях Казахстана. Особенно интенсивно они проявлены на Бощекуле и Актогае [11]. Здесь, дисульфидизация связана с карбонатизацией и цеолитизацией (при подчиненном количестве кварца) пород и руд на завершающем этапе рудообразования. В результате возникла позднегидротермальная кварц-карбонатно-марказит-пиритовая минеральная ассоциация. Проявлена она на различных глубинах (до 600 м). Пиритизации подверглись как самостоятельные выделения халькопирита, так и микровключения его в раннем пирите-I. Новообразования пирита в сфалерите развиваются как по эмульсии халькопирита в сфалерите, так и по сфалеритовой матрице.

Локальные проявления дисульфидизации пирротина и пиритизации халькопирита установлены теперь еще и в медно-никелевом типе руд комплексного Варваринского месторождения в Костанайской области. Кроме того, здесь зафиксированы неизвестные ранее явления *пиритизации герсдорфита*.

Структура агрегатов новообразованного пирита по пирротину совершенно аналогична той, что наблюдалась в колчеданных рудах. Они представлены чрезвычайно тонкозернистыми пористыми скоплениями среди пирротина. При этом неизмененными остаются включения крупнозернистого раннего пирита в пирротине (рисунок 1).

При пиритизации халькопирита возникают чрезвычайно тонкозернистые микропористые агрегаты колломорфной структуры, среди которых сохраняются реликты халькопирита.

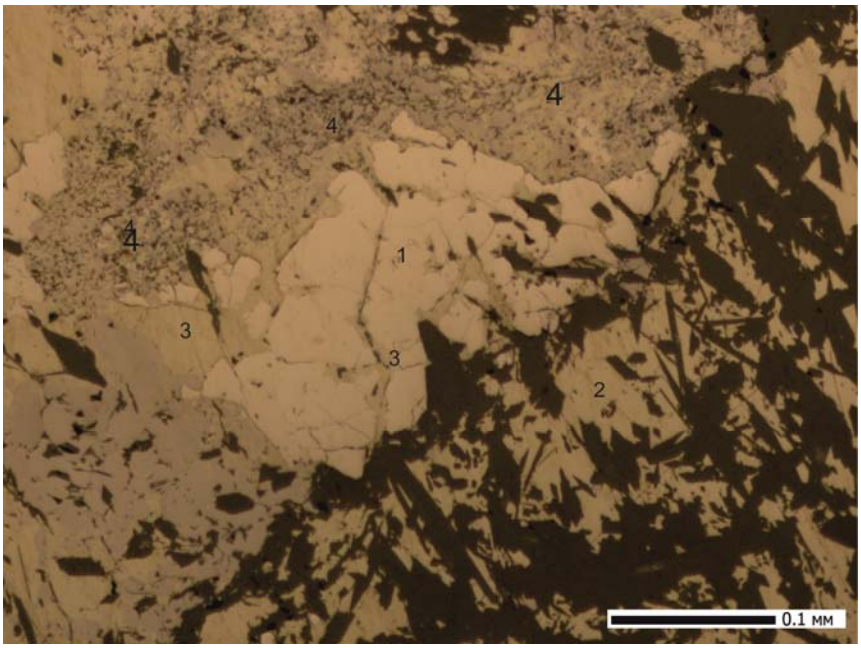


Рисунок 1 – Локальная дисульфидизация пирротина. Обр. № 13545, увел. 100.

1 – ранний пирит с пирротином по границам зерен; 2 – халькопирит в ассоциации с пренитом; 3 – неизмененный пирротин; 4 – тонко-зернистые пористые агрегаты новообразований пирита по пирротину.

В краевых частях этих агрегатов иногда появляются каемки из очень мелких кристалликов новообразованного пирита (рисунок 2). По данным микрозондовых анализов для агрегатов новообразованного пирита характерна примесь кремния и кислорода, что указывает на наличие в них кварца (таблица 1).

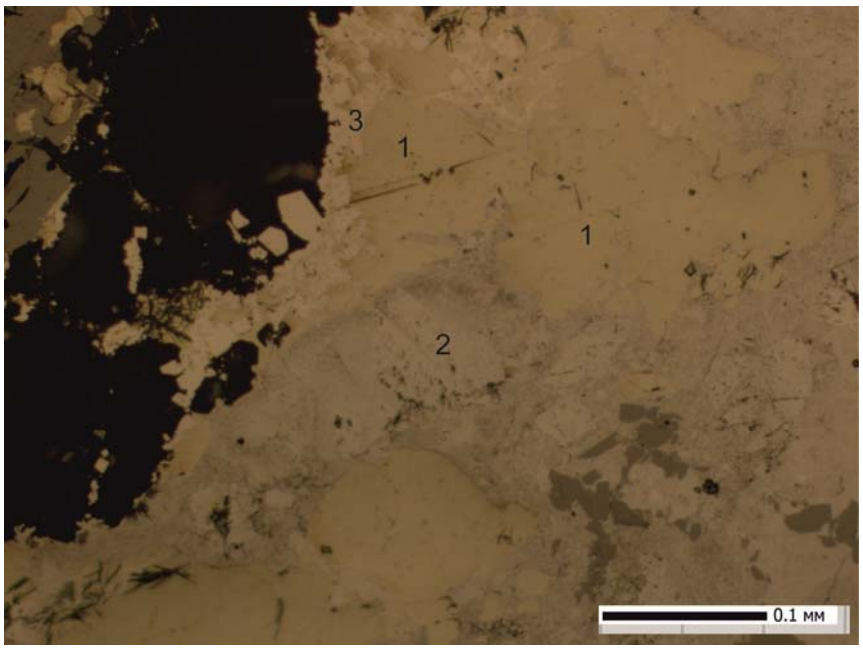


Рисунок 2 – Пиритизация халькопирита. Обр. №17400, увел. 200.

1 – халькопирит неизмененный (реликты); 2 – колломорфные новообразования пирита по халькопириту; 3 – каемка из мелких кристалликов новообразованного пирита на поверхности колломорфных продуктов пиритизации.

Таблица 1 – Состав халькопирита и продуктов его пиритизации. Образец 17400*

Ан.	Минералы	S	Fe	Cu	O	Si	Mg	Al	Ca	As
1	Халькопирит неизмененный –//–	33,36	28,97	32,43	–	–	–	–	–	–
2		32,38	29,86	33,41	–	–	–	–	–	–
3	Пирит – колломорфные новообразования по халькопириту	43,87	42,55	0,25	4,21	1,18	0,38	0,25	0,16	–
4		42,69	41,18	3,39	5,89	1,04	0,38	0,38	0,19	–
5	Кристаллики новообразованного пирита на колломорфных агрегатах	50,65	44,31	–	–	–	–	–	–	0,95
6		51,24	44,27	–	–	–	–	–	–	–

*Анализы выполнены на микрозонде JCXA-733. Аналитики: В. Л. Левин и П. Е. Котельников. Все данные состава – в весовых процентах.

Герсдорфит NiAsS обычно встречается в сростках с халькопиритом. Состав его непостоянен. Содержание никеля колеблется в пределах 16–31 %. В переменных количествах присутствуют железо (2,5–8,5 %) и кобальт (1–10 %), изоморфные с никелем. Количество мышьяка варьирует от 42,5 до 51,8%. Соответственно содержание серы меняется от 19 до 10 % (таблица 2).

Таблица 2 – Состав герсдорфита и продуктов его пиритизации. Образец 11441*

Ан.	Минералы	S	Fe	Co	Ni	Cu	As	O	Mg	Al	Si
1	Герсдорфит	10,60	3,02	1,18	27,43	–	51,78	–	–	–	–
2		18,93	2,56	0,35	31,70	–	42,59	–	–	–	–
3		19,19	8,55	9,81	16,17	–	44,13	–	–	–	–
4	Пирит новообразованный по герсдорфиту	45,32	40,42	–	1,40	–	1,51	5,44	1,20	0,15	1,80
5		39,34	35,67	–	1,21	–	1,43	13,08	2,95	0,45	4,31
6	Халькопирит в сростке с герсдорфитом	33,80	29,39	–	–	33,02	–	–	–	–	–

*Анализы выполнены на микрозонде JCXA-733. Аналитики: В. Л. Левин и П. Е. Котельников. Все данные состава – в весовых процентах.

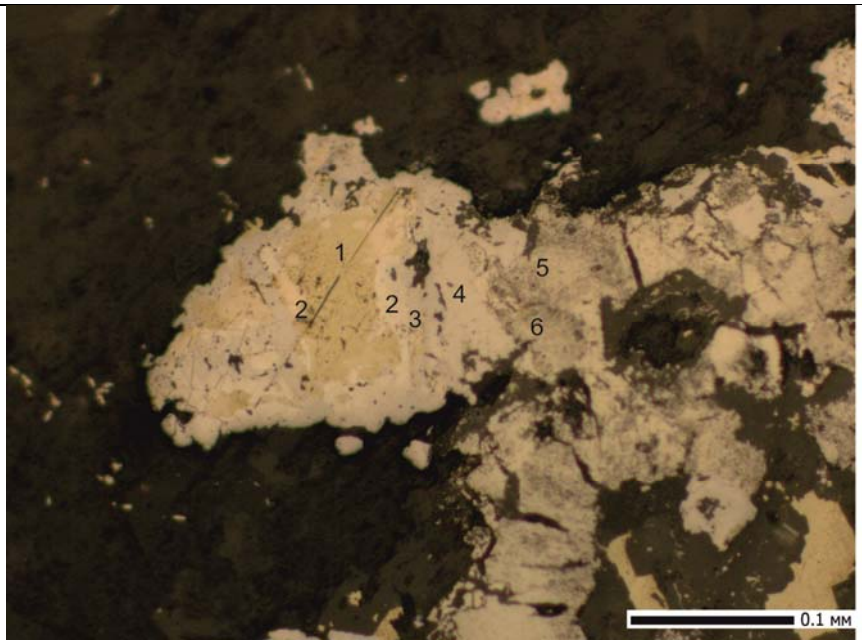


Рисунок 3 – Пиритизация герсдорфита. Обр. № 11441, увел. 200.

1 – халькопирит; 2 – Ni-герсдорфит с повышенным содержанием мышьяка и пониженным содержанием серы; 3 – Ni-герсдорфит; 4 – Fe-Co-Ni-герсдорфит; 5 и 6 – тонкозернистые пористые агрегаты пирита, возникшие по Fe-Co-Ni-герсдорфиту

Пиритизации подвержен герсдорфит с повышенным содержание железа (рисунок 3). На его месте возникают тонкозернистые пористые агрегаты новообразованного пирита, обычно сопровождаемые кварцем (судя по анализам). Это подтверждает представления о причинах пиритизации как халькопирита, так и герсдорфита. Под воздействием поздних кремнекислых растворов ранее образованные халькопирит и герсдорфит разрушаются, медь и никель выносятся, а железо соединяется с серой, создавая тонкозернистые новообразования пирита.

Все типы позднегидротермальных преобразований происходят метасоматическим путем без привноса рудного вещества. Во всех случаях практически единственным минералом, возникающим в качестве новообразований по пирротину, халькопириту, сфалериту и герсдорфиту является дисульфид железа – пирит (иногда марказит). Размеры его зерен составляют от 0,00n до 0,01 мм. Обычно это пористые агрегаты, иногда колломорфного строения. Среди них обнаруживаются реликты первоначальных минералов.

В новообразованиях пирита (и марказита) связываются железо и сера замещаемых минералов. Новообразованный пирит устойчив по отношению к кварцу и карбонатам, завершающим рудный процесс и сохраняются в них без изменений. Неизмененным остается и ранний обычно крупнозернистый пирит.

Причины необычайной стойкости пирита раскрываются опытами по изучению его электрохимических свойств [12, 13]. Установлено, что пирит в паре со многими из сульфидов всегда имеет более высокий электродный потенциал, чем контактирующий с ним минерал. Именно поэтому в гальванических парах минералов пирит устойчиво занимает место катода и, следовательно, защищен от разрушения.

Позднегидротермальная перегруппировка рудного вещества касается хотя и не в целом руд, а отдельных составляющих их минералов, приводит, тем не менее, иногда к существенному изменению их первоначального минерального и химического состава, а также текстурно-структурного облика. В основном это касается колчеданных руд. В них частично или полностью исчезают пирротин и халькопирит, на месте которых возникают пирит, марказит, иногда также и магнетит.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бетехтин А.Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования // В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1953.

[2] Вейц Б.И., Покровская И.В., Болгов Г.П. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1957. – Т. 1.

[3] Иванкин П.Ф., Митряева Н.М., Пуркина З.А. Типы руд и стадии рудообразования на Новоберезовском месторождении // Труды АГМНИИ КазССР. – 1960. – Т. 8.

[4] Жабин А.Г., Самсонова Н.С. Признаки исчезнувшего пирротина в колчеданных месторождениях // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1975. – Ч. 103, вып. 3.

[5] Павлова З.Н. Магнетит-пиритовые руды Приорского месторождения как продукт дисульфидизации пирротина // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1976. – № 3.

[6] Павлова З.Н. О продуктах гипогенного разложения пирротина на месторождении Авангард (Мугаджары) // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1977. – № 6.

[7] Белов Н.В. Некоторые особенности кристаллохимии сульфидов // В кн.: Вопросы петрологии и минералогии. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 2.

[8] Павлова З.Н. Позднегидротермальная регрессивная кварц-пиритовая минеральная ассоциация в рудах Джиландинского цинково-медноколчеданного месторождения (Южные Мугаджары) // ДАН СССР. – 1979. – Т. 245, № 3. – С. 703-705.

[9] Павлова З.Н. Кварц-пиритовые псевдоморфозы по кристаллам халькопирита из колчеданных руд Мугаджар // ДАН СССР. – 1981. – Т. 260, № 2. – С. 455-458.

[10] Ammou-Chokroum M., Cambezoglu M., Steinmetz D. // Bull Soc. franc. miner. et cristallogr. – 1977. – Vol. 100, N 3-4. – P. 149-161.

[11] Филимонова Л.Е. Позднегидротермальная дисульфидизация на медно-порфировых месторождениях Казахстана // В кн.: Условия образования рудных месторождений Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1984. – С. 126-130.

[12] Сахарова М.С., Лобачева И.К. Изучение микрогальванических систем – золотосодержащие растворы и особенности отложения золота // Геохимия. – 1978. – № 12.

[13] Яхонтова Л.К., Грудев А.П., Нестерович Л.Г. Механизм окисления пирита // Геол. рудн. месторождений. – 1979. – № 2. – С. 63-68.

REFERENCES

[1] Betehtin A.G. Gidrotermal'nye rastvory, ih priroda i processy rudoobrazovanija // V kn.: Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennyh rudnyh mestorozhdenijah. M.: Izd-vo AN SSSR, 1953.

[2] Vejc B.I., Pokrovskaja I.V., Bolgov G.P. Mineralogija polimetallicheskih mestorozhdenij Rudnogo Altaja. Alma-Ata: Izd-vo AN KazSSR, 1957. Vol. 1.

[3] Ivankin P.F., Mitrjaeva N.M., Purkina Z.A. Tipy rud i stadii rudoobrazovanija na Novoberezovskom mestorozhdenii // Trudy AGMNII KazSSR. 1960. Vol. 8.

[4] Zhabin A.G., Samsonova N.S. Priznaki ischeznuvshego pirrotina v kolchedannyh mestorozhdenijah // Zapiski Vsesojuznogo mineralogicheskogo obshhestva. 1975. Ch. 103, vyp. 3.

[5] Pavlova Z.N. Magnetit-piritovye rudy Priorskogo mestorozhdenija kak produkt disul'fidizacii pirrotina // Izv. AN KazSSR. Ser. geol. 1976. N 3.

[6] Pavlova Z.N. O produktah gipogennogo razlozhenija pirrotina na mestorozhdenii Avangard (Mugadzhary) // Izv. AN KazSSR. Ser. geol. 1977. N 6.

[7] Belov N.V. Nekotorye osobennosti kristallohimii sul'fidov // V kn.: Voprosy petrologii i mineralogii. –M.: Izd-vo AN SSSR, 1953. Vol. 2.

[8] Pavlova Z.N. Pozdnegidrotermal'naja regressivnaja kvarc-piritovaja mineral'naja associacija v rudah Dzhilandinskogo cinkovo-mednokolchedannogo mestorozhdenija (Juzhnye Mugadzhary) // DAN SSSR. 1979. Vol. 245, N 3. P. 703-705.

[9] Pavlova Z.N. Kvarc-piritovye psevdomorfozy po kristallam hal'kopirita iz kolchedannyh rud Mugadzhar // DAN SSSR. 1981. Vol. 260, N 2. P. 455-458.

[10] Ammou-Chokroum M., Cambezoglu M., Steinmetz D. // Bull Soc. franc. miner. et cristallogr. 1977. Vol. 100, N 3-4. P. 149-161.

[11] Filimonova L.E. Pozdnegidrotermal'naja disul'fidizacija na medno-porfirovyh mestorozhdenijah Kazahstana // V kn.: Uslovija obrazovanija rudnyh mestorozhdenij Kazahstana. Alma-Ata: Izd-vo «Nauka» KazSSR, 1984. P. 126-130.

[12] Saharova M.S., Lobacheva I.K. Izuchenie mikrogal'vanicheskih sistem – zolotosoderzhashhie rastvory i osobennosti otlozhenija zolota // Geohimija. 1978. N 12.

[13] Jahontova L.K., Grudev A.P., Nesterovich L.G. Mehanizm okislenija pirita // Geol. rudn. mestorozhdenij. 1979. N 2. P. 63-68.

З. Н. Павлова, К. Р. Плехова, В. Л. Леви, П. Е. Котельников

Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

БАРБАРЛЫ КЕН ОРНЫНЫҢ МЫС НИКЕЛЬ КЕНДЕРІНДЕГІ ЗАТТЫҢ КЕШ ГИДРОТЕРМАЛДІ ҚАЙТА ТОПТАСТЫРУЫ ТУРАЛЫ

Аннотация. Қазақстанның порфирлі мыс нысандары мен Алтай, Урал, Мугаджар колчеданды рудаларында белгілі және руда заттарын кешкігидротермальды қайта топтастырылуы туралы мәліметтер жүйелендірілген.

Қостанай аймағындағы кешенді Варвар кенорындағы руданың мыс-никель түріндегі пириттелінген халькопирит пен дисульфидтелінген пирротин туралы мағлуматтар жаңа берілген мәліметтермен толықтырылған.Тагыда осы рудадағы герсдорфиттің пириттелінген анықталынып тіркелінген. Жаңа пириттің агрегаттары,барлық жағдайда сол бірінші сульфидттердің орындарында ұсақ түйіршікті саңылаулы, кейде колломорфтық түрлері пайда болғандығы анықталынған. Диффузионды жолмен халькопириттен мыс, герсдрфиттен никель шығады, ал қалып қалған темірмен күкірттің есебінен темірдің дисульфиді пайда болады (көбінесе пирит, кейкейде марказит), Барлық түрлендіруллер руда заттарын сыртқа шығармай өзөздерімен өтеді.

Жаңа пайда болған пирит кварц пен карбонаттар мен салыстырғанда руда процессінің соңында ол онда тұрақтыда және өзгеріссіз қалады. Бұл бастапқы рудалардың құрамының локальді, кейде айтарлықты өзгеруіне, текстуралық -құрамдық ерекшіліктеріне алып келеді.

Түйін сөздер: дисульфидтелінген пирротин, пириттелінген халькопирит пен дисульфидтелінген пирротин, колчеданды рудала, мыс-никель рудалар.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 71 – 79

S. O. Janabilova

LLP "Institute of Seismology," the Republic of Kazakhstan,
E-mail: seismology@seismology.kz

THE LATEST FAULT-BLOCK STRUCTURE OF THE NORTHERN TIEN-SHAN AND SEISMICITY

Abstract. A detailed description of the fault-block structure of the Northern Tien Shan. It is shown that the fragmented structure of the region, clearly expressed in a cross-lattice nature of the fault system vpozdnechet-vertichnoe time was "skonsolidirovana" several main blocks: Kyrgyz Issyk-Kul, Trans-Ili, Chu Kendyktassky and Charyn. That is the fault of these restrictions block the main focus seismicity of the region and, accordingly, in assessing the seismic hazard as area sources, these units must be selected.

The fractures and blocks has always been considered as related structural forms. Continuity concepts and fault blocks, and their widespread use in the upper part of the lithosphere given the fragile foundation of many geological and structural and geophysical (including seismic) studies of the lithosphere structure regarded as a fault-block (Hain, 1994). At the same time the seismic process in seismic zones caused tectonophysical parameters of fault-block protection of the lithosphere, the degree of its relative mobility, and other parameters (Sherman, 2014). Therefore, the identification of these parameters in order to assess the seismic hazard of different areas is very important.

Keywords: active faults, the destruction of the earth's crust, seismic hazard assessment.

УДК 528.8:629.78

С. О. Джанабилова

ТОО «Институт сейсмологии», Алматы, Казахстан

НОВЕЙШАЯ РАЗЛОМНО-БЛОКОВАЯ СТРУКТУРА СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Аннотация. Приводится детальное описание разломно-блоковой структуры Северного Тянь-Шаня. Показано, что раздробленная структура этого региона, отчетливо выраженная в перекрестно-решетчатом характере системы разломов, впозднечетвертичное время была “сконсолидирована” в несколько основных блоков: Киргизский, Иссык-Кульский, Заилийский, Чу-Кендыктасский и Чарынский. Именно по разломным ограничениям указанных блоков сосредоточена основная сейсмичность региона и, соответственно, при оценке сейсмической опасности в качестве площадных источников должны быть выбраны эти блоки.

Разломы и блоки всегда рассматривались как взаимосвязанные структурные формы. Неразрывность понятий разломов и блоков и их широкое распространение в верхней хрупкой части литосферы дали основание во многих геолого-структурных и геофизических (в том числе и сейсмологических) исследованиях структуру литосферы рассматривать как разломно-блоковую (Хаин, 1994). При этом сейсмический процесс в сейсмических зонах обуславливается тектонофизическими параметрами разломно-блоковой среды лито-

сферы, степенью ее относительной подвижности и другими параметрами (Шерман, 2014). Поэтому выявление этих параметров в целях оценки сейсмической опасности различных территорий является весьма актуальным.

Ключевые слова: активные разломы, деструкция земной коры, оценка сейсмической опасности.

Введение. Как известно, о морфологии новейших структурных форм можно судить по характеру деформации пенеплена, выработанного на самых различных по возрасту следующих зонах. О. К. Чедия (1986), Э. Арган (1935), С. С. Шульц (1948), назвали такие формы «складками основания». Для них характерно асимметричное строение и наличие разрыва, осложняющего крутое крыло. Такое сочетание складчатой деформации с разрывом послужило поводом к названию подобных структур «глыбовыми складками» (И. М. Синицин, И. П. Герасимов). Чаще всего структурные формы, представляющие комбинацию складчатой и разрывной дислокации именуются «грабен-синклиналями» и «горст-антиклиналями» (О. К. Чедия, 1986).

Однако, в сейсмотектонических построениях, иногда для выявления особенностей пространственно-временного распространения сейсмичности бывает важно иногда абстрагироваться от складчатого характера новейших мегантиклиналей и называть их блоками, подчеркивая разломно-блоковый характер земной коры. Поэтому в дальнейшем изложении мы будем применять нейтральный термин «блок» или «блоковая структура».

Для выявления блоковой структуры Северного Тянь-Шаня была составлена карта новейшей тектоники этого региона в масштабе 1:500 000. Эта карта позволила оконтурить новейшие структуры, обладающие разным темпом и направленностью движений. Ниже приводится краткое описание выделенных блоков.

Илийская впадина, в пределах изученной нами территории, по своим структурным особенностям делится на несколько существенно разных частей: собственно Илийская впадина (38), Дегереский (38а) и Бериктасссский, (38б) блоки.

Киндиктасская мегантиклиналь представлена одноименным хребтом северо-западного простирания (14). Она разделяет Илийскую и Чуйскую впадину, на востоке под острым углом по Предзаилийскому или Каракунуз-Алматинскому разлому сочленяется с субширотно вытянутым Заилийским антиклинорием. Северо-западным продолжением Киндиктасской мегаструктуры является Чу-Илийская мегантиклиналь того же простирания. Юго-западное крыло Киндиктасской мегантиклинали взброшено за новейший этап по отношению к Илийской впадине на 1300 и более м над Илийской впадиной.

Кастекский блок (15) или горст-антиклиналь является структурой, относящейся к Заилийскомуантиклинорию. Структура имеет асиммеричную форму с пологим южным крылом и коротким северным крылом, которое обрывается к Каракунузской грабен-синклинали, днище которой маркируется маломощными отложениями нижнего-неогена (Чедия, 1986)

Майтюбинский блок (16) представляет собой пологую антиклиналь, заключенную между Каракунузским разломом, по которому она надвинута на Дегересскую синклиналь и зоной Заилийских разломов почти субширотного простирания. К востоку пологое крыло указанной антиклинали постепенно переходит в предгорья, возвышающиеся над Алматинкой впадиной.

Заилийский антиклинорий (17) представлен одноименным хребтом, который в общем характеризуется северной асимметрией, а на востоке и западе дробится на ряд горст – антиклинальных структур третьего порядка (Чедия, 1986). На востоке Заилийское поднятие расщепляется на собственно Илийскую (на юге), Донжайляусскую и Карачинскую горст-антиклинали, разделенные грабен-синклинальными структурами (Чедия, 1986). На западе периклиналь антиклинория представлена тремя расположенными брахи антиклиналями: Байбичесаурской, Орловской и Талдыбулакской, из которых две первые являются юго-восточным ограничением Чуйской впадины.

Чуйская впадина по своим структурным особенностям делится на две существенно разные части. Северная ее часть, обычно именуемая Чуйской моноклиналью, характеризуется пологим падением к юго-западу домезозойского фундамента (глубина залегания 0–0,5 км), представленного юго-западным крылом Киндыктасской мегантиклинали. Южная часть Чуйской впадины представлена узким глубоким асимметричным Предкиргизским прогибом (глубина залегания до – 4000 м). Границей между двумя частями впадины служит флексурно-разрывная зона, представляю-

щая собой резкий перегиб домезозойского фундамента с крутым падением в южных румбах, осложненный серией разрывов сбросового типа (Юдахин, 1970; Чедия, 1986). Выявление некоторых характерных особенностей строения домезозойского фундамента (строение флексурно-разрывной зоны, наличие сбросов в фундаменте, глубина залегания фундамента) позволяет выделить в Чуйской впадине три блока.

Самый крайний западный *(Западно-Чуйский-38)* блок представляет собой мульду Предкиргизского прогиба, постепенно переходящую в Чуйскую моноклиналь (глубина залегания фундамента до – 4000 м).

Центральный блок (Центрально-Чуйский-39) представлен опущенной частью прогиба (до 3,5 км ниже уровня моря), ограниченной с севера флексурно-разрывной зоной, а с юга – Иссык-Атинским разломом. Восточно-Чуйский блок (40) представляет собой центриклинальное замыкание Предкиргизского прогиба, к северу переходящую в южное крыло Кастекского хребта, а с юга обрывается Иссыкатинским разломом.

Переходная зона сопряжения мегаструктур (низкие предгорья) занимает промежуточное, пограничное положение и имеет двоякое значение. С одной стороны, это зона изменившая знак движений в четвертичное время (опускания сменились поднятиями), а с другой – она до сих пор располагается над максимально опущенной частью Предсеверного прогиба (4500 м). Учитывая ее современное морфоструктурное положение, мы сочли возможным выделить в ее пределах самостоятельные блоки. Это *Сокулукский блок (54)* с (глубиной погружения фундамента до – 0,5–3,0 км) и *Серафимовский блок* с максимальной мощностью и наиболее полным разрезом палеоген-неогеновых отложений (свыше 4000 м).

Киргизский хребет представляет собой мегаструктуру, протяженностью свыше 600 км, которая может быть разделена на несколько блоков (структур более высокого порядка) отличающихся положением реконструированной древней денудационной поверхности (рисунок 2). Эти блоки разделяются либо линеаментами северо-западного или меридионального простирания, либо секущими разрывами. Кроме того, Киргизская мегантиклиналь может быть разделена на 3 части по характеру асимметрии. Как указывал О. К. Чедия (1986), если за центр Киргизской мегаструктуры принять *Алаарчинский блок (9)* или Аксуйскую мегантиклиналь по указанному автору, то остальные структуры того же порядка будут характеризоваться правокулисным размещением в восточной части мегантиклинали и преимущественно левокулисным в ее западной части, которая характеризуется к тому же более сложным строением.

Крайняя восточная часть Киргизской мегантиклинали представлена *Восточно-Киргизским блоком (11),* который имеет ясно выраженную северную асимметрию. В его пределах выделяется несколько блоков меньших размеров, наклоненных к востоку (рисунок 2). Шарнир этой структуры воздымается от 2000 м на юго-востоке до 4250 м в ее центральной части.

Расположенный западнее *Иссыкатинский блок* имеет характерную треугольную форму и образован сочетанием сдвигов северо-западного и северо-восточного направлений. Этот блок характеризуется определенной симметричностью, но в это же время наклонен к западу (рисунок 2). Именно в пределах этого блока фиксируется максимальное значение новейших воздыманий во всей Киргизской мегаструктуре (до 4900 м).

Для *Алаарчинского (9) и Каракольского (8)* блоков характерна – сочетание пологих и длинных северных крыльев и взброшенных южных, т.е. горизонтальное перемещение масс происходит с юга на север. Максимальное воздымание шарниров достигает здесь 4000 м. В продольном сечении эти блоки симметричны, возможно с некоторым наклоном малых блоков от центра.

Интересно строение *Карабалтинского (6)* блока, который имеет длинное и пологое северное крыло и соответственно взброшенное северное крыло. Таким образом, горизонтальное движение масс происходит здесь с севера на юг. Это означает, что здесь происходит смена симметрии в пределах Киргизской мегаструктуры. Однако, расположенный южнее *Кумбельский блок (5)* выглядит довольно симметричным, как в поперечном так и в продольном направлениях.

К западу и к юго-западу от Кумбельского блока выделяются *Утмекский (7), Бакайташский (4) и Арпатектирский (15) блоки,* представленные одноименными антиклиналями, обладающие различным стилем асимметрии.

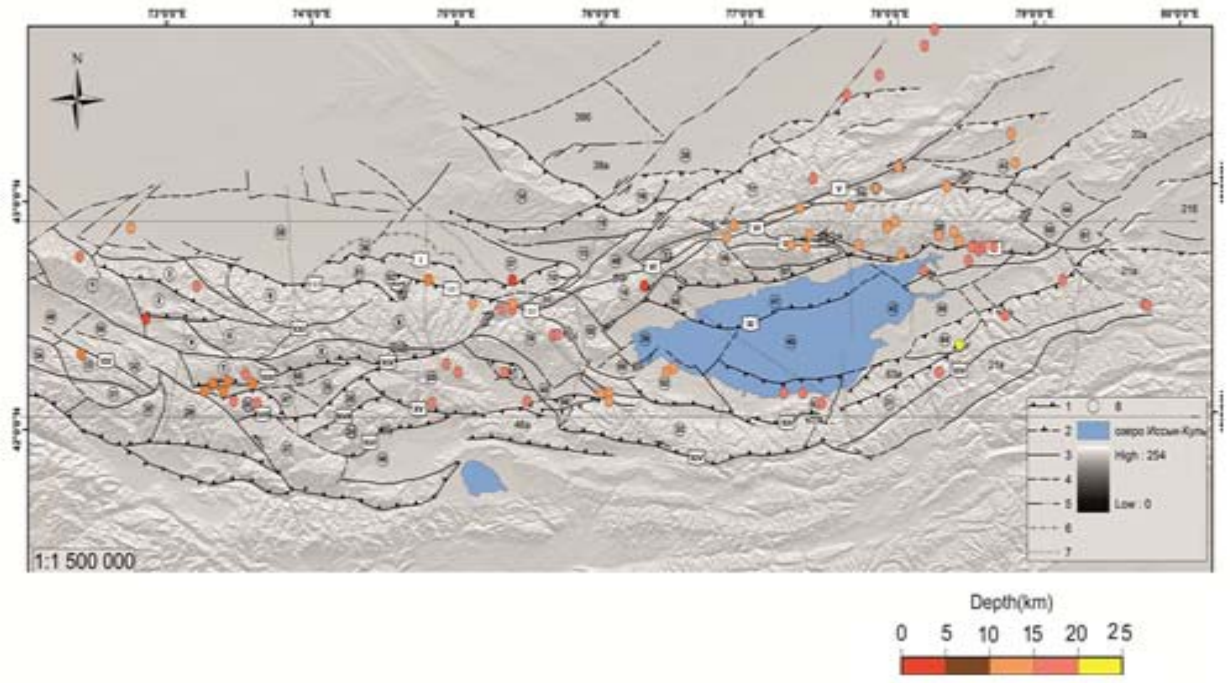


Рисунок 1 – Карта-схема новейших блоков Северного Тянь-Шаня.

Условные обозначения: Цифра в кружках – номер и название блока. Римскими цифрами обозначены основные новейшие разломы. Вынесены эпицентры землетрясений с M ≥ 4, цветом показана глубина эпицентра.

Figure 1 – A schematic map of the newest units of the Northern Tien Shan.

Legend: The figure in the circles – the number and title block. Roman numerals indicate the latest major faults. Delivers the epicenters of earthquakes with M ≥ 4, shows a color depth of the epicenter.

Названия блоков:

Устойчивого поднятия: 1 – Шунгурский, 2 – Каракыштакский, 3 – Каратастюбинский, 4 – Бакайташский, 5 – Кумбельский, 6 – Карабалтинский, 7 – Тюзашунский, 8 – Каракольский, 9 – Алаарчинский, 10 – Киргизский, 11 – Окторкойский, 12 – Байбичесаурский, 13 – Кичикеминский, 14 – Киндиктасский, 15 – Кастекский, 16 – Майтюбинский, 17 – Заилийский, 18 – Кунгейский, 19 – Чоктальский, 19а – Центрально-Кунгейский, 20 – Курментинский, 20а – Кетменский, 21 – Восточнотерскейский, 21а – Баянкольский, 21б – Нарынкольский, 21в – Центрально-Терскейский, 22 – Западнотерскейский, 23 – Карамойнок-Сандыкский, 24 – Минтеке-Сарыбулакский, 25 – Ойгаинский, 26 – Киндикский, 27 – Сандыкский, 28 – Арамсуйский, 29 – Сусамыртооский, 30 – Жаныртмакский, 31 – Музторский, 32 – Арпатектирский, 33 – Джергетальский, 34 – Карагайминский.

Абсолютного и относительного прогибания: 35 – Западно-Чуйской, 36 – Центрально-Чуйской, 37 – Восточно-Чуйской, 38 – Илийский, 38а – Дегереский, 38б – Бериктасссский, 39 – Рыбачинский, 40 – Центрально-Иссыккульский, 41 – Северо-Иссыккульский, 42 – Восточно-Иссыккульский, 43 – Чарынский, 44 – Каркаринский, 45 – Кочкорский, 46 – Джумгальский, 47 – Тунукский, 48 – Таласский, 49 – Новороссийский.

Переходного режима: 50 – Ортотокойский, 51 – Сокулук-Серафимовский, 52 – Шекулинский, 53 – Кеминский, 54 – Чиликский, 55 – Боомский, 56 – Торуайгырский, 57 – Чолпонатинский, 58 – Аксуйский, 59 – Тасминский, 60 – Талдыбулакский, 61 – Кегеньский, 62 – Улахольский, 63 – Каджисайский, 63а – Джуукинский, 64 – Джетыогузский, 65 – Кызыломпульский, 66 – Джоонарыкский, 67 – Ортокский, 68 – Джакшский.

Названия основных разломов. I – Иссык-Атинский, II – Шамси-Тюндюкский, III – Чонкурчакский, IV – Каракунузский, V – Северо-Кеминский, VI – Южно-Кеминский, VII – Чиликский, VIII – Северо-Аксуйский, IX – Южно-Аксуйский, X – Предкунгейский, XI – Торуайгыр-Тасминский, XII – Южно-Иссыккульский, XIII – Предтерскейский, XIV – Центрально-Терскейский, XV – Бозалаташский, XVI – Джумгальский, XVII – Ойгаинский, XVIII – Суекский, XIX – Каракольский, XX – Ичкилитооский, XXI – Аспаринский.

Каратастюбинский блок (3) представлен несколькими антиклинальными и синклинальными структурами субширотного и северо-западного простирания. Шарниры складок воздымаются до высоты 3500 м. Особое внимание заслуживает Каракыштакский (2) блок, в пределах которого имеются палеоген-неогеновые отложения небольшой мощности. Это блок также асимметричен: наиболее погруженная его часть приурочена к его северному борту.

Самым западным блоком на рассматриваемой территории является *Шунгурский блок (1),* который выглядит симметричным.

К югу от Киргизской мегаструктуры расположены блоки внутренней части Тянь-Шаня, анализ которых помогает в расшифровке геодинамики окраинных частей орогена.

К востоку от Северного мегаблока расположены новейшие структуры горного обрамления Иссык-Кульской впадины, которые были ранее описаны А. К. Трофимовым. Поэтому дальнейшее описание мы проводим согласно материалам указанного исследователя.

Иссык-Кульская межгорная впадина с запада на восток от Караташского порога древнего стока до перевала Санташ, имеет протяженность 260 км при максимальной ширине 50–60 км. Обобщенная ось этого сложно построенного грабен-синклинального мегаблока имеет в общем выпуклость к югу. Северо-Иссык-Кульский (Торуаигыр-Тасминский – (У) рис. 1) разлом разделяет его на два макроблока: *Северо Иссык-Кульский (Предкунгейский) и Центрально-Иссык-Кульский (Предтерскейский).* Предкунгейский прогиб шириной в 20 км – это в основном моноклиналь южного падения, в пределах которой суммарные амплитуды движений изменяются от +1000 до –2500. Зона низких предгорий, краевая часть впадины, сложенная неогеном, развита здесь фрагментарно. Предтерскейский прогиб – Центрально-Иссыккульская грабен-синклиналь, шириной до 40 км, занимает основную площадь впадины. Суммарные амплитуды движений здесь меняются от +1000–1500 до –3500 м, достигая максимальных значений на востоке и в центре впадины. Общая синклинальная структура впадины осложнена пологими и мало амплитудными антиклиналями и синклиналями субширотного и северо-восточного простирания.

Южно-Иссык-Кульская зона низких предгорий, сложенная в основном неогеном, с севера ограничена одноименным разломом. Она протягивается вдоль всего подножья Терскейского поднятия и имеет выдержанную ширину в 20 км. Тамгинский левосторонний сдвиг разделяет зону, как и Терскейское поднятие, на два макроблока: *Улахол-Каджисай и Джуука-Джетыогуз,* которые имеют соответственно субширотное северо-западное и северо-восточное простирание. В пределах первого блока чехол неогеновых отложений маломощен (500–1000 м); в ядрах антиклинальных складок основания, имеющих ярко выраженную южную асимметрию, часто наблюдается откопанная предорогенная поверхность выравнивания, выработанная на породах домезозойского основания. На востоке Иссык-Кульскую впадину замыкает *Турген-Аксу-Чубарджонское адырное поднятие* (амплитуда движений от +1500 до –1500 м), переходящее на севере – в Тасминское. Последнее относится внутри депрессионным, также как и такие мелкие поднятия как Тепке, Бирбаш, Оргочор (на востоке впадины) и Бозбармак (на западе).

Кунгейское поднятие отделено от Иссык-Кульской впадины системой Предкунгейских разломов (IУ). Обобщенная ось поднятия имеет выпуклость к северу. Культорский разлом и Аксуйский грабен разделяет его на три горст-антиклинальных макроблока: *Калмакашуйский (18), Чоктальский (19), Урюктинский (20).* Общая протяженность поднятия 270–280 км при ширине 20–30 км.

Складки основания имеют в основном северную асимметрию, хотя и встречаются и симметричные. Внутри блоков развиты в основном кулисно расположенные брахиподобные горст-антиклинали протяженными поднятиями являются лишь *Центральное* (80 км), расположенное к югу от Аксуйского грабена, и *Восточно-Кунгейское* (Талдыбулакское – 50 км). Суммарные амплитуды поднятий здесь изменяются от 2000 до 4500 м.

Терскейское поднятие (амплитуды от 2000 до 4750 м) с севера ограничено зоной Предтерскейского разлома, с юга – Центрально-Терскейского разлома. Тамгинским сдвигом и связанные с ним линеаментом поднятие разделяется на два симметричных «крыла»: *Западно-Терскейское и Восточно-Терскейское,*имеющих соответственно выдержанное северо-западное простирание. Разрывы северо-западного простирания разделяют Западно-Терскейский блок на ряд узких блоков с расположенными горст-антиклиналями. Наиболее опущенная северная часть блока

(Семизбельская, Конуроленская, Кольбельская грабен-синклинали) «ныряют» под систему взбросо-надвигов и подвигов, образующих западную ветвь Предтерскейского разлома. Более монолитным являются Восточно-Терскейское поднятие, которое Центрально-Терскейским разломом разделяется на два вытянутых горст-антиклинальных блока, имеющих южную асимметрию. На востоке обособляется характерный Бозучакский блок, зажатый между Предтерскейским и Центрально-Терскейскими разломами (с севера и юга) и линеаментами Восточно-Сарыджазским и Кызылсуйским. Для него характерным является изменение простирания складок основания с субширотного северо-восточного на северо-западное (Трофимов, 1973).

Расположенные восточнее *Баянкольская (21а), и Нарынкольская (21б)* мегантиклинали имеют такие же характеристики как и само Восточно-Терскейское поднятие – южная асимметрия и вытянутая в субющиротном направлении.

На востоке к Иссык-Кульской впадине примыкают *Каркара-Текесская и Кегеньская впадины (44),* обрамленные с севера *Кетменьским* поднятием (20а), с юга – *Баянкольским* (21а).

Каркара-Текесская впадина заходит на описываемую нами территорию своей восточной частью и представляет собой асимметричную синклиналь, выполненную неогеновыми полассами большой мощности и осложненную с севера подставляющихся брахи антклинальных структур (антиклиналь Каратау, Сарытау и др.). Эти структуры отделяют Каркара-Текесскую впадину от расположенной севернее Кеген-Каркаринской впадины (44).

Кетменьская мегантиклиналь (20а) представляет собой асимметричную мегантиклиналь с пологим северным крылом, перекрытым галечным шлейфом слившихся конусов выноса, их под которых обнажаются юрские и сильно дислоцированные палеозойские образования. Фрагменты древней денудационной поверхности сохранились на водоразделе одноименного хребта. Южные предгорья ограничены разломов в виде крутого уступа самого хребта, высотой 1000–1500 м.

На юго-западе к Иссык-Кульской впадине примыкает *Кочкорская впадина (15),* а на северо-западе *Боомский грабен (20)* и Чуйская впадина. Расположенное северное Заилийское поднятие отделено от Кунгейского Кеминским грабеном (53) и относительно опущенным Чилико-Чарынским клиновидным блоком (54).

Таким образом, как видно из вышеприведенного описания, новейшая структура Северного Тянь-Шаня представляет собой систему блоков (мега, макро, микро) разного размера, истории развития, характера асимметрии и др. (рисунок 1).

Как указывалось ранее, в качестве активных мы выделяем разломы с доказанными позднеплейстоценовыми и голоценовыми перемещениями. Как видно, не все новейшие разломы являются активными, как это можно было бы ожидать. На рисунках показаны разломы, активные в позднем плейстоцене-голоцене. Указанные разломы ограничивают блоки, активные в обозначенное время. Как показывает анализ, форма и положение блоков, активных в позднем плейстоцене-голоцене (последние 100 тыс. лет геологической истории), существенно отличается от блоков, активных в новейшее время (10–30 млн лет геологической истории).

Отметим, что характерной чертой поздно четвертичной структуры Северного Тянь-Шаня является наличие практически непрерывной зоны активных разломов, состоящей из транспрессионной лево сдвиговой Кемино-Чиликской зоны (Delvauxet., al., 2003), переходящей к западу в активные надвиги южного обрамления Чуйской впадины, а с востока ограниченная Чунджа-Капчагайской системой активных разломов северо-западного простирания. Эта зона разделяет блоки Киргизской части Северного Тянь-Шаня от выпуклых к югу блоков (Заилийский и Чу-Кендыктасский), облекающих Илийскую впадину.

Киргизский блок ограничен с севера активными надвигами зоны одноименного хребта и Чуйской впадины. Скорость позднеплейстоценового сокращения земной коры в зоне Иссык-Атинского разлома, ограничивающего с севера низкие предгория Киргизского хребта, составляет от 0,9+/–0,3 мм/год (долина р. Сокулук) до 2,1+1,7/–0,3 мм/год (долина р. Аламедин) (Абдрахматов и др., 2001). Активность северной границы подчеркивается возникновением здесь очагов Баласагунского землетрясения 1470 года (М более 6,5), Меркенского землетрясения 1665 года (М = 6,5), Беловодского землетрясения 1770 года (М = 6,9), Беловодского землетрясения 1885 года (М = 6,5–7,5), Кемино-Чуйского землетрясения 1938 года (М = 6,5). С юга указанный блок ограничивается активными надвигами южного борта Кочкорской впадины, которые к западу

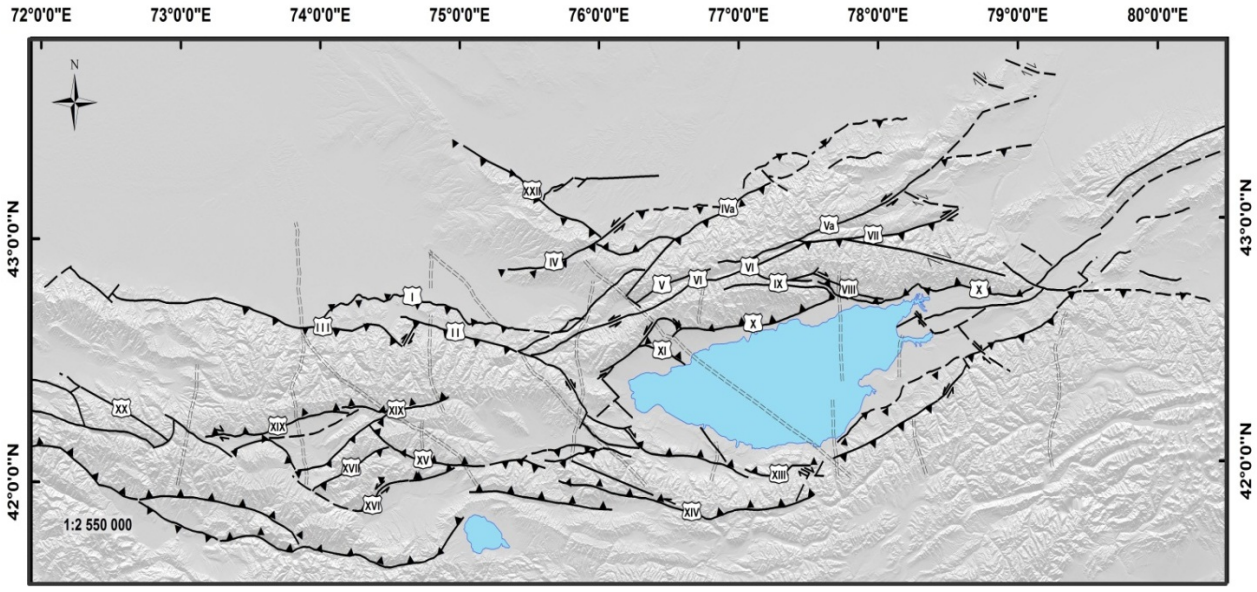


Рисунок 2 – Карта активных разломов Северного Тянь-Шаня

Figure 2 – Map of active faults of the Northern Tien-Shan

переходят в активное северное ограничение Джумгальской впадины, где развиты надвиги с левосдвиговой компонентой. Скорость позднеплейстоценового сокращения коры в зоне Акчопского надвига (долина р. Джуанарык) составляет 2,9+1,6/–0,7 мм/год (Абдрахматов и др, 2001). Сильных землетрясений с магнитудой более 4 в этой зоне не зарегистрировано.

Монолитность Киргизского блока нарушается внедрением с запада активных разломов Сусамырской зоны, представляющих собой взбросы с право сдвиговой компонентой. Активность этой зоны подчеркивается возникновением здесь в 1992 году Сусамырского землетрясения с M = 7,3 [9].

Иссыккульский блок с севера ограничивается активной Кемино-Чиликской лево сдвиговой транспрессионной зоной, которая унаследованно развивалась с палеозоя. К востоку от 77 меридиана граница блока представлена активными разрывами Аксуйского грабена и надвигами Тасминского внутривпадинного поднятия. Согласно предварительным данным, скорость левосторонних смещений в позднем плейстоцене-голоцене вдоль указанной активной зоны могла достигать до 1–2 мм/год. В пределах этой зоны возник очаг сильнейшего землетрясения Азии – Кеминского землетрясения 1911 года (M более 8) и произошли Джаланаш-Тюпское землетрясение 1978 года (M = 6,5), Байсоорунское 1989 года (M = 5,5) и несколько более слабых событий.

Южная граница рассматриваемого блока представлена активными разрывами юго-западного угла Иссыккульской впадины, которые к востоку посредством Тамгинского левого сдвига подставляются обратными взбросами восточного окончания впадины. Активность южной границы блока подтверждается очагами Сарыкамышского землетрясения 1970 года (M = 6,5) и нескольких землетрясений с M = 4–5.

Очагов сильных или хотя бы умеренных землетрясений в пределах акватории озера не зарегистрировано.

Зона Киргизского и Иссыккульского блоков выражена неясно. Здесь находится узкий Боомский новейший грабен северо-западного простирания (Абдрахматов, 2003), который заложился на восточной периклинали Кунгейского хребта. О существовании современных условий растяжения в этой области свидетельствует наличие узкой полосы активных разломов, нарушающих поверхность позднеплейстоценовых конусов выноса, стекающих с массива Кызыл-Омпул и выкалывающих здесь молодой грабен. Его простирание совпадает с более древней, новейшей структурой.

Заилийский блок характеризуется северо-восточным простиранием, с юга ограничивается указанной выше Чилико-Кеминской активной зоной, а с севера – прерывистой зоной активных

разломов неясной кинематики. Согласно одним данным эти разломы представляют собой сбросы (Юдахин, Беленович, Паталаха, Чабдаров, 1976), другие исследователи считают эти разломы надвигами и взбросами (Чедия, 1986, Курскеев, Тимуш, 1987)). Характерно, что при сильнейшем Верненском землетрясении 1887 года (М = 6,5–7,5), которое тяготело к сочленению хребта и впадины, сейсмотектонических дислокаций в этой зоне не возникало. Согласно данным (Абдрахматов, Томпсон, Уилдон, 2007), скорость поздно четвертичных смещений в зоне сочленения Заилийского хребта с Илийской впадиной составляет около 1 мм/год.

Кунгей-Чарынский блок представляет собой клиновидный блок, вдвинутый в пространство между противоположно выгнутыми дугами, образованными активными разломами, составляющими южную границу Заилийского блока и северную границу Иссыккульского блока. Очаг Чиликского землетрясения 1889 года (М более 8) структурно приурочен к северной границе рассматриваемого блока.

Чу-Кендыктасский блок имеет северо-западное простирание к Заилийскому блоку на меридиане антецедентного участка долины р. Чу. Несмотря на достаточно резкую геоморфологическую выраженность сочленения хребта Кендыктас и Илийской впадины, сколько-нибудь значимых сейсмических событий здесь не зарегистрировано.

Как следует из приведенного выше анализа, раздробленная структура Северного Тянь-Шаня, отчетливо выраженная в перекрестно-решетчатом характере системы разломов, в поздно четвертичное время была “сконсолидирована” в несколько основных блоков: Киргизский, Иссык-Кульский, Заилийский, Чу-Кендыктасский и Чарынский. Именно по разломным ограничениям указанных блоков сосредоточена основная сейсмичность региона и, соответственно, при оценке сейсмической опасности в качестве площадных источников должны быть выбраны эти блоки.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии // Геология на пороге XXI века. – М.: Наука, 1994. – 188 с.

[2] Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. – Рос. акад. наук, Сибирское отделение, Ин-т земной коры. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2014. – 359 с.

[3] Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уилдон Р. Активная тектоника Тянь-Шаня. – Бишкек: Илим, 2007. – С. 70.

[4] Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1986. – 313 с.

[5] Арган Э. Тектоника Азии. – М.; Л.: ОНТИ, 1935.

[6] Шульц С.С. Анализ новейшей тектоники и рельефа Тянь-Шаня. – М.: Географиз, 1948. – 220 с.

[7] Юдахин Ф.Н. Геофизические поля, глубинное строение и сейсмичность Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1983.

[8] Трофимов. Новейшая тектоника района Сарыкамышского землетрясения // Изв. АН КиргССР. – 1973. – № 5. – С. 3-19.

[9] Delvaux D., Abdrakhmatov K.E., Lenzin I.N., Strom A.L. Landslides and surfasebreacks of the 1911, M 8,2Kemin earthquake, Kyrgyzstan. Russiangeologyandgeophysics, 2001. Vol. 42, N 10. P. 1667-167.

[10] Паталаха Е.И., Чабдаров Н.М. Условия образования рельефа Северного Тянь-Шаня и вероятный механизм процесса // Сейсмотектоника некоторых районов юга СССР. – М.: Наука, 1976. – С. 80-90.

[11] Юдахин Ф.Н., Беленович Т.Я. Современная динамика земной коры Тянь-Шаня и физические процессы в очагах землетрясений // Изв. АН КиргССР. Физ.-тех. и матем. науки. – 1989. – № 1. – С. 101.

[12] Курскеев А.К., Тимуш А.В. Альпийский тектогенез и сейсмогенные структуры. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 179 с.

REFERENCES

[1] Hajn B.I. Osnovnye problem sovremennoj geologii // Geologija na poroge XXI veka. M.: Nauka, 1994. 188 p.

[2] Sherman S.I. Sejsmicheskij process I prognoz zemletrjasenij: tektonofizicheskaja koncepcijaю Ros. akad. nauk, Sibirskoe otdelenie, In-t zemnojkory. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo “Geo”, 2014. 359 p.

[3] Abdrahmatov K.E., Tompson S., Uildon P. Aktivnaja tektonica Tjan’-Shanja. Bishkek: Ilim, 2007. P. 70.

[4] Chedija O.k. Morfostruktury i novejshij tektogenez Tjan’-Shanja. Frunze: Ilim, 1986. 313 p.

[5] Argan E. Tektonika Azii. M.; L.: ONTI, 1935.

[6] Shul’c S.S. Analiz novejshej tektoniki i rel’efa Tjan’-Shanja. M.: Geografiz, 1948. 220 p.

[7] Judahin F.N. Geofizicheskie polja, glubinnoe stroenie i sejsmichnost’ Tjan’-Shanja. Frunze: Ilim, 1983.

[8] Trofimov. Novejshaja tektonika rajona Sarykamyshskogo zemletrjaseniya // Izv. AN KirgSSR. 1973. N 5. P. 3-19.

[9] Delvaux D., Abdrakhmatov K.E., Lenzin I.N., Strom A.L. Landslides and surfasebreacks of the 1911, M 8,2Kemin earthquake, Kyrgyzstan. Russiangeologyandgeophysics, 2001. Vol. 42, N 10. P. 1667-167.

[10] Patalaha E.I., Chabdarov N.M. Uslovija obrazovanija rel'efa Severnogo Tjan'-Shanja i verojatnyj mehanizm processa // Sejsmotektonika nekotoryh rajonov yuga SSSR. M.: Nauka, 1976. P. 80-90.

[11] Yudahin F.N., Belenovich T.J. Sovremennaja dinamika zemnoj kory Tjan'-Shanja i fizicheskie processy v ochagah zemletrjasenij // Izv. AN KirgSSR. Fiz.-teh. i matem. nauki. 1989. N 1. P. 101.

[12] Kurskeev A.K., Timush A.V. Al'pijskij tektogenez i sejsmogennye struktury. Alma-Ata: Hauka, 1987. P. 179.

С. О. Джанабилова

ЖШС "Сейсмология институты", Алматы, Қазақстан

СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖАҢА АҚАУЛЫҚ-БЛОК ҚҰРЫЛЫМЫ

Аннотация. Солтүстік Тянь-Шань ақаулық-блок құрылымын егжей-тегжейлі сипаттамасы. Қырғыз Ыстықкөл, Іле, Шу Кендыктасский және Шарын. Бұл анық кінәлі жүйесі уақыт кросс-тор табиғатта білдірді облыс толымсыз құрылымы, бірнеше негізгі блоктар екенін көрсетілген. Яғни, осы шектеулердің ақаулық облысының басты назар сейсмикалық бұғаттау және, тиісінше, ауданы көздері ретінде сейсмикалық қауіптілік бағалау, осы бірлік таңдалуы тиіс болып табылады.

Сынықтар және блоктар әрқашан байланысты құрылымдық нысандары ретінде қаралды. Үзіліссіздік түсініктер мен ақаулық блоктар, және ақаулық-блогында (Hain, 1994) ретінде қарастырылады литосфера құрылымын зерттеу (сейсмикалық қоса алғанда), көптеген геологиялық және құрылымдық және геофизикалық нәзік негіз берілген литосфераның жоғарғы бөлігінде кеңінен пайдалану. Сонымен қатар сейсмикалық аймақтарында сейсмикалық процесі ақаулық-блок литосфера қорғау, оның салыстырмалы ұтқырлық дәрежесін, және басқа да параметрлерін (Шерман, 2014) tectonophysical параметрлерін туындаған. Сондықтан, түрлі салаларда сейсмикалық қауіпті жағдай бағалау мақсатында осы параметрлердің сәйкестендіру өте маңызды болып табылады.

Түйін сөздер: белсенді сынықтар, жер қыртысының деструкциясы, сейсмикалық қауіптілікті бағалау.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 80 – 90

A. N. Mitrofanova, R. Sh. Kalita, Zh. M. Sharapkhanova

LLP «Institute of Geography», Almaty, Kazakhstan.
E-mail: mitrofanova.an@mail.ru, kalita_raisa@mail.ru; G-mail: sharaphanova@gmail.com

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS TERRITORIES OF THE BUFFER ZONE OF THE PROPOSED "TRANSKAZAKHSTAN" CHANNEL THIRD STAGE

Abstract. In order to obtain the greatest economic effect with the least capital investments for the construction of the proposed "Transkazakhstan" channel, and also correctly design and link the channel's route to the terrain, specific physico-geographical conditions and make the most rational decisions, it is necessary to study the hydrogeological conditions.

The main patterns of groundwater distribution in the study area are shown on a digital topographic basis combined with a 1: 500,000 scale hydrogeological map and an updated hydrogeological basis of 1: 200,000 scale, compiled in the form of a 20 km wide strip passing along the territory of the alleged "Transkazakhstan" channel. The map gives an overview of the hydrogeological conditions in this vast territory. It presents aquifers and complexes separated from each other by a black contour, which have considerable area distribution, the main information of which is given below. Description aquifers and complexes given in the text are slightly wider than shown in the narrow band channel track buffer.

In mapping used stratigraphic-hydrogeological principle display elements. In order to improve the information content of the map and its readability using methods characteristic units using hydrogeological information to present basic parameters of aquifers and complexes of wells considered the pool. The numbers near the wells indicate - at the top number and through the hyphen index of water-bearing rocks; On the left in the numerator - the rate, measured by cubic decimeters, flowing in one second (dm^3/s), in the denominator - lowering the water level in the well in meters (m); On the right in the numerator - the steady water level in the well, in meters (m), in the denominator - the mineralization of water, measured in grams, contained in one cubic decimeter (g/dm^3). The chemical composition of groundwater is shown in various colors: with a predominance of chloride anion - red, sulphate - yellow, hydrocarbonate - blue. The allocation of aquifers and complexes was carried out with age, homogeneous or close in age, facies and lithology composition and hydrogeological properties of the rock formations. Groundwater is confined to them, are ubiquitous throughout the area under consideration of the horizon. In the presence of several aquifers, both close and different by the lithological composition and permeability of water-bearing rocks, but combined by common hydrodynamic characteristics, such as the amount of pressure, the direction of movement of groundwater, their quality and having a clear hydraulic interconnection, are combined into aquiferous Complexes. In the investigated region, where groundwater is not widely distributed within certain stratigraphic subdivisions, but in the form of separate lenses, isolated interlayers, areas with local aquifers and complexes are allocated. Underground waters in this case are opened only by separate wells, and there is no hydraulic connection between layers of water-bearing rocks.

Key words: Hydrogeology, aquifer, aquiferous complex, basin, alluvial, lacustrine-alluvial, lacustrine and aeolian deposits, mineralization, flow rate, filter coefficient.

УДК 556.3:574

А. Н. Митрофанова, Р. Ш. Калита, Ж. М. Шарапханова

ТОО «Институт географии», Алматы, Казахстан

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ БУФЕРНОЙ ЗОНЫ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО «ТРАНСКАЗАХСТАНСКОГО» КАНАЛА ТРЕТЬЕЙ ОЧЕРЕДИ

Аннотация. Для того чтобы при наименьших капитальных вложениях на строительство предполагаемого «Трансказахстанского» канала получить наибольший экономический эффект, а также правильно спроектировать и привязать трассу канала к местности, конкретным физико-географическим условиям и принять наиболее рациональные решения необходимо изучить гидрогеологические условия.

Основные закономерности распространения подземных вод на исследуемой территории показаны на цифровой топографической основе, совмещенной с гидрогеологической картой масштаба 1:500 000 и уточненной гидрогеологической основе масштаба 1:200 000, составленной в виде полосы шириной 20 км, проходящей вдоль территории предполагаемого «Трансказахстанского» канала. Карта даёт общее представление о гидрогеологических условиях на этой обширной территории. На ней представлены водоносные горизонты и комплексы, отделяющиеся друг от друга черным контуром, имеющие значительное распространение по площади, основные сведения о которых приводятся ниже. Описание водоносных горизонтов и комплексов приведено в тексте несколько шире, чем показано на узкой полосе буферной трассы канала.

При картировании использован стратиграфо-гидрогеологический принцип отображения элементов. В целях повышения информативности карты и ее читаемости, применен способ характеристики подразделений с помощью гидрогеологической информации, позволяющей представить основные параметры водоносных горизонтов и комплексов по скважинам рассматриваемого бассейна. Цифры около скважин обозначают – вверху номер и через дефис индекс водовмещающих пород; слева в числителе – дебит, измеряющийся кубическими дециметрами, протекающими в одну секунду ($дм^3/с$), в знаменателе – понижение уровня воды в скважине в метрах (м); справа в числителе – установившийся уровень воды в скважине, в метрах (м), в знаменателе – минерализация воды, измеряющаяся в граммах, содержащихся в одном кубическом дециметре ($г/дм^3$). Химический состав подземных вод показан различным цветом: с преобладанием хлоридного аниона – красным, сульфатного – желтым, гидрокарбонатного – синим. Выделение водоносных горизонтов и комплексов производилось с учётом возраста, фациально-литологического состава и гидрогеологических свойств пластов горных пород. Подземные воды, приуроченные к ним, имеют повсеместное распространение по всей площади рассматриваемого горизонта. При наличии нескольких водоносных горизонтов, как близких, так и разных по литологическому составу и проницаемости водовмещающих пород, но объединённых общими гидродинамическими характеристиками, такими, как величина напора, направление движения подземных вод, их качество и имеющих чёткую гидравлическую взаимосвязь между собой, объединены в *водоносные комплексы*. В исследуемом регионе, где в пределах определённых стратиграфических подразделений подземные воды распространены не повсеместно, а в виде отдельных линз, изолированных прослоев, выделяются участки с *локально-водоносными горизонтами и комплексами.* Подземные воды в этом случае вскрываются лишь отдельными скважинами, а гидравлическая связь между слоями водовмещающих пород отсутствует.

Ключевые слова: гидрогеология, водоносный горизонт, водоносный комплекс, бассейн, аллювиальные, озерно-аллювиальные, озерные и эоловые отложения, минерализация, дебит, коэффициент фильтрации.

Введение. Трасса предполагаемого «Трансказахстанского» канала пересекает 2 гидрогеологических региона Западно-Сибирский (II), Скифо-Туранский (I), бассейны пластовых напорных вод второго порядка – Нижневартовско-Петропавловский (II-8А), Северо-Приаральский (I-5А), Торгайский (I-5Б), Восточно-Приаральский бассейн пластовых и блоково-пластовых напорных вод (I-4А) [1-4].

В буферной зоне предполагаемого канала выделяются водоносные горизонты и комплексы в современных, верхнечетвертичных-современных, средне-верхнечетвертичных, плиоцен-четвертичных, палеоцен-эоценовых, верхнетурон-сенонских отложениях.

Нижневартовско-Петропавловский бассейн (II-8А) пластовых напорных вод располагается в южной части Западно-Сибирского бассейна. Границами с юга и юго-востока служат отроги

Алтая и Центрально-Казахстанский мелкосопочник, с юго-запада – Костанайский вал, с запада – Уральская складчатая область.

Бассейн сложен рыхлыми образованиями юры, мела, палеогена и маломощным покровом пород четвертичного возраста. Мощность каждого горизонта увеличивается от границ Казахстанского мелкосопочника в северном и северо-восточном направлениях. Общая мощность мезозоя-кайнозоя у северной границы республики достигает 2000–3000 м.

По особенностям геологического разреза и гидрогеологическим условиям в Нижневартовско-Петропавловском бассейне (II-8А) выделяется бассейн третьего порядка – *Приертисский* (рисунок). Грунтовые воды в бассейне приурочены к верхней части разреза и распространены преимущественно в плиоценовых и четвертичных отложениях различного генезиса.

Водоносные горизонты современных, средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений (aQ_{IV}; aQ_{II-III}) приурочены к речным долинам и их террасам рек Обаган и Кундызды. Водовмещающими породами являются пески и галечники с линзами и прослоями супесей и глин. Единый грунтовый поток движется в направлении уклона рек. В современных и средне-верхнечетвертичных отложениях мощность водовмещающих пород не превышает 5–7 м, глубина залегания зеркала грунтовых вод 1–3 м. В средне-верхнечетвертичных – эффективная мощность составляет 15–25 м, глубина залегания подземных вод – 3–12 м. Скважины, вскрывающие подземные воды аллювия, имеют производительность от 0,1 до 4,0 (скв. 185, 187) редко 25–35 дм^3/с. Наиболее водообильны современные отложения. Минерализация подземных вод пестрая. В пойменной части речных долин распространены обычно пресные или слабосолоноватые гидрокарбонатные кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-натриевые воды с минерализацией от 0,4–0,7 до 1,5–2,0 г/дм^3 (скв. 185). На высоких террасах минерализация возрастает и достигает иногда 5–7 г/дм^3 (скв. 187), а химический состав становится хлоридно-сульфатным натриевым (скв. 187). Подземные воды речных долин широко используются для водоснабжения крупных и мелких населенных пунктов.

Водоносный комплекс озерно-аллювиальных отложений (laQ) приурочен к долине реки Обаган. Водовмещающие породы представлены глинистыми песками, залегающими среди суглинков и глин. Мощность отложений 4–25 м. Обводненность пород низкая. Расходы скважин не превышают 5 дм^3/с (скв. 149). По химическому составу преобладают сульфатно-хлоридные и хлоридно-натриевые воды с минерализацией от 3,8 до 52,0 г/дм^3, преобладающая минерализация 5 г/дм^3. Маломинерализованные воды используются для водопоя скота.

Водоносный комплекс озерных отложений (lQ) развит в озерной котловине Кусмурын. Представлены породы иловатыми песками, супесями и суглинками, нередко сильно засоленными. Мощность отложений обычно не превышает 4–6 м. Глубина залегания зеркала грунтовых вод не превышает 1,5–2 м. Дебиты скважин незначительные до 0,2 дм^3/с (скв. 12). Минерализация достигает 9,7 г/дм^3, вода имеет хлоридный состав.

В пределах буферной зоны канала распространяется *локально-водоносный горизонт плиоцен-нижнечетвертичных отложений* (N_2-Q_I). Подземные воды, заключенные в них приурочены к пескам, песчаникам с прослоями алевролитов, супесей, глин. Породы слабо обводнены (производительность скважин 0,4–0,5 дм^3/с) и содержат воды разной минерализации (от 0,6 до 4,8 г/дм^3) гидрокарбонатного и хлоридного натриевого состава (скв. 29, 113).

Водоносный горизонт палеоцен-эоценовых отложений (P_{1-2}) состоит из прослоев песков, песчаников и опок, залегающих среди глин. Водоносный горизонт распространен параллельно р. Обаган и оз. Кусмурын. Мощность водосодержащих отложений составляет 20–40 м. Песчаные разности пород обладают повышенной водообильностью. Расходы скважин достигают от 1,7 до 12–20 дм^3/с. Минерализация воды – 0,6–2,3 г/дм^3, сульфатно-гидрокарбонатного, сульфатно-хлоридного состава (скв. 196) [5, 6].

Приаральско-Торгайско-Шу-Сарысуский сложный бассейн (I-5) пластовых безнапорных и напорных вод приурочен к одноименным прогибам, окаймленным с востока и юго-востока палеозойской складчатой системой Центрального Казахстана, с запада – Уральской складчатой системой, с юго-запада – складчатыми сооружениями Северо-Западного Тянь-Шаня, с юга – акваторией Аральского моря и Нижнесырдарьинским поднятием. Северная граница проходит по погребенному Костанайскому валу. Фундамент бассейна разбит многочисленными разломами на

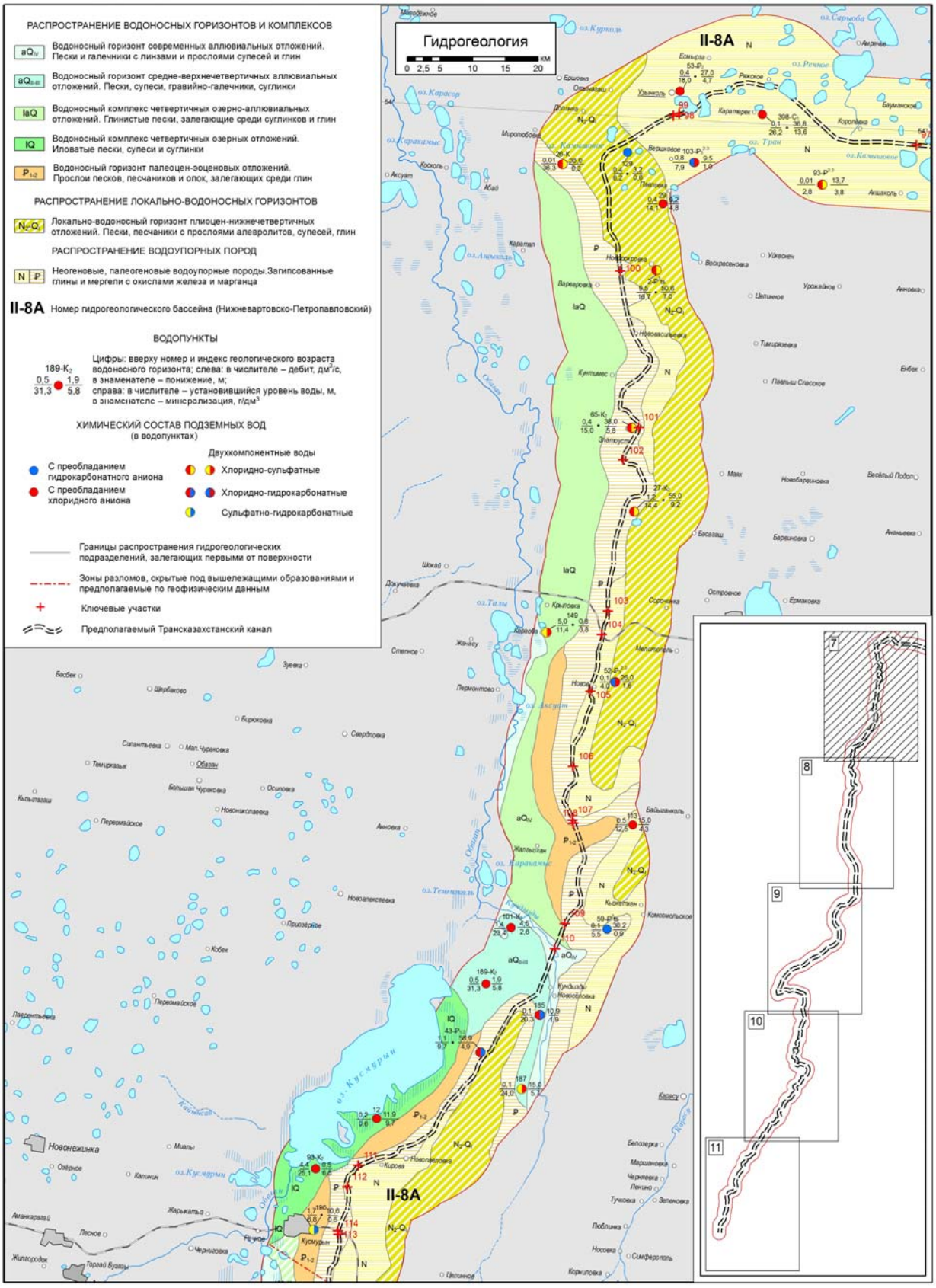


Рисунок 1 – Гидрогеологическая карта

Figure 1 – Hydrogeological map

блоки. Большая часть разломов фундамента находит свое отражение и в осадочном чехле, что обусловило блоково-пластовую структуру бассейна. Мощность осадочного чехла достигает 1,5–3 тыс. м. Региональным водоупором являются глины чеганской свиты. Разгрузка подземных вод происходит в Аральское море и глубокие бессточные впадины. На значительной площади водоупорные глины залегают с поверхности. В районах отсутствия регионального водоупора в отложениях верхнего мела-эоцена за счет частого переслаивания песчаников и глин формируются субнапорные нисходяще-восходящие воды, которые частично разгружаются в местную эрозионную сеть. В терригенных отложениях юры, мела и палеогена выделяется зона напорных нисходяще-восходящих вод. От областей питания к очагам разгрузки прослеживается закономерная смена гидрогеохимических зон. В этом же направлении происходит снижение пьезометрического напора.

Рассматриваемый сложный бассейн включает два бассейна пластовых напорных вод: Северо-Приаральский (I-5А), Торгайский (I-5Б), по которому проходит трасса канала [1-4].

Торгайский бассейн **(I-5Б)** пластовых напорных вод приурочен к одноименному прогибу, расположенному между Центральным Казахстанским мелкосопочником на востоке, Уралом на северо-западе, Костанайским валом на севере. На юге и юго-западе граница проходит по глубоким прогибам палеозойского фундамента. Мощность осадочного чехла бассейна увеличивается к центру прогиба до 1200–1500 м. Породы фундамента представлены метаморфическими, вулканогенными и осадочными образованиями, инъецированными кислыми и основными интрузиями. До глубины 60 м они трещиноваты и разбиты тектоническими разломами на отдельные блоки.

Характерными особенностями Торгайского бассейна, оказывающими большое влияние на водообильность пород, химический состав и минерализацию подземных вод, помимо засушливого климата, являются:

– наличие мощной (до 200 м) регионально распространенной толщи водонепроницаемых глин чеганской свиты, которая разделяет водоносные горизонты на верхние, расположенные выше местного базиса эрозии (долина р. Обаган), и нижние, залегающие ниже местного базиса эрозии и отличающиеся от первых условиями питания, циркуляции, разгрузки и геохимической обстановкой;

– наличие врезанных в чеганские глины погребенных среднеолигоценовых речных долин и оврагов, заполненных разнозернистыми песками, которые дренируют верхние водоносные горизонты и направляют подземные воды к местным очагам разгрузки;

– глубокая врезанность (до 70 м) древней долины р. Обаган, которой дренируются не только верхние, но и самые нижние горизонты подземных вод, имеющие высокую минерализацию.

В верхней части разреза, до водоупорных чеганских глин, распространены воды, пестрые по степени минерализации, ниже чегана – преимущественно солоноватые и соленые с минерализацией до 3–5 г/дм^3 и более [5, 6].

В Торгайском бассейне **(I-5Б)** пластовых вод выделяются водоносные горизонты и комплексы в четвертичных, плиоцен-четвертичных, олигоценовых отложениях.

Толща мезозойских и кайнозойских образований разделяется глинами чеганской свиты мощностью от 10 до 200 м на два гидрогеологических этажа. Верхний этаж содержит грунтовые и субнапорные воды, нижний – напорные межпластовые воды.

Воды верхнего этажа приурочены к четвертичным аллювиальным, озерно-аллювиальным, озерным отложениям, а также к плиоцен-четвертичным и олигоценовым отложениям. Они получают основное питание за счет атмосферных осадков и паводковых вод. На водораздельных участках и в прирусловых зонах речных долин, где отмечается более интенсивный водообмен, распространены пресные и слабосолоноватые гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатно-сульфатные и хлоридно-сульфатные натриевые воды с минерализацией до 3 г/дм^3.

Наиболее водообильными являются *водоносные горизонты аллювиальных современных и верхнечетвертичных-современных отложений* (aQ_{IV}; aQ_{III-IV}), распространенные по долинам рек и временных водотоков. Водовмещающими породами являются крупнозернистые пески и галечники с прослоями суглинков и песчанистых глин. Дебиты отдельных скважин варьируются от 0,04–0,1 до 12,0–15,0 дм^3/с, (скв. 497, 3) но преобладают 3,0–7,0 дм^3/с при понижениях уровня от 2–5 до 37,0 м (скв. 450, 3). Фильтрационные свойства пород высокие. Коэффициенты фильтрации

водовмещающих пород достигают 56 м/сут, составляя в среднем 12–25 м/сут. Минерализация подземных вод изменяется от 0,3 до 75,0 г/дм^3, химический состав изменяется от пресного гидрокарбонатно-сульфатного до хлоридного (скв. 3).

На значительной части буферной зоны западной части канала развит *водоносный горизонт эоловых верхнечетвертичных-современных отложений* (vQ_{III-IV}), состоящий из разнозернистых песков. Подземные воды залегают на глубинах 0,5–5,5 м. Мощность водоносного горизонта изменяется от 2,0–3,0 м до 5,0–18,0 м. Подстилается водоупорными эоценовыми глинами. Расходы скважин изменяются от 0,02 до 1,2 дм^3/с (скв. 133), при понижении от 1,0 до 4,7 м (скв. 39). Коэффициенты фильтрации песков 3,9–6,4 м/сут., водоотдача 12–18%. По химическому составу это пресные (скв. 76, 95) и солоноватые воды гидрокарбонатного типа. Питание подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков.

В пределах многочисленных озерных котловин речных долин распространены *водоносный и локально-водоносный горизонты четвертичных озерно-аллювиальных* (laQ) *и озерных* (lQ) *отложений*. Подземные воды, заключенные в них приурочены к тонко- и мелкозернистым пескам, залегающих среди глин. Породы слабо обводнены расходы скважин 0,1–1,4 дм^3/с (скв. 1, 1701), редко 14,1 дм^3/с (скв. 114), содержат воды повышенной минерализации от 2,1–5,0 (скв. 120, 430) до 20,0–52,0 г/дм^3 (скв. 101) хлоридно-натриевого состава (скв. 4, 17, 39).

Значительным площадным распространением на территории бассейна пользуется *водоносный и локально-водоносный комплекс плиоцен-нижнечетвертичных отложений* (N_2-Q_I), представленный песками, алевритами, супесями и суглинками с редкими прослоями глин. Общая мощность пород комплекса 12–42 м, а эффективная – 6–25 м. Подземные воды грунтовые с глубиной залегания уровня 1–18 м. Производительность скважин невысокая 0,02–1,5 дм^3/с (скв. 81, 46). Минерализация подземных вод изменяется от 0,1 до 55,7,0 г/дм^3 (скв. 7, 49, 46. 81) при гидрокарбонатном (скв. 7), хлоридном и хлоридно-сульфатном натриевом составе (скв. 6, 49), что предопределило их невостребованность в качестве источника водоснабжения. На отдельных локальных участках плиоцен-нижнечетвертичные отложения представлены водонепроницаемыми глинами.

Локально-водоносный комплекс терригенных олигоценовых отложений (P_3) распространен в пределах эрозионных останцов. Общая мощность отложений 20–100 м, эффективная 5–68 м. Водовмещающими породами являются разнозернистые, иногда гравелистые пески, залегающие в виде прослоев среди алевритов и песчанистых глин. Обводненность пород невысокая. Преобладают дебиты скважин 1,5–3,0 дм^3/с. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород составляют 2,0–6,0 м/сут. Минерализация подземных вод изменяется от 0,3 до 20,2 г/дм^3, преобладают слабосолоноватые сульфатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 1,0-3,0 г/дм^3, а также хлоридно-сульфатные (скв. 194, 11). Пресные воды используются для водоснабжения небольших населенных пунктов, а слабосолоноватые – для водопоя скота.

Напорные воды нижнего гидрогеологического этажа, приуроченные к *палеоцен-эоценовым отложениям* (P_{1-2}), состоят из песков, песчаников, опок, алевролитов с прослоями глин, характеризуются преимущественно локальным обводнением, относительно слабым водообменом и четко выраженной зональностью в плане и разрезе. Основное питание напорных подземных вод осуществляется как в прибортовых частях Торгайского прогиба, так и внутри бассейна, где глины чегана отсутствуют и верхние водоносные комплексы гидравлически взаимосвязаны с нижними. Мощность водосодержащих отложений составляет 20–40 м. Песчаные разности пород обладают повышенной водообильностью. Расходы скважин достигают от 0,5–1,7 (скв. 228, 22) до 12,0–20,0 дм^3/с. Минерализация воды – от 0,6-2,3 до 15,6 г/дм^3, сульфатно-гидрокарбонатного, сульфатно-хлоридного и хлоридного состава (скв. 228, 22).

Широким распространением пользуется неогеновые (N) и палеогеновые (P) водоупорные породы, представленные загипсованными глинами и мергелями с окислами железа и марганца. Мощности пород не выдержаны по площади и изменяются от нескольких метров до 40–45 м [5, 6].

Северо-Приаральский бассейн **(I-5A)** пластовых напорных вод ограничен на западе Шалкарским, на востоке – Торгайским бассейнами, на севере – Уралом, на юге – акваторией Аральского моря и Восточно-Приаральским бассейном. Восточная граница с Торгайским бассейном проведена по западному обрамлению юрских мульд Торгайского прогиба. Мощность осадочного чехла увеличивается от нескольких метров в предгорьях Южного Урала до 3000 м в бассейне

Аральского моря. Региональным водоупором являются морские глины чеганской свиты. Поток напорных вод водоносных горизонтов мела направлен с севера, от предгорий Урала, и с юго-востока, от Нижне-Сырдариинского поднятия к Аральскому морю. Часть потока подземных вод разгружается в Ыргызской котловине.

Грунтовые воды приурочены к верхнечетвертичным-современным и плиоцен-нижнечетвертичным отложениям. В связи с неблагоприятными климатическими условиями и особенностями залегания водовмещающих пород формирование пресных подземных вод происходит локально в виде отдельных линз и на сравнительно небольших участках. На остальной же площади распространены в основном слабосолоноватые воды.

Водоносный горизонт эоловых верхнечетвертичных-современных отложений (vQ_{III-IV}) представлен разнозернистыми песками, развит в Приаральских Каракумах. Подземные воды залегают на глубинах 0,5–5,5 м. Мощность обводненной толщи варьируется от 2,0–3,0 м до 5,0–18,0 м. Подстилающими породами преимущественно являются водоупорные эоценовые глины. Дебиты водопунктов изменяются от 0,02 до 0,6 дм^3/с (скв. 29, 18, 12), при понижении от 1,0 до 3,9 м (скв. 6, 18). Коэффициенты фильтрации песков 3,9–6,4 м/сут, водоотдача 12–18 %. Преобладают солоноватые и соленые воды хлоридного и сульфатно-хлоридного типа с минерализацией от 1,4–4,5 до 5,3–9,3 г/дм^3 (скв. 12, 39, 44, 29). Питание подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Локально-водоносный комплекс плиоцен-нижнечетвертичных отложений (N_2-Q_I) получил распространение в пределах песчаных массивов, приурочен к пескам, песчаникам с прослоями алевролитов, супесей, глин. Общая мощность отложений 20–45 м. К сожалению, в буферной зоне канала нет опробования, поэтому нет возможности привести точные гидрогеологические показатели. По аналогии с близко расположенными участками можно охарактеризовать породы как слабо обводненные с дебитами водопунктов в пределах от 0,1 до 1,8 дм^3/с. Эффективная мощность водоносного горизонта 2–10 м. Глубина залегания уровня подземных вод изменяется от 2 до 15 м, в среднем составляя 3–7 м. Коэффициент фильтрации колеблется от 0,3 до 15 м/сут., водопроводимость – 50–1500 м^2/сут. Подземные воды имеют разную минерализацию от 0,6 до 4,8 г/дм^3 гидрокарбонатного и хлоридного натриевого состава.

Мощность *водоносного комплекса верхнетурон-сенонских отложений* (K_2t_2-sn) составляет 80–150 м, глубина залегания подземных вод 100–300 м. В районе Северного Приаралья характеризуется относительно замедленным водообменном подземных вод. Отложения представлены песками мелко- и среднезернистыми с прослоями глин и алевролитов.

Преимущественное залегание грунтовых вод здесь 10–14 м. По химическому составу преобладают хлоридные натриевые воды. Температура вод – от 18^{0}С на глубине 184 м, до 37^{0}С на глубине 530–690 м.

Дебиты скважин 002–18,2 дм^3/с (скв. 105, 2788, 35). Коэффициенты водопроводимости не превышают 200 м^2/сут. Минерализация воды колеблется от 1,5 до 7,9 г/дм^3, при понижении 2,0–29,5 м. По типу воды сульфатно-хлоридного, гидрокарбонатно-сульфатного состава.

Основное питание водоносных комплексов осуществляется в прибортовых частях Северо-Приаральского прогиба и внутри бассейна, где глины чегана ($Р_{2-3}$čg) отсутствуют, и наблюдается гидравлическая связь между верхними и ниже залегающими водоносными комплексами. Использование подземных вод меловых отложений ограничено ввиду их глубокого залегания и высокой минерализации. В то же время они могут найти применение в бальнеологии.

На территории Северо-Приаральского бассейна почти повсеместное распространение получили водоупорные породы палеогена (Р). Мощность тонкослоистых загипсованных глин изменяется от 50 до 250 м [5, 6].

Южная часть буферной зоны канала проходит по территории **Восточно-Приаральского (I-4А)** бассейна пластовых и блоково-пластовых напорных вод, который занимает северо-западную часть Сырдариинской впадины, непосредственно прилегающую к Аральскому морю. Границами бассейна на западе и юго-западе служит Амударьинский тектонический вал, на юго-востоке – складчатая система Центральных Кызылкумов, на востоке – Аккырско-Кумкалинская седловина. Мощность осадочного чехла артезианского бассейна не превышает 1500 м. Поток напорных нисходяще-восходящих вод мезозоя направлен с востока на запад в сторону Аральского моря. Местными базисами разгрузки служат бессточные котловины и долина р. Сырдария [1-4].

Основные ресурсы подземных вод приурочены к четвертичным аллювиальным, неоген-четвертичным водоносным комплексам, разделенным между собой палеоцен-миоценовым региональным водоупором.

В аллювиальных образованиях р. Сырдария получил распространение *водоносный комплекс современных четвертичных аллювиальных отложений* (aQ_{IV}), имеющий ширину 4 километра и более. Водовмещающие породы представлены средне- и мелкозернистыми песками, переслаивающимися с линзами и прослоями глин, суглинков и супесей. Общая мощность аллювия – от 5 до 10 м. Подземные воды безнапорные и лишь на отдельных участках, где водовмещающие породы перекрыты суглинками и глинами, они приобретают небольшой напор. Глубина залегания зеркала грунтовых вод колеблется от 1–5 до 10 м. Водоносный горизонт характеризуется невысокой водообильностью. Дебиты скважин – 0,2–0,9 дм^3/с (скв. 122, 263). Коэффициент фильтрации в среднем составляет 1,4 м/сут. Процессы континентального засоления обусловили высокую минерализацию вод 6,4–37,5 г/дм^3 (скв. 122, 263) при хлоридно-сульфатном натриевом составе. Лишь на отдельных участках в пойменной части долины р. Сырдария встречаются линзы пресных гидрокарбонатных кальциевых вод, используемые для водоснабжения и водопоя скота.

Водоносный горизонт эоловых верхнечетвертичных-современных отложений (vQ_{III-IV}) представлен разнозернистыми песками, развит в Приаральских Каракумах. Пески имеют мощность от 5 до 30 м. Подземные воды залегают на глубинах 0,5–5,5 м в виде отдельных линз. Наиболее близкое залегание их отмечается в котловинах выдувания. Мощность обводненной толщи варьируется от 2,0–3,0 м до 5,0–18,0 м. Подстилающими породами преимущественно являются водоупорные эоценовые глины. Дебиты водопунктов низкие, доходят до 0,02–0,4 дм^3/с (скв. 10, 59), при понижении 2,7 м (скв. 59). Коэффициенты фильтрации тонкозернистых песков 0,007–0,01 м/сут., крупнозернистых – до 5 м/сут., водоотдача 12–18%. Минерализация воды – от 0,3–3,3 г/дм^3 до 6,7–48,0 г/дм^3 (скв. 10, 596, 160). Преобладают соленые воды и рассолы хлоридного и сульфатно-хлоридного натриево-магниевого типа. Широкий диапазон минерализации обусловлен разными фильтрационными свойствами отложений, засоленностью подстилающих пород. Питание подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Подземные воды песчаных эоловых отложений разгружаются за счет испарения, стока в межгрядовые понижения и транспирации растительностью. Линзы пресных вод могут быть использованы для временного водоснабжения трубчатыми колодцами.

Водоносный и локально-водоносный комплекс плиоцен-нижнечетвертичных отложений (N_2-Q_I) развит практически на всей территории Восточно-Приаральского бассейна, состоят из глин (20–50 м) и песков (меньше 5 м). С поверхности они почти повсеместно перекрыты эоловыми песками, кроме вершин останцов. Обладают хорошими фильтрационными свойствами и способствующими накоплению конденсационных вод. Однако, вследствие неглубокого залегания водоупора, отложения часто бывают сдренированы. Водовмещающие породы представлены разнозернистыми песками. Мощность обводненной толщи колеблется от 0,2 до 47 м. Коэффициенты фильтрации изменяются от 0,1–1,0 м/сут. до 3–7 м/сут. Дебиты скважин в Приаралье обычно не превышают 0,6 дм^3/с, при понижении 1,4-2,5 м. Минерализация и химический состав вод пестрые – 1,5–9,5 г/дм^3 сульфатного, хлоридно-сульфатного состава (скв. 169, 60).

Водоупорные породы палеогена и неогена (Ꝑ, N) сформировались в условиях открытого морского бассейна, существовавшего на территории бассейна вплоть до плиоцена. Глубина залегания кровли водоупора определяется мощностью плиоцен-четвертичных отложений и составляет 10–180 м. Отложения миоцена на большей части Восточного Приаралья отсутствуют и лишь на юге они распространены локально. Многочисленные выходы палеогеновых глин на дневную поверхность картируются по периферии Нижне-Сырдарьинского свода.

Изменение гидрогеологических условий территории предполагаемого «Трансказахстанского» канала. Строительство и эксплуатация Трансказахстанского канала неизбежно повлечет за собой существенные изменения природных условий, прежде всего гидрогеологических и инженерно-геологических в зоне его влияния. Необходимость оценки изменений, освоение прилегающих к каналу территорий, решение вопросов превентивной защиты от нежелательных процессов и явлений требуют заблаговременных прогнозов по различным вариантам условий работы магистрального канала.

В большинстве случаев неблагоприятные последствия будут вызваны изменением гидрогеологической обстановки, являющейся важнейшим фактором инженерно-геологических условий. Изменения начнутся уже в период строительства канала, а наиболее широко они активизируются во время эксплуатации. Прогнозируемые гидрогеологические изменения определяются по соотношению уровня грунтовых вод с проектируемым уровнем воды в канале.

Комплексный анализ территории (степень расчлененности поверхности буферной полосы, литологический состав и свойства покровных отложений, глубина залегания уровня грунтовых вод, уровня воды в канале) и количественных данных подпора или дренажа позволит определить участки возможного засоления, заболачивания, затопления.

При анализе принимается во внимание степень современного заболачивания, засоления, направленность их развития, а также развитие существующих озерных водоемов.

Изменения на этапе строительства. В процессе строительства в основном будут возникать локальные изменения, которые могут значительно осложнить проходку канала. Каналом будут вскрываться аллювиальные отложения реки Обаган (лист 7). Аллювиальные отложения представлены связными осадками и линзами водонасыщенных часто глинистых песков. При вскрытии водонасыщенных песков следует ожидать возникновения процессов оплывания песков в выемку канала. Плывунные явления могут сопровождаться оседанием покровных отложений в откосах канала. На участках переслаивания водонасыщенных и супесчаных глинистых отложений возможно образование суффозионных воронок вблизи канала. После пуска воды по каналу эти процессы могут прекратиться в связи с подпором грунтовых вод.

В Приаральских Каракумах канал пересекает массивы эоловых песков на большом протяжении. Глубина залегания грунтовых вод здесь преимущественно 5–10 м. На значительной части территории канал прорезает эоловые отложения на всю их мощность, до водоупора. Приток грунтовых вод в выемку и строительные котлованы будет сопровождаться выносом мелкопесчаных и пылеватых частиц, плывунно-суффозионными явлениями в бортах канала.

Осушение песков активизирует эоловые процессы вблизи выемки канала, что будет способствовать переносу сильными ветрами песка и засыпанию траншеи.

На участке Жусалинского поднятия канал проходит в верхнетурон-сенонских отложениях меловой системы, представленными переслаивающимися песками, глинами, алевролитами. Преимущественное залегание грунтовых вод здесь 10–14 м. Поэтому только на отдельных участках можно ожидать суффозионные выносы песчаных отложений грунтовыми водами в выемку канала. После ввода в действие канала здесь ожидаются значительные потери на фильтрацию в меловые отложения. На основной части буферной зоны канала существенных гидрогеологических изменений в период строительства не произойдет. Так как в южной части Торгайской ложбины канал будет проходить преимущественно по безводным водоупорным глинам палеогена [7, 8].

Изменения при постоянной эксплуатации канала. Начало эксплуатации канала обусловит значительные изменения гидрогеологических условий, причем произойдут они на больших по площади территориях.

В северной части Торгайской ложбины трасса канала проходит по террасам р. Обаган (рисунок). На этом отрезке покровные отложения долины р. Обаган представлены четвертичными аллювиально-озерными глинистыми песками, залегающими среди суглинков, супесей и глин. Здесь в результате дренажа и понижения уровня грунтовых вод вблизи канала, в супесях могут формироваться суффозионные воронки. Стабилизированные суффозионные воронки отмечаются в настоящее время. Суффозионные выносы песка в канал из водонасыщенных песчаных линз и пропластков могут обусловливать проседание вышележащих отложений в откосах канала. В районе русла Обаган возможен подпор грунтовых вод, что может привести к засолению, в меньшей степени заболачиванию в зоне влияния канала. В зону затопления могут попасть все озера, притоки и межозерные понижения, тянущиеся цепочкой в южном направлении.

К западу от предполагаемой трассы канала в районе оз. Кусмурын, грунтовые воды и фильтрационные воды будут выклиниваться в озеро. В связи с этим уровень воды поднимется, и береговая полоса попадает в зону подтопления (рисунок). Усилятся процессы засоления, получит распространение процесс болотообразования.

В районе р. Теректы понижение уровня грунтовых вод достигнет 7–12 м, что вызовет улучшение мелиоративных условий грунтов (лист 8). В начале мелкие озера постепенно будут осушаться с последующим развитием луговин и заболоченностей. Высыханию подвергнутся крупные Наурызымские озера. Глубокий дренаж и, как следствие, осушение болот и озер, негативно отразится на экологических условиях флоры и фауны Наурызымского заповедника.

В тех местах, где предполагаемый канал будет врезаться в глины палеогена, будут создаваться участки с условиями для подпора подземных вод.

Глубокие врезы долины р. Торгай и его крупных притоков будут служить региональными дренами. Здесь может возникнуть зона подтопления, в полосе 5–10 км будут происходить процессы засоления и заболачивания в местных депрессиях рельефа.

В Приаральских Каракумах, если проектируемый уровень воды в канале в зависимости от рельефа будет ниже поверхности земли на 10–20 м, а уровень грунтовых вод до 10 м выше уровня воды в канале, то в данной части канала ожидается дренаж, осушение эоловых песков. Как следствие этого – интенсивное развитие эоловых процессов (дефляция, аккумуляция).

В случае если уровень воды в канале будет выше поверхности земли, то здесь ожидается подпор грунтовых вод с широким развитием процессов засолении, подтопления.

В части территории буфера, где трасса предполагаемого канала пересекает Жусалинское поднятие, сложенного песками и глинами верхнетурон-сенонского возраста ожидаются значительные потери воды из канала, которые будут уходить вглубь отложений. Удельные фильтрационные потери на 1 погонный километр предполагается около 42 $дм^3/с$ [7-10].

Заключение. В связи со строительством предполагаемого «Трансказахстанского» канала в пределах зоны его влияния произойдут значительные гидрогеологические изменения и возникнут качественно новые процессы. В результате подпора (гидростатического давления) водами канала, уровень грунтовых вод повысится от 3–3,5 м в Торгайской ложбине, до 2–2,5 м в песчаных массивах Приаральских Каракумов. Поэтому здесь возникнут гидрогеологические изменения с развитием многих неблагоприятных геологических процессов. Особенно велико ожидается развитие процессов засоления, заболачивания, подтопления, захватывающих почти всю территорию Торгайской ложбины. Около оз. Кусмурын ожидается развитие процессов дренажа. Уровень грунтовых вод вблизи канала будет понижен до 12 м. Значительная часть озер и болот в зоне влияния канала пересохнет. В Приаральских Каракумах ожидается дренаж и понижение уровня грунтовых вод, что вызовет активизацию эоловых процессов. В наиболее пониженной части Приаральских Каракумов наоборот ожидается процессов засоления, заболачивания, подтопления. На Жусалинском поднятии ожидаются фильтрационные потери, которые будут уходить на пополнение водоносных горизонтов верхнемеловых отложений. Нежелательное развитие процессов подтопления и заболачивания во многих случаях можно будет ограничить и локализовать проведением защитных мероприятий (дамбы обвалования, дренаж). В пусковой и эксплуатационный период большое значение будет иметь недопущение сбросов и прорывов воды. Наиболее негативные последствия следует ожидать в случае строительства очередями. Опыт эксплуатации многих обводнительных каналов убеждает, что расширение его с целью увеличения пропускной способности влечет за собой весьма значительную активизацию многих экзогенных процессов [9, 10].

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гидрогеологическая карта Казахстана: Пояснительная записка к гидрогеологической карте Казахстана масштаба 1:1 000 000 / Смоляр В.А., Нестеркина Н.В., Буров Б.В., Кокшетау, 2004. – 200 с .

[2] Веселов В.В., Сыдыков Ж.С. Гидрогеология Казахстана. – Алматы, 2004. – 484 с.

[3] Сыдыков Ж.С., Шлыгина В.Ф. Подземные воды Казахстана. Структурно-гидрогеологическая основа и систематика. – Алма-Ата: Издательство «Гылым», 1998. – 344 с.

[4] Условные обозначения к гидрогеологической карте Казахстана масштаба 1:500 000. Гос. Комитет Казахской ССР по геологии и охране недр. ЦГГЭ. – Алматы, 1991.

[5] Гидрогеологическая карта Казахской ССР. Масштаб 1: 200 000. – М. Недра, 1973–1979 гг.

[6] Геологическая карта СССР (объяснительная записка) масштаба 1:200 000. – М. Недра, 1962–1979 гг.

[7] Инженерная геология СССР. – Т. 6. – М.: Изд-во Москва ун-та, 1977. – 296 с.

[8] Инженерная геология СССР. Урал, Таймыр и Казахская складчатая страна / Под ред. И. А. Печеркина, С. Г. Дубейковского, В. П. Бочкарева. – 1990. – № 6. – С. 240-249, 324-340.

[9] Канал Иртыш-Караганда Инженерно-геологические условия. – Гл. ред. академик К. И. Сатпаев. – Алма-Ата, Наука, 1965. – 167 с.

[10] Гидрогеологические условия Казахстана (Прогноз возможных их изменений в Тургайской впадине и Западных Кызылкумах в результате переброски части стока Сибирских рек). – Алма-Ата: Издательство «Наука» Казахской ССР, 1975. – 256 с.

REFERENCES

[1] Hydrogeological map of Kazakhstan: Explanatory note to the hydrogeological map of Kazakhstan of the scale 1: 1 000 000 / Smolyar V.A., Nesterkina N.V., Burov B.V., Kokshetau, 2004. 200 p. (in Russian)

[2] Veselov V.V., Sydykov Zh.S. Hydrogeology of Kazakhstan. Almaty, 2004. 484 p. (in Russian)

[3] Sydykov Zh.S., Shlygina V.F. Underground waters of Kazakhstan. Structural-hydrogeological basis and taxonomy. Alma-Ata: Publishing house "Gylym", 1998. 344 p. (in Russian)

[4] Legend to the hydrogeological map of Kazakhstan, scale 1: 500 000. State Committee of the Kazakh SSR on Geology and Conservation of Subsoil. CHGE. Almaty, 1991 (in Russian)

[5] Hydrogeological map of the Kazakh SSR. Scale 1: 200 000. M.: Nedra, 1973–1979 (in Russian)

[6] Geological map of the USSR (explanatory note) of scale 1: 200 000. M.: Nedra, 1962–1979 years. (in Russian)

[7] Engineering geology of the USSR. Vol. 6. M.: Publishing House of Moscow University, 1977. 296 p. (in Russian)

[8] Engineering geology of the USSR. Ural, Taimyr and the Kazakh folded country / Under Ed. Pecherkina I.A., Dubeykovskogo S.G., Bochkareva V.P. 1990. N 6. P. 240-249, 324-340. (in Russian)

[9] The Irtysh-Karaganda Canal Engineering geological conditions. Ch. Ed. Academician K. I. Satpayev. Alma-Ata: Science, 1965. 167 p. (in Russian)

[10] Hydrogeological conditions of Kazakhstan (Forecast of possible their changes in the Turgai basin and the Western Kyzyl Kum as a result of the transfer of part of the runoff of the Siberian rivers). Alma-Ata: Nauka Publishers of the Kazakh SSR, 1975. 256 p. (in Russian)

А. Н. Митрофанова, Р. Ш. Калита, Ж. М. Шарапханова

«География институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан

ҮШІНШІ КЕЗЕКТЕГІ ЖОБАЛЫҚ «ТРАНСҚАЗАҚСТАН» КАНАЛЫНЫҢ БУФЕРЛІК ЗОНА АУМАҒЫНЫҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ

Аннотация. Жобалық «Трансқазақстан» каналының құрылысына аз күрделі қаржы жұмсау арқылы едәуір экономикалық нәтиже алу үшін, сонымен қатар каналдың трассасын жергілікті жерге, нақты физикалық-географиялық жағдайларға бекіту мен дұрыс жоспарлау және неғұрлым оңтайлы шешімдер қабылдау үшін гидрогеологиялық жағдайларды зерттеу қажет.

Зерттеліп отырған аумақтағы жер асты суларының таралуының негізгі заңдылықтары 1:500 000 масштабтағы гидрогеологиялық картамен біріктірілген және жобалық «Трансқазақстан» каналы аумағының бойымен өтетін, ені 20 км болатын жолақ түрінде құрастырылған 1:200 000 масштабтағы гидрогеологиялық негізбен нақтыланған сандық топографиялық негізде көрсетілді. Карта осы кең аумақтағы гидрогеологиялық жағдайлар бойынша жалпы түсінік береді. Онда бір бірінен қара контур арқылы ажыратылған, ауданы бойынша біршама кең таралған сулы қабаттар мен кешендер көрсетілген, олар туралы негізгі мәліметтер төменде берілген. Сулы қабаттар мен кешендердің сипаттамасы канал трассасының жіңішке буфер жолағында көрсетілгеннен гөрі мәтінде біршама кең түсіндірілген.

Картаға түсіруде элеметтерді бейнелеудің стратиграфиялық-гидрогеологиялық қағидасы қолданылды. Картаның ақпараттылығы мен оның оқылуын арттыру мақсатында зеттеліп отырған алаптың ұңғымалары бойынша сулы қабаттар мен кешендердің негізгі көрсеткіштерін көрсетуге мүмкіндік беретін гидрогеологиялық ақпараттың көмегімен бөлімшелерді сипаттау әдісі пайдаланылды. Ұңғымалардың айналасындағы сандар келесілерді білдіреді – үстінде нөмір және дефис арқылы сусыймдылықты жыныстар; сол жағында алымында – бір секундта ағып өтетін текше метрмен өлшенетін дебит (дм^3/с), бөлімінде – метрмен көрсетілетін ұңғымадағы су деңгейінің тереңдігі (м); оң жағында алымында – метрмен көрсетілетін ұңғымадағы су деңгейінің нақты тереңдігі (м), бөлімінде – бір текше дециметрдегі, граммен өлшенетін судың минерализациясы (г/дм^3). Жер асты суларының химиялық құрамы түрлі түстермен берілген: хлор – қызыл, сульфат – сары, гидрокарбонат анионының басымдылығы – көк. Сулы қабаттар мен кешендерді бөлу жасын, біртектігін немесе жасы бойынша жақындығын, фациалдық-литологиялық құрамын және тау жыныстары қабаттарының гидрогеологиялық қасиеттерін есепке алу арқылы жүргізілді. Оларға ұштасқан жер асты сулары зерттеліп отырған аумақтың барлық аумағы бойынша барлық жерде таралған. Литологиялық құрамы мен сусыймдылықты жыныстарының өткізгіштігі бойынша жақын, сондай-ақ әр түрлі, алайда біріккен жалпы гидродинамикалық сипаттамаларға, оның ішінде қысымның көлемі, жер асты суларының қозғалысының бағыттары, олардың сапасы мен айқын өзара гидравликалық байланысқа ие бірнеше сулы қабаттар *сулы кешендерге* біріктірілді. Зерттеу аймағында белгілі бір стратиграфиялық бөлімшелердің шегінде жер асты сулары барлық жерде бірдей таралмай, тек жеке линзалар, оқшауланған қабатшалар түрінде кездесетін аумақтарда *жергілікті-сулы қабаттар мен кешендер* аумақтары бөлінді. Бұл жағдайда жер асты сулары жеке ұңғымалар ретінде болады, ал сусыймдылықты жыныстар қабаттарының арасында гидравликалық байланыс болмайды.

Түйін сөздер: гидрогеология, сулы қабат, сулы кешен, алап, аллювийлік, көлдік-аллювийлік, көлдік және эолдық шөгінділер, минерализация, дебит, сүзілу коэффициенті.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 91 – 97

S. V. Osipov, Y. N. Livinsky, A. M. Ermenbay

Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: osvosv@rambler.ru; livinskii_yur@mail.ru; ms.ermenbay@mail.ru

FORECAST RESOURCES OF UNDERGROUND WATERS OF THE AKMOLA REGION

Abstract. In water scarce districts of the Akmola region the areas were revealed, perspective for carrying out exploration on underground waters and the card of forecast resources of underground waters of the Akmola region of scale 1:1 000 000 is constituted.

As the main methods of researches are used: decryption of satellite images using cloudless fragments of space pictures of Landsat-8 from 2013 for 2016. In case of decryption of satellite images of the Akmola region comic pictures of the territory on 6 sites are processed.

For confirmation of results of decryption the analysis and generalization of results of earlier performed works on the published and share materials is made. And also on, field works on studying of hydrogeological and geo-ecological features of the territory are carried out.

Allocation of the areas and sites, perspective for production of search and prospecting works on underground waters is as a result executed. Assessment of natural resources and inventories of the main water-bearing horizons, and also forecast resources of underground waters on prospective areas is made. The purpose of works was improvement of providing settlements of the Akmola region by inventories of high-quality drinking water in the conditions of the increasing deficit of water resources.

Results of work are directed to increase in efficiency of exploration on underground waters in the Republic of Kazakhstan in case of a program implementation of providing rural settlements with drinking water – «Akbulak», and also the «Development of a Mineral and Raw Complex» in the Republic of Kazakhstan" programs.

The received results can be the basis for carrying out research works in the similar territories of the Republic of Kazakhstan and other areas of Central Asia, will undoubtedly exert positive impact on further enhancement of a technique of assessment of forecast resources of underground waters, will lead to increase in efficiency of exploration.

Keywords: forecast resources, natural resources and inventories, prospective areas, remote sensing.

УДК.556.38;38.61.31

С. В. Осипов, Ю. Н. Ливинский, А. М. Ерменбай

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

ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Абстракт. В вододефицитных районах Акмолинской области были выявлены перспективные площади для проведения поисково-разведочных работ на подземные воды и составлена карта прогнозных ресурсов подземных вод Акмолинской области масштаба 1:1 000 000.

В качестве основных научных методов исследований использованы: анализ и обобщение опубликованных и фондовых материалов по результатам ранее выполненных работ, дешифрирование космоснимков; проведение полевых работ по изучению гидрогеологических и геоэкологических особенностей территории.

В результате произведено выделение площадей и участков, перспективных для производства поисково-разведочных работ. Произведена оценка естественных ресурсов и запасов, а также прогнозных ресурсов под-

земных вод перспективных площадей, с целью улучшения обеспечения населенных пунктов Акмолинской области запасами качественной питьевой воды и сокращения нарастающего дефицита водных ресурсов.

Результаты направлены на повышение эффективности поисково-разведочных работ на подземные воды в Республике Казахстан при реализации программ «Акбулак» и «Развитие минерально-сырьевого комплекса в Республике Казахстан». Опыт, полученный в процессе выполнения, может быть применен для выявления перспективных площадей и оценки прогнозных ресурсов подземных вод в других вододефицитных регионах с целью обеспечения устойчивого питьевого водоснабжения населения.

Значимость в международном масштабе заключается в использовании методов дистанционного зондирования Земли применительно к оценке ресурсов пресных подземных вод на территории Акмолинской области, как составной части водного потенциала Средней Азии.

Полученные результаты могут являться основанием для проведения научно-исследовательских работ на аналогичных территориях Республики Казахстан и других районах Средней Азии, несомненно окажут положительное влияние на дальнейшее совершенствование методики оценки прогнозных ресурсов подземных вод, приведут к повышению эффективности поисково-разведочных работ.

Ключевые слова: прогнозные ресурсы, естественные ресурсы и запасы, перспективные площади, дистанционное зондирование.

Введение. Наиболее острой проблемой в Казахстане является обеспечение населения качественной питьевой водой. Целый ряд регионов, в том числе. Северный Казахстан испытывает в ней острую потребность. В связи с этим исключительную роль в обеспечении этих регионов качественной питьевой водой играют подземные воды, так как они наиболее защищены от загрязнения, имеют повсеместное распространение. Необходимо более широкое их использование, чтобы существенно снизить остроту проблемы доступа населения к качественной питьевой воде. В связи с этим в пределах данного региона проведены научные исследования по выявлению перспективных площадей для проведения поисково-разведочных на воду работ и оценке ресурсов подземных вод. В процессе исследований использовалась методика оценки прогнозных ресурсов подземных вод, а также методы дистанционного зондирования Земли. С помощью этих методов выявлены площади, наиболее перспективные для разведки новых месторождений питьевых подземных вод.

Методы. Дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли (космоснимков) осуществлено на шести участках в Акмолинской области. Позиционирование сцен (путь, ряд) представлено в соответствии с системой индексации WRS-2 (WorldwideReferenceSystem) для траектории спутника Landsat-8.

С целью дешифрирования и повышения информативности данных дистанционного зондирование Земли были проведены спектральные преобразования исходных космоснимков, представленные для Акмолинской области RGB-композит в псевдонатуральных цветах.

Дешифрирование данных дистанционного зондирование Земли и расчет распределения и ориентации мелких линейных элементов космоснимка выполнены на основе текстуры среднего инфракрасного канала SWIR1 спектрального диапазона 1560–1660 нм.

Поиски, разведка пресных и слабосолоноватых подземных вод, изучение режима, условий эксплуатации позволили в последние годы существенно увеличить их применение для водоснабжения городов, промышленных предприятий, районных и хозяйственных центров, малых поселков [1].

Акмолинская область по гидрогеологическому районированию относится к Центрально-Казахстанской системе бассейнов трещинных вод и охватывает Центрально-Казахстанский мелкосопочник, который на севере и северо-востоке примыкает к Ишим-Иртышской системе артезианских бассейнов, на востоке ограничивается Чингиз-Тарбагатайским бассейном трещинных вод, на юге Алаколь-Балхашской и Чу-Илийской системами артезианских бассейнов, на юго-западе Чу-Сарысуйской, а на западе Арало-Торгайской и Тобольской системами артезианских бассейнов [2].

Распределение пресных и слабосолоноватых подземных вод в недрах Акмолинской области крайне неравномерно и зависит от геологического строения, гидрогеологических и климатических условий территории: распределения выпадающих осадков, рельефа местности и т.д.

На территории Акмолинской области можно выделить 3 региона по обеспеченности естественными запасами и ресурсами подземных вод:

1. Относительно обеспеченный регион – Балкашинский, север Атбасарского, Макинский, север Астраханского (правобережье р. Есиль), Есильский, Державинский и Аршалинский административные районы [3].

2. Слабо обеспеченный регион – территории Селетинского, Шортандинского, Акмолинского, Алексеевского, Ерейментауского районов[3].

3. Необеспеченный регион – районы, расположенные на площади развития Тенизской впадины: юг Атбасарского, юг Астраханского (левобережье р. Есиль), Кургальджинский и Егиндикольский. Здесь водообильность пород невысока, развит застойный режим подземных вод и, как правило, формируются соленые воды с минерализацией более 10 г/дм^3, не пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения[3].

Распределение ресурсов внутри выделенных регионов также неравномерно. Так, территория Кургальджинского района практически вся бесперспективна на пресные подземные воды питьевого качества, однако в долине р. Нура эксплуатируется единственное и уникальное для всей области Нуринское месторождение, обеспечивающее четыре совершенно безводных района: Кургальджинский, Егиндикольский, юг Атбасарского и юг Астраханского [3].

В Акмолинской области наибольший практический интерес представляют следующие водоносные горизонты и комплексы:

1. Водоносные горизонты среднечетвертичных и современных аллювиальных отложений (aQ_{II-IV}).

2. Водоносный комплекс верхнедевон-нижнекаменноугольных трещинно-карстовых карбонатных пород (D_3-C_1).

3. Водоносные зоны трещиноватости эффузивно-осадочных пород палеозоя (PZ).

4. Водоносные зоны трещиноватости интрузивных пород (γ).

Дальнейшие исследования по выявлению дополнительных ресурсов подземных вод необходимо направить на изучение речных долин, особо обращая внимание на погребенные долины, а также до сих пор слабо изученные карбонатные структуры и обводненные зоны тектонических разломов в породах палеозоя.

В результате гидрогеологических обобщающих исследований и проведения планомерных работ по поискам и разведке месторождений подземных вод в последние десятилетия была получена дополнительная информация, которая использована в данной работе. С использованием этой информации и результатов дешифрирования космоснимков составлена карта перспективных участков Акмолинской области.

Для областей и районов выхода на поверхность кристаллического фундамента, где пространственно выдержанные водоносные горизонты (комплексы) отсутствуют и обводненными являются лишь верхние трещиноватые зоны выветривания, особое внимание уделялось оценке в них естественных (возобновляемых) ресурсов пресных вод, широко используемых для хозпитьевого водоснабжения населения. Среди них повышенную водообильность имеют интрузивные массивы (таблица). Все локально распространенные маломощные, слабо водообильные водоносные горизонты с водой низкого качества в работе не рассматривались.

Составлена также карта прогнозных ресурсов подземных вод Акмолинской области. В основу составления карты положено изданная карта гидрогеологическая карта Казахстана масштаба 1 : 1 000 000. По методике и содержанию представленная карта не дублирует подобные работы, отличается наименьшей загруженностью, легко читаема, так как на ней отражены только необходимые параметры.

Методика оценки прогнозных ресурсов подземных вод во многом предопределялась геолого-структурными и гидрогеологическими условиями. В методологическом плане прогнозные ресурсы подземных вод включают в себя естественные запасы и ресурсы подземных вод. Важным вопросом при решении прогнозных задач и их достоверности является обоснование расчетных гидрогеологических параметров. В данной работе использовались гидрогеологические расчетные параметры, полученные при разведке месторождений. Такой подход обусловил возможность применения при прогнозе метода «натурных аналогий».

Оценка прогнозных ресурсов подземных вод произведена с учетом минерализации подземных вод, изменяющейся на конкретной исследуемой территории в нижеследующих пределах: до 1 г/дм^3

Оценка прогнозных ресурсов подземных вод по водоносным горизонтам и комплексам Акмолинской области

Водоносные горизонты и комплексы		Общая минерализация, г/дм^3	Расчетные гидрогеологические параметры					Глубина залегания вод горизонта, м	Расчетная площадь, км^2	Модули, дм^3/с·км^2			Прогнозные ресурсы, тыс.м^3/сут / м^3/с
			мощность, м	коэфф. фильтр, м/сут	коэфф. водоотдачи	коэфф. уровнепр., м^2/сут	амплитуда колебания уровня, м			естеств. запасов Ме	естеств. ресурсов Мр	суммарный	
Аллювиальные долины рек	р. Нура	1-3	10-12	80- 100	0,15	$(2\text{-}4)\cdot10^3$	0,4	до 5	830	2,5	2,0	4,5	
	р. Есиль	1-3	6,5	25	0,15	$1,0\cdot10^3$	0,25	до 5	1140	0,2	322,7 / 3,74	1,4	137,8 / 1,60
	Притоки р.Есиль: р. Колутон, р. Жабай, р. Терсаккан	до 2,5	4-5	40	0,1	$1,5\cdot10^3$	0,5-0,1	до 5	1310	0,2	0,8	1,0	113,1 / 1,31
	Притоки р. Ертис: р. Селеты, р. Оленты	2-3	4-6	10-12	0,1	$1,5\cdot10^3$	0,1	до 5	1116	0,2	0,3	0,5	48,21 / 0,56
Карбонатные структуры девон-карбона		1-3	100	10-15	0,02-0,05	1000-2000	0,1	до 30	5347	0,2	0,8	1,0	461,98 / 5,35
Палеозойские отложения		1-2	30-40	1-3	0,05-0.01	$2\cdot10^3$	1	до 15	85704	–	0,15	0,15	1110,72 / 12,86
Интрузивные массивы		0,5-1,0	50	1-5	0,008-0,015	200-1000	1,0	до 15	21420	–	0,2	0,2	370,13 / 4,28
Всего по области													2564,81 / 29,70

и 1–3 г/дм^3. Воды такого качества могут быть использованы для водоснабжения и орошения земель.

Модули прогнозных ресурсов выражают среднее количество воды, формирующееся дм^3/с на 1 км^2 площади распространения водоносного горизонта (комплекса). Основным расчетным показателем ресурсов приняты модули, состоящие из суммы, учитывающей сработку емкостных (M_e) и возобновляемых ресурсов (M_p) подземных вод:

$$M = M_e + M_p. \quad (1)$$

Если горизонт безнапорный и водоотбор рассчитан не только на естественные (возобновляемые) ресурсы , но и на сработку определенной части емкостных запасов пласта, при снижении уровня воды не более половины мощности горизонта грунтовых вод, применялась формула:

$$M = \frac{0{,}48KmS\max}{505 + 0{,}75a}. \quad (2)$$

При оценке прогнозных ресурсов трещинных вод учитывались лишь их естественные ресурсы, то есть ежегодно возобновляемая инфильтрующаяся часть атмосферных осадков, с применением следующей формулы:

$$M = 0{,}64 \cdot \mu \cdot S_{max}. \quad (3)$$

При наличии данных о режиме подземных вод трещинных коллекторов или других неглубокозалегающих горизонтов применялась следующая формула для определения модуля естественных ресурсов:

$$M_p = 31{,}7 \cdot \Delta h \cdot \mu. \quad (4)$$

Результаты работ. Основные результаты научно-исследовательской работы:

1. После обработки и анализа обширного фондового материала установлены объемы разведанных (эксплуатационных) запасов и прогнозных ресурсов подземных вод по административным районам с учетом проведенных в последние годы поисково-разведочных работ для водоснабжения сельских населенных пунктов, переоценки эксплуатационных запасов месторождений для водоснабжения городов.

Общая величина утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод Акмолинской области составляет 359,589 тыс. м^3/сут [4].

Общая величина прогнозных ресурсов подземных вод Акмолинской области составляет 2564,81 тыс. м^3/сут [таблица 1].

2. По результатам проведенных исследований установлена величина использования подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения Акмолинской области. В целом по территории области использование подземных вод составляет для хозяйственно-питьевого водоснабжения 11,79 тыс. м^3/сут.

Потребность в питьевой воде на 2020 г (тыс. м^3/сут) городского населения по Акмолинской области – 144,3, для сельского населения – 47,3 [5].

3. Расчет перспективной потребности в питьевой воде – прогноз водопотребления подземных вод на 2020 и 2030 г.г. осуществлен с учетом изменения норм водопотребления городского населения в сторону снижения, а сельского в сторону увеличения [5], на основе тенденции роста общего водопотребления в связи с ростом численности населения и улучшением состояния водохозяйственной инфраструктуры, а также с учетом перспективных планов развития отраслей экономики в разрезе административных областей, согласно генеральной схемы организации территорий Республики Казахстан (2013 г.).

Перспективная потребность городского населения в питьевой воде (тыс. м^3/сут) по Акмолинской области на 2030 г. – 126,7, сельского населения – 55,1 [5].

4. В изученном регионе в гидрогеологическом отношении наиболее перспективными участками для проведения поисково-разведочных работ и организации централизованного водоснабжения являются аллювиальные отложения современных речных долин, включая локальные более древние погребенные участки. В данном случае в первую очередь следует выделить речные

долины Нура и Есиль с производительностью одиночных или групповых водозаборов в пределах 1–5 дм^3/с. Менее водоносным является аллювий речных долин Жабай, Колутон и др. для которых характерна производительность водозаборов в пределах 0,1–1 дм^3/с, что вполне достаточно для водоснабжения отдельных хозяйств с водопотребностью до 1 дм^3/с. Подземные воды аллювиальных отложений в большинстве своем пресные с минерализацией до 1 г/дм^3, реже до 1,5–2 г/дм^3.

В практическом отношении для проведения поисково-разведочных работ несомненный практический интерес представляют субнапорные воды мезо-кайнозоя, а также трещинно-карстовые воды карбонатных структур.

5. Оценены прогнозные ресурсы подземных вод. При оценке прогнозных ресурсов подземных вод в условиях трещиноватой среды учитывались только естественные ресурсы, формирующиеся за счет инфильтрации атмосферных осадков и возобновляющиеся ежегодно.

6. Составлена карта карта перспективных площадей и участков для постановки поисково-разведочных работ и организации централизованного водоснабжения различных отраслей хозяйства Акмолинской области.

7. Составлена карта прогнозных ресурсов подземных вод масштаба 1:1 000 000. Она фактически представляет собой карту модулей прогнозных ресурсов подземных вод основных водоносных горизонтов и комплексов, определенных аналитическим методом, с применением различных формул в зависимости от гидрогеологических условий (речные долины, трещинные массивы и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Разработка рекомендаций по практическому обеспечению сельскохозяйственного водоснабжения за счет подземных вод на территории Целиноградской области на 1991–1992 гг. / Геол. фонд Центрально-Казахстанского ПГО: рук. Есентаев У.Е.; испол.: Е.Б. Смирнов. – Акмола, 1992. – 240 с. – № ГР 42-91-46/7. – Инв. № 16504.

[2] Обобщение результатов гидрогеологических изысканий на территории Целиноградской области/ Геол.фонд Центрально-Казахстанского ПГО: рук. Есентаев У.Е.; испол.: Смирнов Е.Б. – Целиноград, 1991. – 235 с. – Инв. № 16343.

[3] Отчет по оценке хозяйственно-питьевого водоснабжения и водообеспеченности населенных пунктов Акмолинской области за 1995–1996 гг. / Геол. фонд Центрально-Казахстанского ПГО: рук. Дорофеев С.Т.; испол.: Мустафаев С.Т. – Акмола, 1998. – 211 с. – № ГР 6-95-34. – Инв. № 17025.

[4] Материалы учета подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения на территории Акмолинской области за 2013 год: отчет по учету водопотребления подземных вод / Геол. фонд Центрально-Казахстанского ПГО: рук. Дорофеев Е.Ю.; испол.: Петухов В.Т. – Астана, 2014. – 103 с. – № Инв. № 18130.

[5] СНиП. РК 4.01 - 02 - 2009 г. С изменениям от 29.06.2010 г.

REFERENCES

[1] Razrabotka rekomendacij po prakticheskomu obespecheniju sel'skohozjajstvennogo vodosnabzhenija za schet podzemnyh vod na territorii Celinogradskoj oblasti na 1991–1992 / Geol. fond Central'no-Kazahstanskogo PGO: ruk. Esentaev U.E.; ispol.: E.B. Smirnov. Akmola, 1992. 240 p. № GR 42-91-46/7. Inv. № 16504.

[2] Obobshhenie rezul'tatov gidrogeologicheskih izyskanij na territorii Celinogradskoj oblasti / Geol.fond Central'no-Kazahstanskogo PGO: ruk. Esentaev U.E.; ispol.: Smirnov E.B. Celinograd, 1991. 235 p. Inv. № 16343.

[3] Otchet po ocenke hozjajstvenno-pit'evogo vodosnabzhenija i vodoobespechennosti naselennyh punktov Akmolinskoj oblasti za 1995–1996 gg. / Geol.fond Central'no-Kazahstanskogo PGO: ruk. Dorofeev S.T.; ispol.: Mustafaev S.T. Akmola, 1998. 211 p. № GR 6-95-34. Inv. № 17025.

[4] Materialy ucheta podzemnyh vod, ispol'zuemyh dlja hozjajstvenno-pit'evogo i proizvodstvenno-tehnicheskogo vodosnabzhenija na territorii Akmolinskoj oblasti za 2013 god: otchet po uchetu vodopotreblenija podzemnyh vod / Geol. fond Central'no-Kazahstanskogo PGO: ruk. Dorofeev E.Ju.; ispol.: Petuhov V.T. Astana, 2014. 103 p. № Inv. № 18130.

[5] SNiP. RK 4.01 - 02 - 2009 g.-s izmenenijam ot 29.06.2010 g.

С. В. Осипов, Ю. Н. Ливинский, А. М. Ерменбай

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

АҚМОЛА ОБЛЫСЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ БОЛЖАМДЫ РЕСУРСТАРЫ

Аннотация. Ақмола облысының ауыз суға тапшы аудандарында жер асты суларын іздеу-барлау жұмыстарын жүргізу үшін тиімді алаңдар анықталды және 1: 1 000 000 дық масштабтағы Ақмола облысы жер асты суларының болжамды ресурстарының картасы құрастырылды.

Зерттеудің негізгі ғылыми әдістмелерді барысында: ертеректе жасалған жұмыстардың қорытындылары бойынша фондтық және жарияланған материалдарды талдау мен қорытындылау, ғарыштық түсірілімдерді жіктеп түсіндіру; аймақтың гидрогеологиялық және геоэкологиялық ерекшеліктерін зерттеу мақсатында дала жұмыстарын жүргізу қарастырылды.

Қорытындысында іздеу-барлау жұмыстарын жүргізу үшін тиімді алаңдар мен учаскелер бөлініп алынды.

Ақмола облысының жергілікті тұрғындарын сапалы ауыз суымен қамтамасыз етуді жақсарту мақсатында тиімді аудандардың жер асты суларының табиғи ресурстары мен қоры, сонымен қатар болжамды ресурстары бағаланды және де су ресурстарының тапшылығы қысқартылу жолдары қарастырылды.

Қорытындысы Қазақстан Республикасында жер асты суларын іздеу-барлау жұмыстарының тиімділігін арттыру мақсатында сонымен қатар "Ақбұлақ" және "Қазақстан Республикасында минералды-шикізат комплексін дамыту" бағдарламаларын жүзеге асыру үшін қолданылады.

Халықаралық масштабтағы мәні, Орталық Азия суларының әлеуетті құрамдас бөлігі ретіндегі Ақмола облысының аумағындағы тұщы жер асты сулары ресурстарын бағалауда Жерді қашықтықтан бақылау (зондтау) әдістерін қолдануда болып табылады.

Алынған нәтижелер Қазақстан Республикасының осындай басқа да аймақтарында ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін негіз болып табылады және болашақта жер асты суларының болжамды ресурстарын бағалау әдістерінің мінсіздігіне оң әсерін беріп, іздеу-барлау жұмыстарының тиімділігін арттырады.

Түйін сөздер: болжамды ресурстар, табиғи ресурстар мен қорлар, тиімді алаңдар, қашықтықтан бақылау (зондтау).

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 98 – 106

Ya. Arystanbaev, L. M. Kazanbaeva, A. A. Nurgazieva, I. K. Rahmetov, A. A. Absemetova

Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: lyazzat-kazanbaeva@mail.ru

ANALYSIS OF THE USE OFGRAUND WATER IN ARID REGIONS OF KAZAKHSTAN IN TERMS OFCLIMATECHANGE AND RIZING WATER CONSUMPTION AND METHODS OF THEIR FOR ARTIFISCIAL RECHARGE

Abstract. The article deals with water problems of arid regions of Kazakhstan and rational use of underground water resources, the main source of drinking water supply for the population. In the conditions of climate change and growth of water consumption, ways and methods of their natural and artificial replenishment have been determined.

In connection with the global warming of the Earth, there is currently a review of available climate data for different continents and regions of the planet in order to identify trends of change, including in Central Asia (CA). What are the current trends in climate change on our planet in general and Central Asia in particular. So far there is no unanimous opinion, since too many factors must be taken into account.

In general, the opinion on further warming prevails. However, the observations for the period 1911–1930 testify to a short-term cooling, and then the mean temperature continued to increase.

Over the past 100 years (1901–2000), the global surface air temperature of the Northern Hemisphere has increased by $0,6\pm0,2^0$C. Warming in the XX century was the largest in the last millennium, as evidenced by an increase in the level of the world's ocean by 10-20 cm, mainly due to thermal expansion and melting of sea ice.

An important component of the Earth's water resources are groundwater. However, until now, long-term forecasts of changes in the conditions for the formation of the latter have not been properly influenced. What are the current trends in climate change in the world in general and in Central Asia in particular. Among climatologists and meteorologists, there is no unanimous opinion. There are too many factors to consider. In general, the opinion on further warming prevails.

Keywords: underground waters, climate change, water consumption, artificial replenishment, aquifer, infiltration, injection.

УДК.556.332.63

Я. У. Арыстанбаев, Л. М. Казанбаева, А. А. Нургазиева, И. К. Рахметов, А. Е. Абсеметова

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

БОЛАШАҚТА ЖАһАНДЫ КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІҢ ӘСЕРІНЕН БОЛАТЫН АУЫЗСУ ТАПШЫЛЫҒЫН ЖОЮ (БОЛДЫРМАУ) МАҚСАТЫНДА ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚҰРҒАҚ АУДАНДАРЫНДАҒЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ЖОЛДАРЫН ТАЛДАУ

Аннотация. Климаттың жаһандық жылынуына байланысты өзгеру үрдістерін, оның ішінде Орталық Азиядағы (ОА) үрдістерді анықтау мақсатында әртүрлі континенттер және ғаламшардың өңірлері бойынша климаттық мәліметтерді қайта қарастыру жүріп жатыр. Жалпы біздің ғаламшарымыздағы, жеке алғанда ОА

климаттың қазіргі өзгеру үрдістері қандай екен? Қазірше бірыңғай пікір жоқ, өйткені бірнеше факторды есепке алуға тура келіп отыр. Климатологтар мен метеорологтардың қазірше бірыңғай пікірлері жоқ, өйткені бірнеше факторды есепке алуға тура келіп отыр. Негізінен әрі қарай жылынады деген пікір басым. Алайда 1911–1930 жж. кезеңіндегі бақылау мәліметтеріне сүйенсек, керісінше қысқа мерзімге суытқанын, содан кейін орташа температураның қайтадан жоғарылауы анықталған [1].

Ғалымдардың берген бағасы бойынша, XXI ғасырдағы жылыну соңғы мыңжылдықта ең үлкен жылыну болды, ол Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым және «Климатты өзгерту жөніндегі сарапшылардың үкіметаралық тобының баяндамасында келтірілген (МГЭИК, 2015)» [2].

Түйін сөздер: жер асты сулары, климаттың өзгеруі, суды тұтыну, жасанды толтыру, сулы, инфильтрация.

Кіріспе. UNEP және WWF Ресей мәліметтері бойынша, 1884–1994 жж. кезеңінде Қазақстандағы жалпы орташа жылдық температураның өсуі $1,3^0$С-ты құраған, ал жауын-шашынның жылдық мөлшері17 мм-ге азайған екен.Олай болса, келтірілген мәліметтерге сәйкес ел аумағының басым бөлігіндегі климаттың құрғауы анықталған.

Климаттың жер асты суларының қалыптасуына тигізетін әсері де мол, өйткені олар грунт сулары және жер бетіне түсетін атмосфералық жауын-шашындармен тікелей байланысты. Қолда бар мәліметтерге сәйкес, ОА көптеген аудандарында жауын-шашын жаууының өзгергіштігі мен қарқындылығы артып отыр. Нөсер жауын құрғақшылық кезеңдерімен ауысатын кездегі бірқалыпсыздықтың уақыт жағынан осылайша өсуінің ОА үшін әсері жағымсыз болуы мүмкін. Ылғалдылық жағдайының мұндай өзгерісі Қазақстанның 60%-ға жуық метеостанциясының мәліметтері арқылы дәлелденген.

Қазақстанның қолайсыз метеорологиялық құбылыстарынан зардап шеккен фермерлік шаруашылықтарға жасалған талдауға сәйкес 2005–2007 жылдар кезеңіндегі республикадағы басты қолайсыз құбылыстар атмосфералық (60% жағдай) және топырақтық (20%) құрғақшылықтар болды. Ауа температурасының артуы айтарлықтай жоғары емес ОА таулы және тау бөктерлерінің жекелеген аймақтарында климаттың құрғауының аздап қана төмендегені туралы айтуға болады [3].

Алдағы уақытта жер асты суларының қорын толтыруды бағалау және болжау мәселелеріне барынша назар аударылмай келді. Су балансының орналасу және ресурстары жағдайларының Қазақстанда жасалған ықтимал су балансының болжамдары жүйелі емес шашыраңқы сипатқа ие, бұл осы сияқты маңызды параметрлердің өзгеруінің басым үрдістері туралы талқылауға мүмкіндік бермейді. Бұл мәселеге баса назар аударатын кез келген сияқты, өйткені климаттың жаһандық өзгеруі Қазақстанның бірқатар құрғақ және жартылай құрғақ өңірлерінде атмосфералық жауын-шашынның төмендеуіне әкеп соқты. Бұл үрдіс алдағы жылдары да жалғасады деген ықтималдылық жоғары.

Екінші жағынан алғанда, климаттың жаһандық жылынуы барлық дерлік ендіктердегі апатты құбылыстардың (апаттардың), дауылдардың, күшті нөсер жауындардың қайталану және таралу ықтималдылығын арттыруы мүмкін, бұл өзендердегі су тасқындарының болуы салдарынан республиканың тау бөктеріндегі және таулы аудандарындағы қолайсыз геодинамикалық процестердің орын алуына әкеп соқтыруы мүмкін.

Қазақстанмен көршілес елдердегі климаттың өзгеруіне және суды тұтынудың артуына байланысты су ресурстарының айтарлықтай тапшылығы күтілуде, оны ҚР Ауылшаруашылық министрлігі Су ресурстарының комитеті (ҚР АШМ СРК) жылына 10–12 км^3 көлемінде (немесе қазіргі таңда елдегі қолданыстағы суды тұтыну тәжірибесі бойынша экономика қажеттілігінің шамамен 50%-ы).

Мысалы, біздің экономикамызда жалпы ішкі өнімнің (ЖІӨ) 1 долларына Ресей Федерациясына немесе АҚШ-қа қарағанда 3 есе, Австралияға қарағанда 6 есе су қажет. «Ақбұлақ» мемлекеттік бағдарламасының орындалып жатқанына қарамастан, Қазақстанда су ресурстарына қолжеткізу пайызы әлі де төмен: ҚР халқының 67%-ы ғана таза ауызсуға, 47%-ы су тарту жүйелеріне қол жеткізген, ал дамыған елдерде бұл көрсеткіштер шамамен 100%-ды құрайды.

Шешуді талап ететін тағы бір мәселе – тәулігіне 50 м^3 су алуға рұқсат берілген, жеке тоғандары (ұңғыма немесе құдық) бар ұсақ фермерлік шаруашылықтар сияқты жеке суды тұтынушылардың суды тұтынуын есептеу бойынша мәліметтердің дұрыс еместігі болып табылады. 01.01.2014 жылғы жағдай бойынша Инвестициялар және даму министрлігі (ИДМ) Геология және

жер қойнауын пайдалану комитетінің (ГЖК) мәліметтері бойынша Қазақстандағы жер асты суларының жалпы суды тұтынуы жылына 1,1–1,3 км^3 құрайды, зерттелген пайдалану қорларының көлемі кезінде жылына – 15,45 км^3 құрайды.

Жалпы, жер асты суларын пайдалану қазірге жоғары емес: жылына 1,1–1,3 км^3 мөлшері алынса, жылына оның небәрі 0,79 км^3 пайдаланылады, оның ішінде шаруашылық-ауызсу мақсаттары үшін жылына – 0,41 км^3, өндірістік-техникалық мақсаттар үшінжылына – 0,28 км^3, жерді суару үшін жылына – 0,04 км^3 жұмсалады. Алматы, Шымкент қалаларында және республиканың басқа да облыстарында жер асты сулары айтарлықтай тиімді пайдаланылады. Ауылдық елді мекендерге келетін болсақ, «Ақбұлақ» бағдарламасына сәйкес 2020 жылға дейін олардың 80%-ы таза ауызсумен қамтамасыз етіледі. Тұрғындар саны 500-ден аз ауылды елді мекендер келесі жылдары қамтамасыз етіледі.

Қазақстан экономикасының аграрлық секторында жер асты суларын пайдалану жалпы алғанда жылдан-жылға өсіп келеді, бұл үнемі суару, ауылшаруашылығын сумен жабдықтау, жайылымды суландыру сияқты құрамдас бөліктердің қарқынды дамуымен байланысты. Болашақта 2010–2015 жж. кезеңінде сала бойынша жер асты суларын пайдалануды өсіру коэффициентін 1,36-ға, яғни 36%-ға дейін арттыру болжалып отыр, 2020 ж. бұл 1,33 құрайды, яғни жер асты суларын пайдалану 2015–2020 жж. тағы 33%-ға артып, жылына 427,45 млн. м^3 құрайды.

Бірқатар жылдар бойы (2005–2010 жж. аралығы) жер асты суларын республиканың жалпы жылдық суды тұтыну теңгеріміндегі (пайдалану құрылымы) әртүрлі қажеттіліктерге пайдалану шамасының арақатынасы пайыздық өрнекпен тұрақты түрде өсіп келеді. Жер асты суларының көп мөлшері қалаларды шаруашылық-ауызсумен жабдықтау үшін (31,1–32,6%), әрі қарай өндірістік-техникалық сумен жабдықтау үшін (26,2–30,6%) және ауылдық елді мекендерді сумен қамтамасыз ету үшін (21,4–22,6%) пайдаланылады. Жер асты сулары жайылымдарды суару үшін (6,4–7,9%), басқа да қажеттіліктер (тоған-балық шаруашылығы, жасыл көшеттерді суару, құйылмалы су қоймаларын толтыру және т.б.) мен тұрақты түрде суару үшін (1,0–1,7%) аз мөлшерде пайдаланылған.

2005–2010 жж. жайылымдарды суаруға арналған жер асты суларын пайдалану мөлшері аздап қана ауытқып, жылына 56,9-дан 54,4 млн. м^3 дейін құрайды. Алайда 2015 ж. Ауылшаруашылығының мал шаруашылығын қарқынды дамытуға және мал басының айтарлықтай дамуына байланысты жайылымдарды суару үшін жер асты суларын пайдалануды жылына 69,6 млн. м^3 дейін, ал 2020 ж. таман жылына 88,9 млн. м^3 дейін арттыру болжанып отыр. Мұндағы судың шығыны азғантай және су жинаудың 0,2–0,4%-ынан аспайды.

Суарылатын алқаптар ауданының артуына байланысты ауылшаруашылығы дақылдарын суаруға арналған жер асты суларын пайдалану мөлшері де айтарлықтай артады. Мысалы, 2005–2008 жж. пайдалану жылына 12,9-дан 8,2 млн. м^3 құраса, 2010 ж.жылына 11,1 млн. м^3 дейін, ал 2015–2020 жж. жылына 12,4–13,5 млн. м^3 дейін артады деп күтілуде. 2004–2007 жж. алудың 10,9-дан 6,2%-ына дейін ауытқыған су шығыны 2010 ж. 4,5%-ды құрады, 2015 ж. – 3,8%, ал 2020 ж. – 2,3% болады деп күтілуде. Жалпы айтар болсақ, қазірше Қазақстан экономикасының аграрлық секторында су ресурстарын, оның ішінде жер асты суларын пайдалану қанағаттанарлық жағдайда емес және суды үнемдейтін технологияға өтуді қажет етпейді. Тамшылап суаруды және басқа да әдістерді пайдаланудың дұрыс мысалдары алдағы уақытта бұл мәселенің өз шешімін табатынына кепілдік болып табылады.

Экономика салаларының жер асты суларын ауылшаруашылығына жалпы пайдалануы 30-дан 32%-ға дейінгі мөлшерді құрайды. Болашақта (2015–2020 жж.) экономика салаларының жер асты суларын пайдалануды жалпы арттыруға байланысты оларды шаруашылық ауызсу қажеттіліктеріне (37% дейін) және ауылдық елді мекендерді сумен жабдықтау (23,7% дейін) үшін олардың үлесін арттыру болжалып отыр. Оларды өндірістік-техникалық қажеттіліктерде пайдалану үлесі де аздап төмендейді (25,6% дейін).

Қазақстан Республикасының Үкіметі алдағы жылдары суды пайдалану тиімділігін жақсарту бойынша шаралар кешенін белгіледі. Бұл ең алдымен суарылатын егінді жерлерде суды өнімсіз шығындауды небәрі 20%-ға төмендетеді. Алайда су ресурстарын пайдалануды талдауға және сарапшылардың берген бағасына сәйкес оны орындауға бағытталған нақты іс-әрекеттер өте баяу жасалынып жатыр.

Шекаралас елдердегі ағуды айтарлықтай төмендетуге жол бермеу, қолданыстағы инфрақұрылымды жаңарту және салу есебінен жер асты суларын пайдалануды арттыру, нақты айтар болсақ, ауылшаруашылығының қажеттіліктері үшін, сондай-ақ сумен жабдықтаудың бірнеше балама нұсқаларын қарастыра отырып, болжамды модельдерге негізделе отырып, су ресурстарын жіберуге арналған жаңа инфрақұрылымды салу үшін трансшекаралық сулар бойынша келіссөздер жүргізу процесін дұрыс құрудың арқасында су ресурстарының қолжетімді мөлшерлерін арттыруды жүзеге асыруға болады.

Климаттың өзгеруі және Қазақстанның құрғақ өңірлеріндегі гидрогеологиялық құрылымдардың жер асты суларының ресурстарын жыл сайын толтырудың (нәрлендірудің) табиғи факторларының бұзылуы жағдайында жасанды жолмен толықтыру әдістері бірінші орында тұр. Бұл әдістер барынша әрі жан-жақты әзірленіп, әлемдік гидрогеологиялық әдебиеттердегі көптеген жарияланымдарға ұсынылға [4-15]. Бұл дереккөздер климаты құрғақ елдердегі осы мәселені көтеріп отыр, мұндағы жыл сайынғы атмосфералық жауын-шашын мөлшері жылына 0 мм-ден 500–700 мм-ге дейін өзгеріп отырады. Осы сияқты аумақтар ОА өңірлерінде де кеңінен таралған.

Төменірек өткен ғасырдың 70-80 жылдары У.М. Ахмедсафин атынд. Гидрогеология және геоэкология институтының ғалымдары зерттеген жер асты суларының қорын жасанды түрде толтыру жағдайына тоқталамыз.

Жер асты суларына мақсатты түрде ықпал етудің көптеген әдіс-тәсілдері Гидрогеология және гидрофизика институты ғалымдары ұжымының «Шығару конустарының режимін қалыптастыру, болжау, басқару (Іле Алатауыетегінің негізінде)» атты еңбегінде классификацияланған [16]. Онда ұсынылған классификация жер асты сулары қорын толтырудың көптеген әдістерін қамтиды. Авторлар жер асты сулары режимдерін басқарудың тоғыз санатын бөліп көрсеткен.

Бірінші санатқа теңгерімді суды іріктеу кезіндегі жағдай жатады. Бұл санаттың бірінші тобы механикалық жолмен тартып шығарудың немесе сифон арқылы су жинаудың көмегімен суды мәжбүрлі түрде алумен байланысты. Екінші топ табиғи арын есебінен судың емін-еркін ағуымен байланысты. Мұндай жағдайларда көлденең қашыртқы немесе ұсақ «қарасу» су ағындары арнасының тереңдеуі түріндегі жасанды су құдығының құрылысы пайдаланылады. Әрі қарай авторлар әдістерді пайдалану мақсаттары мен нәтижелерін көрсетіп, практикалық мысалдар келтіреді.

Екінші санат терең емес және терең төмендеу топтары бар жер асты және арынды су деңгейінің кезең-кезеңмен төмендеуімен байланысты. Мұнда шағын топтарға бөлінген: деңгейлерді төмендетуге арналған инесүзгілерінің, көлденең дренаждың және шахталардағы тау жыныстарының кен орындарын құрғату кезінде деңгейлердің айтарлықтай төмендеуі кезіндегі тік дренаждың көмегі. Бұл әдістер әртүрлі құрылыс түрлерінде, жердің сортаңдануы және батпақтануымен күресу, сондай-ақ артезиан бассейндерінің суаруын қолдану кезінде пайдаланылады.

Үшінші санатқа жер асты суларының қорын жасанды жолмен толтыру әдістері жатады. Ол екі топқа бөлінеді: еркін шоғырлану және арынды шоғырлану. Бұл тағы екі шағын топқа бөлінеді:сүзгілейтін жинақтау бассейндерін жасау және айдайтын ұңғымалар мен құдықтарды бұрғылау арқылы.Қазіргі таңда бұл әдіске жер асты суларының қорын жасанды жолмен толтырудың әртүрлі әдістері қамтылған [4-15].

Практикалық гидрогеологиялық зерттеулерге және Іле Алатауы етегінің шығару конустарында шоғырландыру бассейндерін салу арқылы оларды жасанды жолмен қосымша нәрлендірудің жер асты және арынды жер асты суларына тигізетін әсерін болжау мәселелері бойынша әрі қарай модельдеуге тоқталған жөн (Шлыгина В. Ф. бойынша, 1978) [16].

Математикалық модельдеу мәліметтері бойынша Алматы қ. «Сайран» су қоймасы аймағында құмды және қиыршық тасты қалдықтардан түзілген кеңейген өзен аңғарлары бар жерлерде жер асты суларын жасанды жолмен нәрлендіру жағдайы зерттелген. Модельдеу кезінде бес жер белгіленген: «Сайран» су қоймасы, Ақсай өзені аңғарының құмды-қиыршық тасты карьерлері, Есентай өзеніндегі карьер, Қарғалы және Кіші Алматы өзендерінің аңғары. Бұл аймақтар қолданыстағы тоғандардан гипсометриялық жағынан жоғары орналасқан.

«Сайран» су қоймасын толтыру 1978 ж. есептік кезеңнің соңына дейін 1 сек. 0,7 $м^3$/сек (іс жүзінде 1973 ж. 4 $м^3$/сек жетті) белгіленген, басқа орындар бойынша – 1980–2000 жылдар аралығынан бастап әрқайсысында 0,3 $м^3$/сек деп белгіленген. Бұл жерлердегі шоғырланған нәрлендіру мөлшері

шоғырланған бассейндерді тасқын сулармен толтырудың нақты мүмкіндігіне және бассейндердің түбінде түзілетін қалдықтардың сүзгілеу сипаттамаларына қарай анықталған.

Толтыру мөлшері тұрақты түрде белгіленді, бұл бассейндердің сүзгілеу қабілетін бір деңгейде ұстап тұрды. Толтырудың жалпы шығыны 1 сек. 1,9 $м^3$ құрады. 1978 жылдан бастап 2000 жылға дейінгі кезеңде шығару конустарындағы жер асты сулары деңгейі төмендеуінің мұндай жағдайларында 15–25 м дейін азайғаны белгіленді. Толтыру нүктелері қолданыстағы тоған құрылыстарынан жоғары болса, деңгейдің барынша көтерілуі (25 м және одан жоғары) тоғандардың әсер ету аймағының оңтүстік шекарасымен ұштастырылған. Алайда жалпы алғанда, шығару конустарына бүкіл аудандағы деңгейдің жалпы көтерілуі тән. Оны қалдықтардың су өткізгіштігімен және шоғырлану дөңестерінің жылдам жайылуымен, сондай-ақ толтыру көздерінің шығару конустарының бүкіл ауданында бірқалыпсыз белгіленуімен түсіндіруге болады.

Есептеуге сәйкес шығару конустарындағы 1 $м^3$/сек суды іріктеудің артуы деңгейлерді төмендету жылдамдығын жылына 0,8–1,1 м арттырады. 1,9 $м^3$/сек қолданыстағы суды іріктеу кезінде жер асты суларының қорын жасанды түрде ұлғайту (немесе суды іріктеуді осы шамаға азайту) көтерілуге, ал екінші-жетінші жылы деңгейлерді тұрақтандыруға әкеп соғады. Зерттеулер нәтижесінде шығару конустарындағы жер асты суларын нәрлендіруді жасанды жолмен арттыру 25%-ға дейін екінші-төртінші жылы екінші арынды су тасымалдайтын қабатта пьезометрлік деңгейлерді тұрақтандырады, тіпті, олардың жылына орташа жылдамдығы 0,04 м көтереді.

Жоғарыда атап өткеніміздей, В.Ф.Шлыгина шығару конустарының жер асты суларының режимін басқару әдістеріне классификация жасаған [16]. Ол 9 санатты бөліп көрсеткен, олар өз кезегінде топтар мен шағын топтарға бөлінеді. Бізді үшінші санат – Жер асты суларын жасанды жолмен толықтыру қызықтырады. Ол екі шағын топқа бөлінеді: емін-еркін шоғырлану (1) және арынды шоғырлану (2). Бірінші (емін-еркін) шоғырлану кезінде қорларды жасанды жолмен толықтыру сүзгілейтін шоғырландыру бассейндерін (су қоймаларын) жасау арқылы іске асады. Екінші, арынды сүзгілеу кезінде ұңғымаға, құдыққа айдау әдістері пайдаланылады.

Нәрлендіруді жасанды жолмен арттыру арқылы жер асты суларының режимі мен ресурстарына әсер ету әдістері үшінші санатқа жатқызылған. Өндіру күштерінің дамуына байланысты суды тұтынудың үздіксіз өсуі нәтижесінде экономиканың көптеген салалары ауызсу және техникалық су тапшылығын сезініп отыр. М. А. Хордикайнен [17] мәліметтеріне сәйкес, мұндай аудандарға РФ Орта және Оңтүстік Орал, Украинаның Донецк бассейні, Орталық және Солтүстік Қазақстан және т.б. жатады. Мұндай аудандарды сумен жабдықтау мәселесі жер асты суларын жасанды жолмен нәрлендіру әдістері арқылы сәтті шешімін табуы мүмкін. Жасанды жолмен толтыру әдісін таңдауда әрбір нақты ауданның гидрогеологиялық жағдайлары маңызды рөл атқарады. Әртүрлі жағдайларда емін-еркін сүзгілеу (бассейн, аумақты су басу және т.б.) әдістері, ал арынды суларды толтыру үшін – айдау әдістері пайдаланылады.

Жер асты суларының қорын жасанды жолмен толтыру процестерін түсінуде гидрогеологиялық жүйелерге (ГГЖ) берілген анықтаманың маңызы зор. Бұл ұғым құрылымдық-геологиялық фактор басым болатын «су тасымалдайтын горизонт», «кешен», «бассейн» сөздеріне берілген анықтамалардан айтарлықтай өзгеше. «Гидрогеологиялық жүйелер» ұғымында гидравликалық факторлар мен генезисі әртүрлі тау жыныстары түріндегі су сыятын коллекторлары бар кіруге болатын ортадағы жер асты суларының қозғалу заңдары басым.

Гидрогеологиялық жүйелердің белгілі бір қасиеттері бар, бұл су сыятын ортаның ерекшеліктеріне байланысты, қуат алу, транзит және жер асты суларын толтыру режимі де осыларға байланысты. ГГЖ оның жоғарғы және төменгі бөліктеріндегі гидростатикалық қысым вариациялары бар не көлденең, не тік (субтік, еңістеу) жатқан кеуек немесе жарығы бар орта түрінде болуы мүмкін. ГГЖ-ның көрсетілген айырмашылықтары төрт түрге бөлінеді: a) беткі қабатқа жақын, өтпелі; в) беткі қабатқа жақын тұйықталған; c) тереңдегі, өтпелі, түзу нүктелі; d) терең, тұйық, циркуляциялық.

Жер асты суларының қорларын жасанды жолмен толтыру жағдайында бірінші типке жататын (а) ГГЖ айтарлықтай қолайлы болып табылады. Олар жер қабатының жоғарғы бөлігінде кеңінен таралған. Мұндағы сулар негізінен атмосфералық жауын-шашынның шоғырлануының, өзен, көл, арна және басқа да беткі қабатты су ағындарының суын сүзгілеу арқылы нәрленеді. Жер асты суларын жасанды түрде нәрлендіру, яғни олардың ресурстарын толықтыру су тоғандарында

қарқынды пайдалану аудандарында оны айтарлықтай жинап алуға, статикалық деңгейді ұстап тұруға, топырақ-өсімдік жабындысына және қоршаған табиғи ортаға қолайсыз салдар тудыратын қорқынышты шұңқырдың қалыптасуының алдын алуға мүмкіндік береді.

Жер асты сулары деңгейлерінің режимін басқаруда жер асты суларының қорын жасанды жолмен толтыру әдісі мен теңдестірілген суды іріктеу әдісін кешенді түрде үйлестіру барынша әсер береді. Мысалы, шығару конустарын негізге ала отырып, беткі қабаттағы пайдаланылған суды жер астындағы пайдаланылған суда пайдаланудың негізгі факторларын қарастырайық. Толтырудың ең дұрыс әдісі ашық бассейндердің көмегімен емін-еркін шоғырландыруды пайдалану болып табылады. Мұндай әдіс бірқатар шет елдерде кеңінен пайдаланылады: Америка, Канада, Африка елдері, Қытай және т.б. [4-15], мұндай мақсатта табиғи төмендеткіштер, қазандықтар, сүзгілеу процестерін жақсарту үшін өсімдік жабындысын немесе жасанды құм үйінділері алынып тасталмаған өзен аңғарларының бір бөлігі.

Алматының өнеркәсіптік ауданындағы жер асты суларының қорын жасанды жолмен толықтыру бойынша эксперименттік жұмыстар, бір кездері В.Ф.Шлыгина тобының «Сайран» су қоймасы ауданында, Үлкен Алматы өзенінің шығару конусының жоғарғы бөлігінің жер телімінде, сондай-ақ Шығыс Талғар депрессиясында жүргізілген жұмыстарға сәйкес, Есентай өзені алқабындағы құрылыс қазандығында сүзгілеу жылдамдығы айтарлықтай жоғары, тәулігіне 163–174 см құрайды, «Сайран» су қоймасы аумағында тәулігіне 30–60 см құрайды екен. Осы сияқты мәліметтер кейінгі жылдары жүргізілген зерттеулерден де алынды [17-22].

Жұмыс нәтижелері ОА таулы аймақтары жағдайының барлық жерінен осы сияқты гидрогеологиялық құрылымдарды табуға болатынын және атмосфералық жауын-шашын көп түсетін кезеңдерді жер асты суларының қорын жасанды жолмен толтыруға болатынын айғақтап отыр. Әдетте, бұл су тоғандарының құрылысы бар елді мекендер орналасқан жерлер болып табылады, ондағы суды іріктеу жылдан жылға өсіп отырады.

Орталық Қазақстанның гидрогеологиялық жағдайлары айтарлықтай жақсы зерттелген. Мұнда сапалы су ресурстарына толықтай байланысты тау-кен және металлургия өнеркәсібі дамыған негізгі индустриалды орталықтар болып табылатын Қарағанды және Ақмола облыстары орналасқан. Сондықтан да бұрынғы кеңес үкіметінде де, қазіргі таңда да мұнда суды тұтыну көрсеткіштері өте жоғары.

Қарастырылып отырған аумақтың гидрогеологиялық жағдайларында ең алдымен палеозойға дейінгі және палеозой жыныстарының интрузивті, эффузивті және жауын-шашынды белсенді кеуектілік аймақтарымен шекаралас терең емес циркуляциялы арынсыз кеуекті сулар бар. Жыныстардың жалаңаш болуы тұщы жер асты суларының түзілуіне және сулардың белсенді алмасуына әсер етеді. Жауын-шашын-терриген қалдықтары арқылы түзілген ішкі төмендеу және көптеген иілген жерлер аудандарында минералдануы орташа және жоғары, кеуекті сулар жақсы дамыған. Тұщы су Михайловский және Верне-Сокурский сияқты субартезианбассейндерімен шекаралас. Кеңгір иілген жері аумағында тұзы және аздап минералданған кеуекті карст сулары жақсы дамыған.

Алайда жасанды жолмен толтыру және пайдалануға жарамды ең көп таралған әрі болашағы бар сулар – көптеген өзен аңғарларындағы аллювиальді қалдықтар суы болып табылады. Айтарлықтай зерттелген әрі игерілген өзен аңғарлары мыналар: Нұра,Тоқырау, Өленті, Шідерті,Сарысу және т.б.Суы бар жыныстар көбіне сазды, құмайт және балшық қабаттары бар құм-қиыршық тасты-малта тасты қалдықтарда орын алған. Су тасымалдайтын қалдықтардың қуаты кең ауқымда өзгеріп тұрады, алайда көбіне ол 40–50 м құрайды, бірақ алқаптың жоғарғы бөліктерінде 2–5 м дейін төмендейді. Алқаптардың ені де геоморфологияға байланысты кең ауқымда өзгеріп отырады және бастапқы және ежелгі өзен сағалары аумағында 10–30 км жетіп, 200–500 м дейін тарылады.

Су тасымалдайтын горизонттың сүзгілеу қасиеттері де кең ауқымда өзгеріп отырады. Сүзгілеу коэффициенттерінің орташа шамасы тәулігіне 10–360 м аралығында өзгеріп отырады. Су өткізу коэффициенттері тәулігіне 300–1000 $м^2$ аралығында өзгеріп отырады. Деңгейлер 2–3 м төмендеген кезде су пункттерінің дебиттері тартып шығарғанда 1–40 л/с өзгереді. Деңгей өткізу коэффициенттері тәулігіне 720-дан 10 450 $м^2$ дейін өзгереді. Өзендердің беткі қабатты науасы мен жер асты арна аралығындағы су ағындары арасында тығыз өзара байланыс бар.

Қарастырылып отырған өңірдегі болашағы бар су тасымалдайтын түзілістер – жоғарғы девондағы – төменгі карбондағы карбонат қалдықтары (D_3 *fm* – C_1t) болып табылады. Сүзгілеу және сыйымдылық қасиеттері бойынша олар зерттелген аумақтың барлық су тасымалдайтын түзілімдерінен басым. Қазақстандағы карбонат құрылымдарының жер асты суларын пайдалану тәжірибесіне сәйкес, атмосфералық жауын-шашын жауатын және көктемдегі су тасқыны кезеңдерінде су тасқыны және сапалы өзен суларының айтарлықтай көлемінің қуыстары мен карст кеуектеріне айдау арқылы пайдалы жер асты суларына айтарлықтай мөлшер беру үшін олар өте қажет.

Жер асты суларын қарқынды түрде іріктеу шекаралас аумақтарға кері әсер тигізетіні белгілі. Қарқынды суды іріктеу салдарынан су жинау аумағымен шекаралас осы горизонттың жер асты суларының деңгейі төмендейді, жер асты суларының химиялық құрамы өзгереді және өзен науасы азаяды, әрі қарай бұл топырақ-өсімдік қабатының деградациясына әсер етеді, сондай-ақ шөл басу процестерінің басталуына ықпал етеді. Бұл салдардың әрқайсысы қоршаған ортаға қауіп төндіріп қана қоймайды, сондай-ақ кәсіпорындарға немесе мемлекетке айтарлықтай экономикалық зиян келтіруі мүмкін.

Жер асты суларын қарқынды пайдаланудың қоршаған ортаға кері әсер етуінің бір белгісі – депрессиялық шұңқырлардың түзілуі және жер асты суларын қарқынды түрде іріктеуден туындаған жердің беткі қабатының отырып қалуы болып табылады. Жер асты суларының пьезометрлік деңгейлерінің төмендеу және жыныс қысымдарының өзгеруі тау жыныстарындағы кернеуді, жылдамдықты, кейде жер асты суларының қозғалыс бағыттарын өзгертеді, бұл суффозион және карст процестерінің қарқындылығын арттырады.

Жер асты суларын іріктеудің жағымсыз әсерінің алдын алуға немесе төмендетуге мүмкіндік беретін негізгі іс-шаралар ірі су тоғандарынан жер асты суларын іріктеу режимін басқару (көбіне – іріктеудің төмендеуі) және жер асты сулары қорларын жасанды жолмен толтыру болып табылады.

Жер асты суларын жасанды жолмен толтыру (ЖСЖЖТ) кезінде судың қосымша мөлшері шоғырландыру құрылғыларының көмегімен пайдаланылатын су тасымалдайтын горизонтқа үнемі беріліп отырады немесе су тасымалдау горизонты таралатын кейбір аудандарда қосымша су қорлары бір рет қысқа мерзімге түзіледі. Шоғырлану бассейндері, арналары, аудандары және т.б. немесе сіңіргіш және айдау ұңғымалары сияқты шоғырлану құрылыстары арнайы құрылады.

ЖСЖЖТ әдісінің артықшылығы – су жинау құрылыстарын түбегейле ауыстырмай-ақ суды іріктеуді арттыру, бағалы ауылшаруашылық жайылымдарының шығындарын қысқарту, судың физикалық және санитарлық сипаттамаларын жақсарту [5]. Сондай-ақ қолданыстағы су тоғандарында бар ЖСЖЖТ жүйелерінің құрылысы сумен жабдықтаудың жаңа көздерін іздеуден және салудан арзанға түседі [6, 7].

ЖСЖЖТ әдісі шет елде де кеңінен пайдаланылады, мысалы Үндістан, Нидерланды, Германия, Голландия, Жаңа Зеландия, Аргентина, Қытай және т.б.Қазіргі таңда Қазақстанда бұл әдіс мүлдем пайдаланылмайды. Беткі қабаттағы суға түсетін антропогенді жүктеменің артуы және экологиялық ахуалдың күшеюі жағдайларында ЖСЖЖТ әдісі айтарлықтай өзекті болып отыр.

ЖСЖЖТ жүйелерінің дамуы ең алдымен, оларды пайдалану мүмкіндігі мен мақсаттылығына байланысты. Жер асты суларының қорларын жасанды жомлен толтыруды пайдалану белгіленген аудандарда алдын ала аудандарға бөлу жүргізіліп, тиімді тәсілдерді таңдаудың және арнайы гидротехникалық құрылыстарды салудың арқасында ұтымды әдістер мен технологиялар таңдалып жатыр. Олардың ішіндегі айтарлықтай таралғаны берілген суреттерде көрсетілген.

Қорытынды. Қазақстанның құрғақ өңірлеріндегі гидрогеологиялық жағдайларға жасалған зерттеулер ОА өңіріндегі климаттың өзгеруіне және су ресурстары тапшылығының өсуіне байланысты өнеркәсіпте де, аграрлық секторда да суды үнемдейтін технологияларды пайдалану бойынша шараларды қабылдау қажеттілігін айғақтап отыр. Су ресурстарын жеткізу шығындарын анықтау кезінде коммуналды салада арнайы техниканы және су шығынын есептеу құралын кеңінен пайдалану, ауылшаруашылық дақылдарын суару әдістерін жетілдіру, адал тарифтік саясатты енгізу экожүйені топырақ-өсімдік қабатының деградациясынан сақтауға, су тасымалдайтын горизонттың беткі қабатындағы бірінші жер асты суларының деңгейлерін төмендетуден сақтауға көмектеседі.

Десе де, жүргізілген зерттеулерге сәйкес ең тиімді әдіс бұл аймақтарда ЖСЖЖТ әдісі болып табылады. ОА қарастырылып отырған өңірлеріндегі климат әрі қарай құрғаған жағдайларда

ЖСЖЖТ әдістерінен кеңінен пайдалану экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етуге, халықты және барлық суды тұтынушыларды сумен жабдықтаудың ең сенімді көзі – жер асты суларын кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Борисова Е.А. Эволюция взглядов на изменение климата в Центральной Азии // История и современность. – 2013. – Вып. 1(17). – С. 110-124.

[2] Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). – ВМО, ЮНЕП, Женева, 2015. – 182 с.

[3] Влияние изменений климата на водные ресурсы Центральной Азии. Отраслевой обзор,2009. Евразийский Банк Развития (www.eabr.org/general...pdf).

[4] David N. Lerner, Arie S. Issar, Ian Simmers. Ground water Recharge. A guide to Understanding and Estimating Natural Recharge // IAH. Hannover: Heise. – 1990. – Vol. 8. – 345 p.

[5] Tomas Meixner, Andrew H. Mannig, David A. Stonestron et.al. Implication ofprogected climate change of groundwater recharge in the western Unated States // Jornal of Hydrogeology. – 2016. – 534. – P. 124-138.

[6] Potential Artificial Recharge Shemes: Planning for implementation. – November 2010. – Ricky Murray, Pillip Ravenscrotet et.al. Final Report Department of Water Affairs, 2010. – 148 p.

[7] Siade F., Nishikawa T., Martin P. Natural recharge estimation and incertainty analysis of an adjudicated groundwater basin using a regional-scale flow and subsidence model (Antelope Valley, California, USA) // Hydrogeology Jornal (2015) 23:1276-1291.

[8] Shemingui A., Sulis M., Paniconi C. An assesstment of recharge estimationstrim and welldata and froma coupled surface-water groundwater model for des Anglais catchment, Qvebec (Canada) // Hydrogeology Jornal (2015) 23: 1731-1743.

[9] Kingston D.G., Taylor R.G.(2010). Sources of uncertainty in climate change impacts or river discharge and groundwater in a headwater cathment of the Upper Nile Basin, Uganda // Hydrol Eart SystSci 14:1297-1308.

[10] Healy R.W. Estimating groundwater recharge. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. – P. 245.

[11] Jackson R.C., Meister R., Prudhomme C. (2011). Modelling the effects of climate change and its uncertainty on UK Chalk groundwater resources from anensemble of global climate model projections // Jornal Hydrology 399:12-28.

[12] Dams J., Salvadore E., VanDael T., at.al. (2011). Spatiotemporalimpact of climate change on the groundwater system // HydrolEartSyst Sci. Discuss 8:10195-10223.

[13] Kumar C.P. (2012). Climate change and its impact on groundwater resources. Int Jornal Eng. Sci 1:43-60.

[14] Gohari A., Eslamian S., Abedi-Koupaei J., at.al.(2013). Climate change impacts on crop prodaction in Iran′s Zayandeh-Rud River Basin // HydrolEartSystSciTotalEnviron 442:405-419.

[15] Jang Y., LiuC., Li X. (2015). Hydrological impacts of climate change simulated by HIMS models in the Luanhe River Basin, North China // Water Resourses Manag 29: 1365-1384.

[16] Формирование, прогноз, управление режимом подземных вод конусов выноса / Коллектив автров. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1978. – 155 с.

[17] Хордикайнен М.А. Опыт искусственного восполнения подземных вод в РСФСР и Казахстане // Гидрогеологическое обоснование искусственного пополнения запасов подземных вод. – Ч. 1. – М., 1973.

[18] Мухамеджанов М.А. Актуальные проблемы гидрогеологии и геоэкологии Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2014. – № 3. – С. 134-140.

[19] ЖапархановС.Ж., Жуматаев Б.К. Искусственное восполнение запасов подземных вод аридных регионов Центрального Казахстана. – Алматы, 2012. – 175 с.

[20] Мухамеджанов М.А., Бекжигитова Д.Н., Казанбаева Л.М. Условия восполнения подземных вод аридных и полуаридных регионов Казахстана и методологические аспекты определения перспективных объектов // Мат-лы конф. «Сатпаевские чтения-2016. – Алматы. – Электронная версия (www.satpevchtenia).

[21] Антоненко В.Н., Кульдеев Е.И., Тынбаев М.М. Гидрогеологические основы магазинирования подземных вод // Вестник КазНТУ. – 2012. – № 3. – С. 145-148.

[22] Шакибаев И.И., Кулагин В.В. Искусственное восполнение подземных вод – основа рационального использования водных ресурсов // Водное хозяйство Казахстана. – 2010. – № 4 (спецвыпуск). – С. 49-51.

REFERENCES

[1] Borisova E.A. Jevoljucija vzgljadov na izmenenie klimata v Central'noj Azii // Istorija i sovremennost'. 2013. Vyp. 1(17). P. 110-124.

[2] Doklad Mezhpravitel'stvennoj gruppy jekspertov po izmeneniju klimata (MGJeIK). – VMO, JuNEP, Zheneva, 2015. 182 p.

[3] Vlijanie izmenenij klimata na vodnye resursy Central'noj Azii. Otraslevoj obzor, 2009. Evrazijskij Bank Razvitija (www.eabr.org/general...pdf).

[4] David N. Lerner, Arie S. Issar, Ian Simmers. Ground water Recharge. A guide to Understanding and Estimating Natural Recharge // IAH. Hannover: Heise. 1990. Vol. 8. 345 p.

[5] Tomas Meixner, Andrew H. Mannig, David A. Stonestron et.al. Implication of-progected climate change of groundwater recharge in the western Unated States // Jornal of Hydrogeology. 2016. 534. P. 124-138.

[6] Potential Artificial Recharge Shemes: Planning for implementation. November 2010. Ricky Murray, Pillip Ravenscrotet et.al. Final Report Department of Wa-ter Affairs, 2010. 148 p.

[7] Siade F., Nishikawa T., Martin P. Natural recharge estimation and incertainty analysis of an adjudicated groundwater basin using a regional-scale flow and sub-sidence model (Antelope Valley, California, USA) // Hydrogeology Jornal (2015) 23:1276-1291.

[8] Shemingui A., Sulis M., Paniconi C. An assesstment of recharge estimationstrim and welldata and froma coupled surface-water groundwater model for des Anglais catchment, Qvebec (Canada) // Hydrogeology Jornal (2015) 23: 1731-1743.

[9] Kingston D.G., Taylor R.G.(2010). Sources of uncertainty in climate change im-pacts or river discharge and groundwater in a headwater cathment of the Upper Nile Basin, Uganda // Hydrol Eart SystSci 14:1297-1308.

[10] Healy R.W. Estimating groundwater recharge. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. P. 245.

[11] Jackson R.C., Meister R., Prudhomme C. (2011). Modelling the effects of climate change and its uncertainty on UK Chalk groundwater resources from anensemble of global climate model projections // Jornal Hydrology 399:12-28.

[12] Dams J., Salvadore E., VanDael T., at.al. (2011). Spatiotemporalimpact of climate change on the groundwater system // HydrolEartSyst Sci. Discuss 8:10195-10223.

[13] Kumar C.P. (2012). Climate change and its impact on groundwater resources. Int Jornal Eng. Sci 1:43-60.

[14] Gohari A., Eslamian S., Abedi-Koupaei J., at.al.(2013). Climate change impacts on crop prodaction in Iran's Zayandeh-Rud River Basin // HydrolEartSystSciTota-lEnviron 442:405-419.

[15] Jang Y., LiuC., Li X. (2015). Hydrological impacts of climate change simulated by HIMS models in the Luanhe River Basin, North China // Water Resourses Ma-nag 29: 1365-1384.

[16] Formirovanie, prognoz, upravlenie rezhimom podzemnyh vod konusov vynosa / Kollektiv avtrov. Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1978. 155 p.

[17] Hordikajnen M.A. Opyt iskusstvennogo vospolnenija podzemnyh vod v RSFSR i Kazahstane // Gidrogeologicheskoe obosnovanie iskusstvennogo popolnenija zapasov podzemnyh vod. Ch. 1. M., 1973.

[18] Muhamedzhanov M.A. Aktual'nye problemy gidrogeologii i geojekologii Kazahstana // Izvestija NAN RK. Serija geologii i tehnicheskih nauk. 2014. N 3. P. 134-140.

[19] ZhaparhanovS.Zh., Zhumataev B.K. Iskusstvennoe vospolnenie zapasov podzemnyh vod aridnyh regionov Central'nogo Kazahstana. Almaty, 2012. 175 p.

[20] Muhamedzhanov M.A., Bekzhigitova D.N., Kazanbaeva L.M. Uslovija vospolnenija podzemnyh vod aridnyh i poluaridnyh regionov Kazahstana i metodologicheskie aspekty opredelenija perspektivnyh ob#ektov // Mat-ly konf. «Satpaevskie chtenija-2016. Almaty. Jelektronnaja versija (www.satpevchtenia).

[21] Antonenko V.N., Kul'deev E.I., Tynbaev M.M. Gidrogeologicheskie osnovy magazinirovanija podzemnyh vod // Vestnik KazNTU. 2012. N 3. P. 145-148.

[22] Shakibaev I.I., Kulagin V.V. Iskusstvennoe vospolnenie podzemnyh vod – osnova racional'nogo ispol'zovanija vodnyh resursov // Vodnoe hozjajstvo Kazahstana. 2010. N 4 (specvypusk). P. 49-51.

Я. У. Арыстанбаев, Л. М. Казанбаева, А. А. Нургазиева, И. К. Рахметов, А. Е. Абсеметова

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

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АРИДНЫХ ВОД КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РОСТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы водоснабжения засушливых регионов Казахстана и рационального использования подземных водных ресурсов, основного источника питьевого водоснабжения населения. В условиях изменения климата и роста потребления воды определены пути и методы их естественного и искусственного пополнения.

В связи с глобальным потеплением Земли в настоящее время проводится обзор имеющихся климатических данных по различным континентам и регионам планеты с целью выявления тенденций изменения климата, в том числе в Центральной Азии (ЦА). Каковы современные тенденции изменения климата на нашей планете в целом и в Центральной Азии в частности. Пока нет единого мнения, поскольку слишком много факторов необходимо учитывать.

В целом мнение о дальнейшем потеплении преобладает. Однако наблюдения за период 1911–1930 гг. свидетельствуют о кратковременном охлаждении, после чего средняя температура продолжала увеличиваться.

За последние 100 лет (1901–2000), глобальнаяприземная температура воздуха Северного полушария увеличилась на $0{,}6\pm0{,}20^0$ С. Потепление в XX веке было самым значительным за последнее тысячелетие, о чем свидетельствует увеличение уровня мирового океана на 10–20 см, в основном за счет теплового расширения и плавления морского льда.

Важной составляющей водных ресурсов Земли являются подземные воды. Однако до сих пор долгосрочные прогнозы изменений условий для формирования последних не оказывали должного влияния. Каковы современные тенденции изменения климата в мире в целом и в Центральной Азии в частности? Среди климатологов и метеорологов единогласного мнения нет. Есть слишком много факторов, чтобы сделать заключение. В целом мнение о дальнейшем потеплении преобладает.

Ключевые слова: подземные воды, изменение климата, потребление воды, искусственное пополнение, водоносный горизонт, инфильтрации, пополнение.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 107 – 114

A. R. Medeu, V. P. Blagovechshenskiy, V. V. Zhdanov, S. U. Ranova

LLP "Institute of Geography", Almaty, Kazakhstan.
E-mail: ingeo_2009@mail.ru

BIG SESMIC RACKFALLS AND LANDSLIDES IN THE MOUNTAINE REGIONS OF SHOUT-EASTERN KAZAKHSTAN

Abstract. In the mountainous regions of South-Eastern Kazakhstan, 64 large modern and ancient seismogenic rockfalls and landslides were identified. There are 27 gravity seismic dislocations in the Zhetysu Alatau ridge, 19 in Ile Alatau, 14 in Kungey Alatau and 4 in Teriskey Alatau. There are 26 dammed lakes. Of the total number of seismic dislocations 4 have a volume of more than 100, 27 - from 10 to 100 and 37 - from 1 to 10 million m^3. The largest seismogenic rockfall is the rockfall of the Big Almaty Lake in the Ile Alatau. Its volume is 380 million m^3, the length of the route is 5.5 km, the height of the fall is 1300 m. The thickness of depositions reaches of 200 m. The area of disturbed lands is 3.8 km^2.

The zoning of the mountainous territory of South-Eastern Kazakhstan on the repeatability of seismic shocks with an intensity of more than 8 points on the MSK-64 scale was made using data on strong earthquakes with M more than 5 for the period from 1887 to 2015. Strong seismic shocks caused rockfalls and landslides repeated 3-4 times during this period In the central parts of the ranges Ile Alatau and Kungei Alatau. It is in these areas that the greatest density and the largest volumes of seismic dislocations are noted.

In the central and eastern parts of Zhetysu Alatau during the last 130 years there were no strong seismic shocks. However, in these regions, a high density of paleoseismodislocations is noted, among which 12 have volumes from 10 to 100 million m^3. This allows us to attribute these territories to territories with high frequency of strong earthquakes.

Keywords: earthquakes, landslides, rockfalls, seismic dislocations, zoning.

УДК 624.131.543:550.34(274.4)

А. Р. Медеу, В. П. Благовещенский, В. В. Жданов, С. У. Ранова

ТОО «Институт географии», Алматы, Казахстан

КРУПНЫЕ СЕЙСМОГЕННЫЕ ОБВАЛЫ И ОПОЛЗНИ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. В горных районах Юго-Восточного Казахстана выявлено 64 крупных современных и древних сейсмогенных оползней и обвалов. В хребте Жетысу Алатау насчитывается 27 гравитационных сейсмодислокаций, в Иле Алатау – 19, в Кунгей Алатау – 14 и в Терискей Алатау – 4. У 26 обвалов имеются завальные озера. Из общего количества сейсмодислокаций 4 имеют объем более 100, 27 – от 10 до 100 и 37 – от 1 до 10 млн. $м^3$. Самым крупным сейсмогенным обвалом является обвал Большого Алматинского озера в Иле Алатау. Его объем 380 млн. $м^3$, длина пути – 5,5 км, высота падения – 1300 м. Толщина завала достигает 200 м. Площадь нарушенных земель – 3,8 $км^2$.

По данным о сильных землетрясениях с М более 5 за период с 1887 по 2015 гг. выполнено районирование горной территории Юго-Восточного Казахстана по повторяемости сейсмических сотрясений интенсивностью более 8 баллов по шкале MSK-64. В центральной части хребтов Иле Алатау и Кунгей Алатау сильные сейсмические сотрясения, вызывавшие сход обвалов и оползней за этот период повторялись 3–4 раза. Именно в этих районах отмечена наибольшая плотность и наибольшие объемы сейсмодислокаций.

В центральной и восточной частях Жетысу Алатау за последние 130 лет сильных сейсмических сотрясений не наблюдалось. Однако в этих районах отмечена высокая плотность палеосейсмодислокаций, среди которых 12 имеют объемы от 10 до 100 млн. м^3. Это позволяет отнести эти территории к территориям с высокой повторяемостью сильных землетрясений.

Ключевые слова: землетрясения, обвалы, оползни, районирование, сейсмодислокации.

Введение. В горных районах сильные землетрясения с магнитудой более 6 часто сопровождаются такими опасными явлениями, как оползни и обвалы. Разрушительные последствия таких явлений могут быть даже больше, чем последствия самих землетрясений.

В 1911 г. при землетрясении на Памире Усойский обвал объемом 2 200 млн. м^3 в Таджикистане привел к образованию Сарезского озера глубиной 500 м, объемом 17 км^3 [1]. В Северном Тянь-Шане на территории Казахстана и Кыргызстана катастрофические сейсмогенные оползни и обвалы случались в 1887 и 1911 годах [2, 3]. При землетрясении 1920 г. в провинции Ганьсу под оползнями погибло около 100 000 человек [4]. Оползень при Хаитском землетрясении в Таджикистане в 1949 г. засыпал несколько поселков. Погибло 26 000 человек [5]. В Перу при землетрясении М 7,75 в 1970 г. гигантский ледово-каменный обвал с горы Уаскаран разрушил город Юнгай и еще несколько поселков. Погибло 18 000 человек [6]. Кашмирское землетрясение в Пакистане в 2005 г. вызвало сход 25 500 оползней. Погибло 87 500 человек [7]. Сычуаньское землетрясение М 7,9 в Китае в 2008 г. вызвало сход почти 200 000 оползней на площади 110 000 км^2. Объем самого крупного оползня превысил 750 млн. м^3. Число погибших составило почти 70 000 человек [8, 9].

Помимо оползней и обвалов при землетрясениях могут сходить и сели, которые возникают при прорывах завальных озер, образующихся на дне долин. Селевые потоки, вызванные землетрясениями, отмечались в Иле Алатау в 1887 г. [2], в 1949 г. на Тянь-Шане при Хаитском землетрясении [5], в Сычуане в Китае в 2008 [9], в 2011 г. в Японии [10].

Район исследований и использованные материалы. Район исследований расположен на юго-востоке Казахстана в пределах Алматинской области. Здесь находятся горные хребты Жетысу Алатау, Иле Алатау, Кунгей Алатау, Терискей Алатау и Узынкара. Все эти хребты являются пограничными и часть их территории расположена в Китае и Кыргызстане.

В исследовании использованы данные о землетрясениях, приведенные в литературе [2, 3, 11-13] и в Интернете [14-16]. Сведения о сейсмогенных обвалах, оползнях и завальных озерах получены из литературных источников, дешифрированием космических снимков Google и по крупномасштабным топографическим картам.

Результаты исследований

Дешифрированием космических снимков в горах Юго-Восточного Казахстана выявлено более 60 сейсмогенных оползней и обвалов (таблица, рисунок 1).

В хребте Иле Алатау имеется 19 крупных сейсмогенных оползней и обвалов. Многие из них образовались при Верненском землетрясении М 7,3, интенсивность которого составляла 9 баллов. Эпицентр землетрясения находился у подножия северного склона хребта. По данным И. В. Мушкетова, объем отдельных сейсмодислокаций превышал 50 млн. м^3, а общий объем перемещенных масс составил 440 млн. м^3 [2]. Через несколько часов после землетрясения по некоторым долинам прошли сели, образовавшиеся при прорывах завальных озер. Под оползнями и обвалами погибло 152 человека. Это больше, чем число погибших под развалинами домов в городе Верном.

Помимо сейсмодислокаций 1887 г. в Иле Алатау есть много древних обвалов. Размеры некоторых из них превышают размеры обвалов 1887 г. Самым крупным является сейсмогенный обвал на озере Улькен Алматы в центральной части Иле Алатау. Его объем составляет 380 млн. м^3, что позволяет отнести его к числу крупнейших сейсмодислокаций на Земле. По данным

Сейсмогенные обвалы, оползни и завальные озера в горных районах Юго-Восточного Казахстана

Бассейн реки	Высота, м над ур. м.	Высота падения, м	Вид сейсмодислокации	Объем завала, млн. м^3	Объем завального озера, млн. м^3
1	2	3	4	5	6
Хребет Иле Алатау					
Улкен Алматы	2500	1050	обвал	380	14
Озерная	2700	600	обвал	15	
Проходная	1300	900	обвал	54	
Кокчека	1300	600	обвал	24	
Ойжайлау	1200	500	оползень	6,0	
Жаманбулак	1000	500	оползень	30	
Тастыбулак	1200	400	оползень	6,5	
Есик	1750	800	обвал	24	15
Есик	3100	700	обвал	7,0	3,0
Аксай	1400	600	обвал	40	
Аксай	1300	400	оползень	25	
Аксай	1500	500	оползень	1,5	
Каскелен	1400	500	оползень	2,0	
Котурбулак	1300	600	оползень	5,4	
Прямая Щель	1200	550	оползень	84	
Широкая Щель	1300	500	оползень	1,5	
Киши Алматы	1400	300	оползень	12	
Ремизовка	1500	400	оползень	6,0	
Турген	1600	1200	обвал	150	
Хребет Кунгей Алатау					
Чон Урюкты	2200	1000	обвал	22	2,4
Кайынды	1850	900	обвал	15	1,2
Кольсай	1800	900	обвал	50	16
Кольсай	2430	800	обвал	20	20
Шелек	1800	880	обвал	30	
Шелек	1750	780	обвал	5	
Шелек	2400	750	обвал	3	
Шелек	1970	1310	обвал	8	
Шелек	2120	1080	обвал	6	
Шелек	3330	480	обвал	1,5	
Шелек	2800	800	обвал	36	
Шелек	3230	1060	обвал	2,4	
Шелек	3360	770	обвал	4,5	
Хребет Терискей Алатау					
Баянкол	3100	750	обвал	30	12
Баянкол 1	2600	560	обвал	21	
Баянкол 2	2720	950	обвал	5,0	
Улкен Кокпак	3050	600	обвал	25	20
Хребет Жетысу Алатау					
Аганакты	1700	750	обвал	120	35
Аганакты	2500	800	обвал	140	44
Баскан	2200	650	обвал	25	6,0
Коргас	2300	1000	обвал	50	15
Орта Тентек	2450	930	обвал	46	2,0
Орта Тентек	2440	410	обвал	34	0,22

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
Орта Тентек	2370	750	обвал	58	0,72
Тентек	2790	690	обвал	20	4,0
Тастау	2340	600	обвал	1,5	
Тастау	2010	610	обвал	2,1	
Жаманты	1940	680	обвал	34	1,3
Жаманты	1820	780	обвал	1,0	0,49
Жаманты	1410	570	обвал	7,2	1,6
Жаманты	2260	320	обвал	3,5	0,7
Жаманты	2160	430	обвал	2,4	0,55
Жаманты	2000	540	обвал	1,0	
Жаманты	1200	460	обвал	1,6	0,32
Жаманты	1080	580	обвал	12	
Жаманты	1490	650	обвал	27	
Жаманты	1680	740	обвал	10	
Коксуат	1080	430	обвал	2,2	
Коксуат	1100	300	обвал	2,3	
Коксуат	1420	1280	обвал	9,6	
Большой Баскан	2740	660	обвал	2,1	0,42
Большой Баскан	2550	850	обвал	28	19
Коксу	1820	440	обвал	68	
Коксу	1910	580	обвал	6,6	0,21
Кора	1410	700	обвал	3,9	

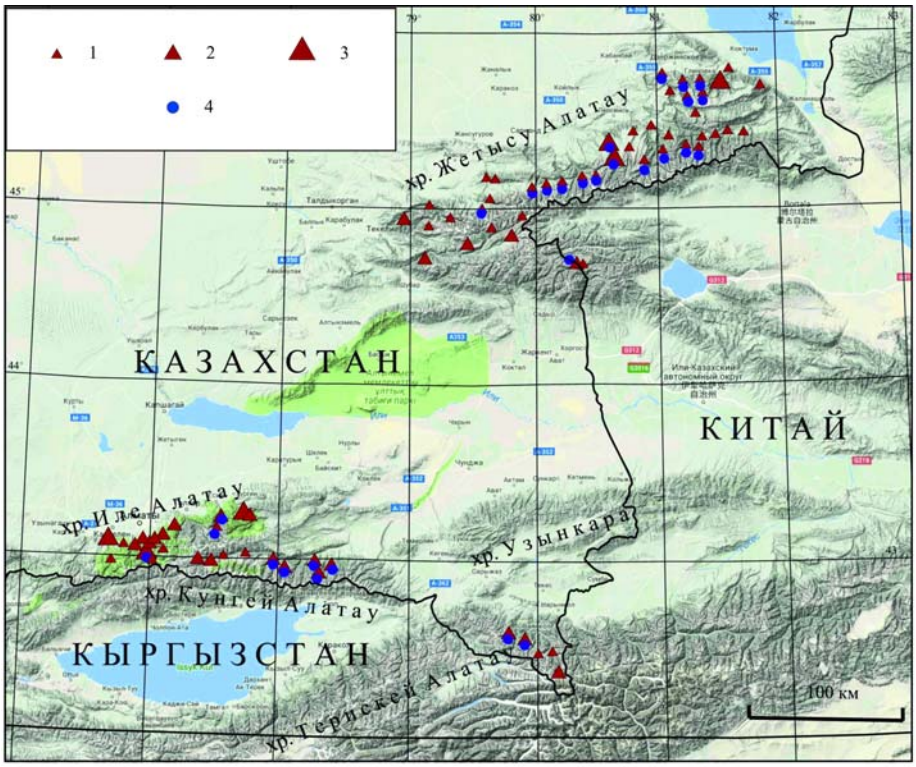


Рисунок 1 – Распространение крупных сейсмогенных обвалов, обвалов и завальных озер в горных районах Юго-Восточного Казахстана.
Объем перемещенных горных пород, млн. $м^3$: 1 – 1-10, 2 – 10-100, 3 – более 100; 4 – завальные озера

А.П. Горбунова [17], он был вызван землетрясением, случившимся 15–20 тыс. лет назад. В результате землетрясения произошло обрушение блока скальных гранитных пород длиной 1000 м и шириной 700 м. Вершина обвалившегося блока находилась на высоте 3300 м н.у.м. (рисунок 2). Поток раздробленных обломков гранита промчался 3 км через долину реки Улкен Алматы, дно которой располагалось на высоте 2400 м н.у.м., и взметнулся на противоположный борт долины на высоту 200 м. Такая высота заплеска возможна только, если скорость потока превышала 60 м/с. Следовавшие за передним валом массы повернули влево по уклону долины и прошли еще 2,5 км, остановившись на высоте 2000 м над ур. м. Общая длина пути обвала составила 5,5 км, высота падения – 1300 м. Длина завала на дне долины составила 4,8 км, максимальная ширина – 1000 м. Толщина завала, определенная геоморфологическими методами, достигала 200 м, составив в среднем 120 м. Площадь завала – 3,1 км^2. Общая площадь нарушения рельефа вместе с площадью ниши отрыва обвала составила 3,8 км^2.

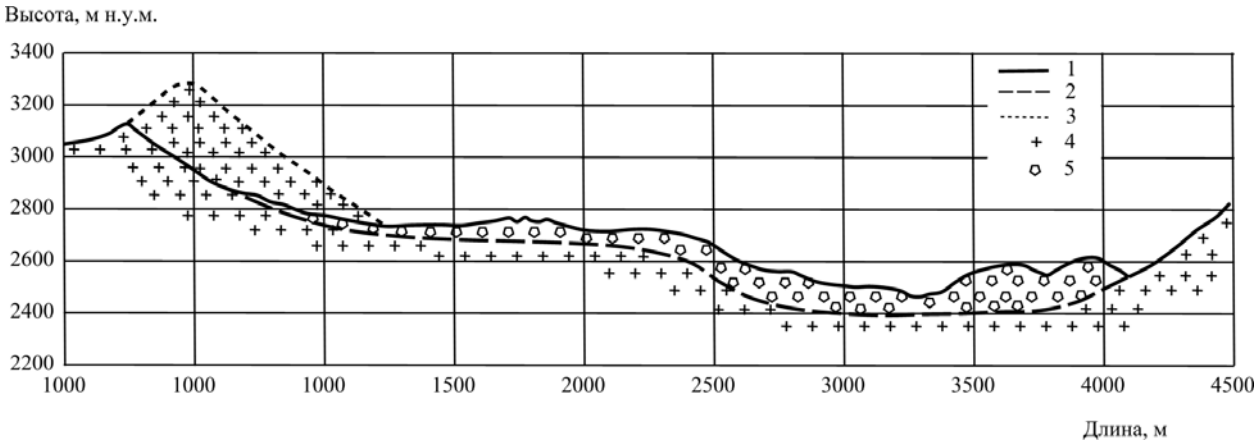


Рисунок 2 – Продольный профиль сейсмогенного обвала на Большом Алматинском озере:
1 – современная поверхность склонов, 2 – поверхность, перерытая обвальными отложениями,
3 – поверхность обвалившегося скального массива, 4 – коренные скальные породы, 5 – обвальные отложения

На дне долины возникла дамба, выше которой образовалось озеро, объем которого в настоящее время составляет 14 млн. м^3. Выше озера в бассейне реки Улкен Алматы есть несколько крупных прорывоопасных моренно-ледниковых озер. При прорыве одного из них может сформироваться сель объемом в несколько миллионов м^3. Сход такого селя в озеро приведет к вытеснению воды из озера и образованию ниже завала вторичного селя, который вызовет разрушения в нижней части долины реки Улкен Алматы.

Второй крупнейший обвал в Иле Алатау объемом 150 млн. м^3 находится в восточной части хребта, в бассейне реки Турген. Обвальный цирк имеет длину 3,3 км и ширину 1,3 на 1,3 км. Вершина его находится на высоте 3100 м над ур. м. Завал простирается вниз по долине до высоты 1320 м н.у.м. Длина завала – 5,2 км, средняя ширина – 400 м. Площадь завала – 2,5 км^2, площадь обрушения – 2,1 км^2, общая площадь нарушенных земель – 4,6 км^2.

В Иле Алатау сейсмогенные обвалы формируются преимущественно в среднегорной зоне (от 2000 до 3200 м над ур. м.), где распространены скальные породы, преимущественно граниты. Эта зона отличается крутосклонным глубокорасчлененным рельефом. Крутизна склонов здесь – более 30 градусов, глубина расчленения рельефа – более 500 м. Сейсмогенные оползни приурочены к низкогорной зоне (от 1000 до 2000 м над ур. м.), где распространены лессовидные суглинки. Склоны здесь положе, а глубина расчленения рельефа меньше, чем в среднегорной и высокогорной зонах.

В среднегорной зоне центральной части северного склона Иле Алатау плотность сейсмодислокаций составляет 1/100 км^2. Общая площадь нарушенных земель равняется 15 км^2. Это составляет около 1,5 % области их площади среднегорной зоны. В низкогорной зоне очень высока плотность сейсмогенных оползней, формирующихся из лессовидных суглинков. Здесь один сейсмогенный оползень приходится на 5 км^2. Суммарная площадь нарушенных земель для сейсмогенных оползней равняется 25 км^2, что соответствует примерно 5 % площади низкогорной зоны.

В хребте Жетысу Алатау два самых крупных сейсмогенных обвала находятся в центральной части северного склона хребта, в долине реки Аганакты бассейна реки Лепсы. Один обвал расположен на высоте 1700 м над ур. м. Его объем 120 млн. м^3, площадь нарушенных земель – 4,5 км^2. Выше завала образовалось озеро Нижний Жасылкол объемом 35 млн. м^3. Второй обвал находится на высоте 2500 м над ур. м. Объем этого обвала – 140 млн. м^3, площадь нарушенных земель – 3,4 км^2. Завалом подпружено озеро Верхний Жасылкол объемом 44 млн. м^3.

Однако больше всего сейсмогенных обвалов отмечено в западной части Жетысу Алатау, в бассейнах рек Тентек, Жаманты и Тастау. Там обнаружено 20 сейсмогенных обвалов. Из них 8 обвалов имеют объем более 10 млн. м^3. В этом районе один обвал приходится на 70 км^2 площади. Доля земель, нарушенных сейсмодислокациями, составляет 1,5 %.

В центральной части Жетысу Алатау, в бассейнах рек Большой Баскан, Баскан, Саркан и Аксу имеется шесть крупных сейсмодислокаций, Объем двух из них превышает 100 млн. м^3. Плотность сейсмогенных обвалов составляет 1/250 км^2. Доля площади нарушенных земель – 0,5 %.

Меньше всего сейсмодислокаций отмечено в западной и южной частях Жетысу Алатау, в бассейнах рек Каратал, Осек и Коргас. Здесь имеется четыре крупных сейсмодислокации объемом от 25 до 68 млн. м^3. Плотность сейсмодислокаций составляет 1/500 км^2. Доля площади нарушенных земель 0,1 %.

В хребте Кунгей Алатау, в бассейне реки Шелек отмечено 13 крупных сейсмогенных обвалов. Самыми крупными являются обвалы Чон Урюкты, объемом 22 млн. м^3, Колсай Нижний (50 млн. м^3), Колсай Верхний (20 млн. м^3) и Кайынды (15 млн. м^3). У всех этих обвалах имеются озера, которые неоднократно прорывались [18]. В этом районе одна сейсмодислокация приходится на 70 км^2, а доля площади нарушенных земель составляет 1 %.

В казахстанской части хребта Терискей Алатау, на площади 400 км^2 обнаружено четыре сейсмодислокации. Из них три имеют объем более 10 млн. м^3. У двух обвалов есть подпруженные озера. Плотность сейсмодислокаций составляет 1/100 км^2. Доля площади нарушенных земель – 0,5 %.

Территориальные различия в плотности сейсмодислокаций хорошо согласуются с картой сейсмического районирования. Районы с высокой плотностью сейсмодислокаций приурочены к районам, где возможны землетрясения интенсивностью 9 баллов. Однако в центральной и восточной частях Жетысу Алатау отмечается высокая плотность сейсмодислокаций, в то время как на карте сейсморайнирования эта территория отмечена, как территория, где возможны землетрясения интенсивностью только 7 баллов. Такое несоответствие объясняется тем, что карта сейсмического районирования составлялась по данным о землетрясениях за период инструментальных наблюдений (около 130 лет). Палеосейсмодислокации несут информацию о землетрясениях за несколько тысяч лет. Поэтому они являются более надежными источниками сведений о землетрясениях редкой повторяемости, и их необходимо принимать во внимание при оценке максимальной интенсивности землетрясений.

Заключение. В горных районах оползни и обвалы происходят при землетрясениях магнитудой более 6 на территории, где сила землетрясения превышает 8 баллов по шкале MSK-64. Вероятность формирования сейсмогенных оползней, обвалов и селей необходимо учитывать при оценке природного риска в сейсмоактивных горных районах.

Благодарности. Статья написана по результатам исследований по программе грантового финансирования Комитета науки МОН РК «Опасные экзогенные процессы, вызываемые землетрясениями, в Казахстане и их влияние на рациональное природопользование» № 2116/ГФ4.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Голицын Б. О землетрясении 18 февраля 1911 // Известия И.А.Н. – 1915. – № 11. – С. 991–998.

[2] Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. // Труды геологического комитета. – 1890. – Т. 10, № 1. – С. 1–140.

[3] Богданович К.И., Карк С.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И.. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1910 г. (4 января 1911 г.) // Труды Геологического Комитета. Новая серия. – 1914. – Вып. 89. – С. 1–203.

[4] Close, U., and E. McCormick. Where the Mountains Walked // National Geographic Magazine. 1972. Vol. 41, № 5. P. 445–464.

[5] Evans S.G., Roberts N.J., Ischuck A. Landslides triggered by the 1949 Khait earthquake, Tajikistan, and associated loss of life // Engineering Geology. 2009. № 109 (3-4). P. 195–212.

[6] Cliff L.S. Peru Earthquake of May 31, 1970. // Seismological Society of America Bulletin. 1971. Vol. 61, № 3. P. 511–521.

[7] Dunning S., Mitchell W., Rosser N. The Hattian Bala rock avalanche and associated landslides triggered by the Kashmir Earthquake of 8 October 2005 // Engineering Geology. 2007. № 93 (3-4). P. 130–144.

[8] Cui P., Chen X.Q., Zhu Y.Y. The Wenchuan Earthquake (May 12, 2008), Sichuan Province, China, and resulting geohazards // Nat. Hazard. 2011. № 56, P. 19–36.

[9] Chigira M., Wu X., Inokuchi T., Wang G. Landslides induced by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan, China // Geomorphology. 2010. № 118, P. 225–238.

[10] Toyohiko M., Daisuke H., Hiroshi Ya. Reconnaissance report on landslide disasters in northeast Japan following the M 9 Tōhoku earthquake // Landslides. 2011. Vol. 8. № 3. P. 339–342.

[11] Рябенко О.В., Соколов А.Н. Инструментальные записи землетрясений Алматинской области // Ядерный потенциал Республики Казахстан: сборник докладов. Астана, – 2014. – С. 10–16.

[12] Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Алматы. – Алматы: Наука, – 1999. – 160 с.

[13] Михайлова Н.Н., Аристова И.Л., Мукамбаев А.С. Унифицированный каталог землетрясений территории Республики Казахстан и прилегающих регионов (с древнейших времен до 2009 г.) // Вестник НЯЦ РК. – 2015. – № 4. – С. 132–143.

[14] Мировой центр данных по физике твердой земли. Каталог землетрясений в СССР. Электронный ресурс. http://www.wdcb.ru/sep/seismology/search/search.ru.html

[15] Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция МОН РК. Электронный ресурс. http://www.some.kz/

[16] IRIS Earthquake Browser. Электронный ресурс. http://ds.iris.edu/ieb/index.html

[17] Горбунов А.П. О возрасте Большого Алматинского озера. // Изв. АН КазССР. Серия геол. – 1989. – № 4. – С. 78-80.

[18] Медеу А.Р., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Антология селевых явлений и их исследований. – Алматы, 2016. – 576 с.

REFERENCES

[1] Golitsyn B. About earthquake of February 18, 1911. // News of I.A.S., 1915, No. 11, pp. 991–998 (in Russ.).

[2] Mushketov I.V. Verniy's earthquqke of May 28 (June 9), 1887. // Proceedings of the Geological Committee, 1890, Vol. 10, No. 1, pp. 1–140 (in Russ.).

[3] Bogdanovich K.I., Kark C.M., Korolkov B.Ya., and Mushketov D.I. Earthquake in the northern ranges of Tien-Shan of December 22, 1910 (January 4, 1911). // Proceedings of the Geological Committee, New series, 1914, Issue 89, pp. 1–203 (in Russ.).

[4] Close, U., and E. McCormick. Where the Mountains Walked. // National Geographic Magazine, 1972, Vol. 41, No. 5, pp. 445–464.

[5] Evans S.G., Roberts N.J., and Ischuck A. Landslides triggered by the 1949 Khait earthquake, Tajikistan, and associated loss of life. // Engineering Geology, 2009, No. 109 (3-4), pp. 195–212.

[6] Cliff L.S. Peru Earthquake of May 31, 1970. // Seismological Society of America Bulletin, 1971, Vol. 61, No. 3, pp. 511–521.

[7] Dunning S., Mitchell W., and Rosser N. The Hattian Bala rock avalanche and associated landslides triggered by the Kashmir Earthquake of 8 October 2005. // Engineering Geology, 2007, No. 93 (3-4), pp. 130–144.

[8] Cui P., Chen X.Q., and Zhu Y.Y. The Wenchuan Earthquake (May 12, 2008), Sichuan Province, China, and resulting geohazards. // Nat. Hazard, 2011, No. 56, pp. 19–36.

[9] Chigira M., Wu X., Inokuchi T., and Wang G. Landslides induced by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan, China.// Geomorphology, 2010, No 118, pp. 225–238.

[10] Toyohiko M., Daisuke H., and Hiroshi Ya. Reconnaissance report on landslide disasters in northeast Japan following the M 9 Tōhoku earthquake. // Landslides, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 339–342.

[11] Ryabenko O.V., and Sokolov A.N. Instrumentation records of earthqoukes of Almaty district, // Nuclear potential of the Republic of Kazakhstan: collection of reports. Astana, 2014, pp. 10-16 (in Russ.).

[12] Nurmagambetov A. Seismic history of Almaty. Almaty: Nauka (Publ.), 1999, 160 p. (in Russ.).

[13] Mikhaylova N.N., Aristova I.L., and Mukambaev A.S. The unified catalog of earthquakes in the territory of the Republic of Kazakhstan and adjacent regions (from ancient times to 2009). // Newsletter of NNC of RK, 2015, No. 4, pp. 132–143 (in Russ.).

[14] World Center on Solid Earth Physics. Catalog of earthquakes of USSR. Electronic resource. http://www.wdcb.ru/sep/seismology/search/search.ru.html

[15] Seismological experimental-methodical expedition of the MES RK. Electronic resource. http://www.some.kz/

[16] IRIS Earthquake Browser. Electronic resource. http://ds.iris.edu/ieb/index.html

[17] Gorbunov A.P. About age of the Bolshoe Almatinskoe Lake. // News of AS KazSSR. Geol. Series, 1989, No. 4, pp. 78-80 (in Russ.).

[18] Medeu A.R., Baymoldaev T.A., and Kirenskaya T.L. Mudflows of South-Eastern Kazakhstan: Anthology of mudflows events and mudflow investigations. Almaty, 2016, 576 p. (in Russ.).

А. Р. Медеу, В. П. Благовещенский, В. В. Жданов, С. У. Ранова

«География институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан

ОҢТҮСТІК ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАУЛЫ АУДАНДАРЫНДАҒЫ ІРІ СЕЙСМОГЕНДІ ОПЫРЫЛМАЛАР МЕН ЖЫЛЖЫМАЛАР

Аннотация. Оңтүстік шығыс Қазақстанның таулы аудандарында 64 ірі қазіргі және көне сейсмогендік жылжымалар мен опырылмалар анықталған. Жетісу Алатауы жотасында 27 гравитациялық сейсмодислокациялар бар, Іле Алатауында – 19, Күнгей Алатауында – 14 және Терiскей Алатауында – 4. Соның ішінде 26 опырылманың үйінділі көлдері бар. Жалпы барлық сейсмодислокацияның ішінде 4-нің көлемі 100 млн. $м^3$ астам, 27 – 10-нан 100 дейін, 37 – 1-ден 10 млн. $м^3$ ие. Ең ірі сейсмогендік опырылма Іле Алатауындағы Үлкен Алматы көлінің опырылмасы. Оның көлемі 380 млн. $м^3$, жүру жолының ұзындығы – 5,5 км, құлау биіктігі – 1300 м. Үйінді қалыңдығы 200 м. Бұзылған жер көлемі – 3,8 $км^2$.

1887–2015 жж. аралығындағы М 5-тен жоғары күшті жер сілкіністер туралы мәліметтер бойынша, оңтүстік шығыс Қазақстан таулы аумағына MSK-64 шкаласы бойынша қуаты 8 балдан жоғары сейсмикалық сілкіністің қайталануы бойынша аудандастыру жасалды. Іле Алатауы мен Күнгей Алатауының орталық бөліктерінде осы кезең аралығында опырылмалар мен жылжымаларды қалыптастырған ірі сейсмикалық сілкіністер 3–4 рет қайталанған. Нақты осы аудандарда сейсмодислокациялардың аса тығыз және аса көп көлемі кездеседі.

Жетісу Алатауының орталық және батыс бөліктерінде соңғы 130 жылда күшті сейсмикалық сілкіністер байқалмады. Бірақ бұл аудандарда палеосейсмодислокациялардың жоғары тығыздығы анықталған, олардың ішінде 12-нің көлемі 10-нан 100 млн. $м^3$ жетеді. Бұл мәліметтер осы аумақты күшті жер сілкінісінің жиі қайталану аумағына жатқызуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: жер сілкінісі, опырылмалар, жылжымалар, аудандастыру, сейсмодислокациялар.

Сведения об авторах:

Медеу Ахметкал Рахметуллаевич – академик НАН РК, профессор, доктор географических наук, директор ТОО «Институт географии» МОН РК, Ingeo_2009@mail.ru.

Благовещенский Виктор Петрович – доктор географических наук, заведующий лабораторией природных опасностей ТОО «Институт географии» МОН РК, victor.blagov@mail.ru.

Жданов Виталий Владимирович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ТОО «Институт географии» МОН РК, zhdanovvitaliy@yandex.kz,.

Ранова Сандугаш Усеновна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник ТОО «Институт географии» МОН РК, sandu2004@mail.ru.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 115 – 126

A. A. Bekkuliyeva[1], F. Zh. Akiyanova[2]

[1]"The Institute of Geography" LLP, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,
[2]The branch of LLP "The Institute of Geography", Satbayev University, Astana, Kazakhstan.
E-mail: aruzhan.bekkuliyeva@mail.ru, akiyanovaf@mail.ru

KARST-ABRASION LAND FORMS OF COASTAL ZONE OF MANGYSTAU PENINSULA

Abstract. The Mangystau Peninsula (Mangyshlak), due to the wide development of karst rocks, the special features of tectonic, hydrogeological, hydrological, climatic and anthropogenic conditions are characterized by the development of karst processes with the creation of various forms of landscape. The karst processes activated by the ancient water level fluctuations in the Caspian Sea is naturally reflected in the structure and morphology of the coastal zone.

Within the sea coast of the peninsula niches, cornices, caves, karst-erosion ravines and large sink holes are widely developed. The correlation between karst forms and the ancient coastal lines of the Caspian Sea and the possibility of their tracing within different types of coasts allows determining the relative age of their location and development. In addition to the analysis of the karst forms location on the coastal strip, the relative age was determined on the basis of geological-geomorphological correlation, archaeological and historical data.

New materials on the morphology of karst forms and development history of the coastal zone during the Quaternary transgressions of the Caspian Sea have been updated on the base of GIS technologies and actual satellite imagery application, field research, survey from an unmanned aerial vehicle.

The study of karst-abrasion forms of the Mangystau peninsula is of considerable interest in terms of paleogeographic conditions reconstruction of the region. The studied niches, caves and other karst cavities is an accurate indicator for determining the Caspian Sea level standing in the Quaternary period.

Key words: karst-abrasion land forms, karstic rocks, coastal zone, Caspian Sea, Mangystau Peninsula.

УДК 551.43+551.44+551.4.02

А.А. Беккулиева[1], Ф.Ж. Акиянова[2]

[1]ТОО «Институт географии», Сатбаев Университет, Алматы, Казахстан,
[2]Филиал Института географии, Сатбаев Университет, Астана, Казахстан

КАРСТОВО-АБРАЗИОННЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ПОЛУОСТРОВА МАНГЫСТАУ

Аннотация. Полуостров Мангыстау (Мангышлак), в связи с широким развитием карстующихся пород, особенностями тектонических, гидрогеологических, гидрологических, климатических и антропогенных условий, характеризуется развитием карстовых процессов с созданием различных форм рельефа. При этом активизация карстовых процессов при различных древних стояниях Каспийского моря закономерно отразилась на строении и морфологии береговой зоны.

Вдоль побережья широко развиты ниши, карнизы, пещеры, карстово-эрозионные овраги и крупные провалы, приуроченность которых к древним береговым линиям Каспийского моря и возможность их отслеживания в пределах различных типов берегов позволила определить относительный возраст их заложения и развития. Кроме анализа местоположения карстовых форм прибрежной полосы относительный возраст определялся на основе геолого-геоморфологических соотношений, археологических и исторических данных.

На основе применения геоинформационных технологий и актуальных цифровых космических снимков, проведения полевых исследований, съемки с беспилотного летательного аппарата, получены новые и уточнены имеющиеся материалы по морфологии карстовых форм, истории развития береговой зоны в эпохи четвертичных трансгрессий Каспийского моря.

Изучение карстово-абразионных форм рельефа полуострова Мангыстау представляет значительный интерес в плане реконструкции палеогеографических условий района. Изученные ниши, пещеры и другие карстовые полости являются одним из индикаторов определения уровней стояния Каспийского моря в четвертичный период.

Ключевые слова: карстово-абразионные формы рельефа, карстующиеся породы, береговая зона, трансгрессия, Каспийское море, полуостров Мангыстау.

Введение. Одним из районов с широким распространением карстовых форм рельефа является полуостров Мангыстау, который выделяется в отдельный карстовый район – равнинный Мангыстау с повышенной степенью развития карстовых процессов береговой зоны [1]. Рассматриваемая береговая зона включает в себя часть суши и прилегающего моря, испытывающих прямое воздействие волн. Ширина изученной береговой зоны изменяется от нескольких десятков метров до 10 километров.

Широкое распространение известняков сарматского, мэотического и понтического ярусов неогенового возраста, незначительное количество атмосферных осадков, высокая испаряемость и отсутствие постоянной гидрографической сети, обусловили не всегда отчетливое проявление поверхностных форм карста: каверн, ячей, карров, воронок, западин, котловин, пещер, оврагов и карстово-эрозионных долин [2, 3]. Карст прибрежных уступов Мангыстау отличается широким развитием ниш, карнизов и пещер, расположение которых позволяет рассматривать вопрос их связи с колебаниями уровня Каспийского моря. В соответствии с перемещениями уреза воды закономерно происходит активизация карстовых процессов [4, 5]. Указанные карстовые формы развиваются как под влиянием выщелачивания, так и в результате абразионного разрушения и воздействием ветра. Морские воды достаточно агрессивны по отношению к кальциту, что способствует интенсивному выщелачиванию карбонатных пород.

В последние годы многие исследователи изучали причинно-следственные связи изменения уровня Каспийского моря в четвертичное время [6-13]. Однако, не так много работ посвящено динамике изменения рельефа казахстанского побережья под воздействием колебаний уровня Каспийского моря. Колебания уровня моря являются не только важным фактором изменения морфологии карстовых форм береговых уступов полуострова Мангыстау [2], но и определяющим фактором перестройки берегов [12-15], времени их заселения [16-18] и хозяйственного освоения. В связи с этим, изучение морфологии карстовых форм береговой зоны, непрерывно меняющихся при колебаниях уровня моря, имеет не только научное, но и практическое значение, обусловленное интенсивными разработками природных ресурсов побережья. Местоположение и активность проявления карстовых форм береговой зоны полуострова Мангыстау связана в большей степени с историей колебаний уровня Каспийского моря. Не останавливаясь на ранних стадиях развития Каспийской впадины, отметим, что в плейстоцене достоверно устанавливаются бакинская, хазарская и хвалынская, а в голоцене новокаспийская трансгрессивные эпохи, разделенные глубокими и менее продолжительными периодами регрессии [19][19].

В пределах обширной территории Мангыстау только в прибрежной полосе, в той или иной мере сохранились следы древнекаспийских трансгрессий. Изучение четвертичных отложений на берегах Каспия показывают, что более древние береговые линии значительно деформированы [10-15, 19-23]. Так, бакинская терраса в пределах Мангыстау располагается на уровне Каспия (ниже –20 м). Террасы Хазарского моря, имеющие возраст 200–350 тыс. лет, менее деформированы. На полуострове Мангыстау самая высокая из хазарских уровней располагается вблизи нулевой горизонтали.

В отличие от более древних уровней, хвалынские террасы характеризуются прекрасной сохранностью и выраженностью в рельефе [21]. Отложения хвалынского моря образуют террасы вдоль побережья Мангыстау и по склонам впадин Кошкарата, Каракия и Ащысор. Амплитуды максимального и минимального стояния уровня моря в хвалынское время колебались от +50 м

до –48 - –50 м абс. высоты. Раннехвалынская трансгрессия охватывала низменные побережья до отметок +50 м и была самой кратковременной. Для раннехвалынской трансгрессии Г.И. Рычагов выделяет регионально выдержанные береговые уровни на абсолютных высотах 46–48, 34–35 (талгинский), 28–30, 20–22 (буйнакский) и 14–15 м (туркменский) [21]. На Мангыстауском побережье нижнехвалынские отложения образуют маломощный покров из гальки, гравия и песка с редкой ракушей, развитый на довольно узких абразионных террасах, которые весьма редко достигают ширины 10 км и более. Наиболее характерные береговые линии этих террас расположены на абс. высотах: +46 м, +37 м, +22 м и +15 м. На северном побережье Мангыстау и на берегах впадины Каракия, куда заходят нижнехвалынские отложения, террасы врезаны в древние оползни. Оползневые явления были также развиты в период формирования самых высоких террас.

В верхнехвалынском горизонте выделяются три террасы: 1) махачкалинская (по г. Махачкала), высотой –2 м; 2) сартасская высотой –12 м; 3) дагестанская, высотой –16 м [22]. Максимальный уровень позднехвалынского бассейна был близок к нулевой отметке, минимальный опускался до –22 м. В Мангыстау позднехвалынские террасы прослеживаются у мысов Караманды (Скалистый) и Меловой. На мысе Меловом отчетливо видны две верхнехвалынские террасы – на высотах –16 м и –12 м.

Начало новокаспийского века совпало с низким стоянием уровня моря и состоит из двух крупных подъемов, не превышавших отметок –20 м абс. высоты. Новокаспийские отложения, представленные преимущественно прибрежными накоплениями, занимают довольно узкую прибрежную полосу Мангыстау. Они образуют одну террасу на высоте около –22 м и несколько более низких береговых валов [21, 22].

Цель и методы исследований. В соответствии с изложенным, целью явилось изучение карстовых форм рельефа береговой зоны полуострова Мангыстау и их возможная связь с хвалынскими и новокаспийскими трансгрессиями Каспийского моря. Основными задачами явились помимо анализа опубликованных работ по проблеме, геолого-геоморфологические исследования береговой зоны с определением позиции преобладающих видов карстовых форм, камеральная обработка и картографирование ключевых участков, включая приуроченность исторических и археологических артефактов.

Статья основана на полевых и камеральных исследованиях авторов, проведенных в 2009–2017 годы, анализе опубликованных и фондовых материалов, на обработке актуальных космических снимков и картографических материалов разных лет. Исследования проведены в 10-км полосе побережья полуострова Мангыстау общей протяженностью береговой линии в 650 км. Методами полевых исследований явились маршрутные наблюдения с детальным обследованием территорий 5 ключевых участков, приуроченных к различным карстовым районам.

Территория исследований и результаты. В соответствии с районированием, территорию исследований относят к карстовой провинции Туранской плиты [24], которую тектонически связывают со Средиземным складчатым поясом. На основе различия типов рельефа и геологической структуры заложившейся в альпийское время, выделяются 3 карстовые области: Горная Центрально-Мангыстауская, Равнинная Южно-Мангыстауская и Равнинная Туаркырская [25, 26] (рисунок 1).

Горный Мангыстау состоит из хребтов Каратау, Северный и Южный Актау, из которых в территорию исследований входят только западные отроги хребта Северный Актау. Карст здесь представлен трещинами, карнизами, нишами, пещерами, реже западинами, заполненными песком и щебнем.

Равнинный Мангыстау представляет собой плато ограниченное отчетливыми уступами, абсолютные отметки поверхности уменьшаются с северо-востока на юго-запад от 270 до 50 м. Наиболее распространены карбонатные отложения неогеновой системы [4].

Карстовые формы поверхности плато довольно разнообразны. Микро- и мезоформы – каверны, карры, ячейки, соты, ниши и др. существуют как самостоятельно, так и накладываются на более крупные карстовые формы. Наиболее распространены коррозионные, коррозионно-просадочные воронки, а также западины, менее – карстовые котловины, образующиеся при разрастании и слиянии воронок и западин. Карстовые явления связаны в основном с известняками и мергелями неогена [27]. Общая мощность неогеновых осадков изменяется от 30 до 150 м.

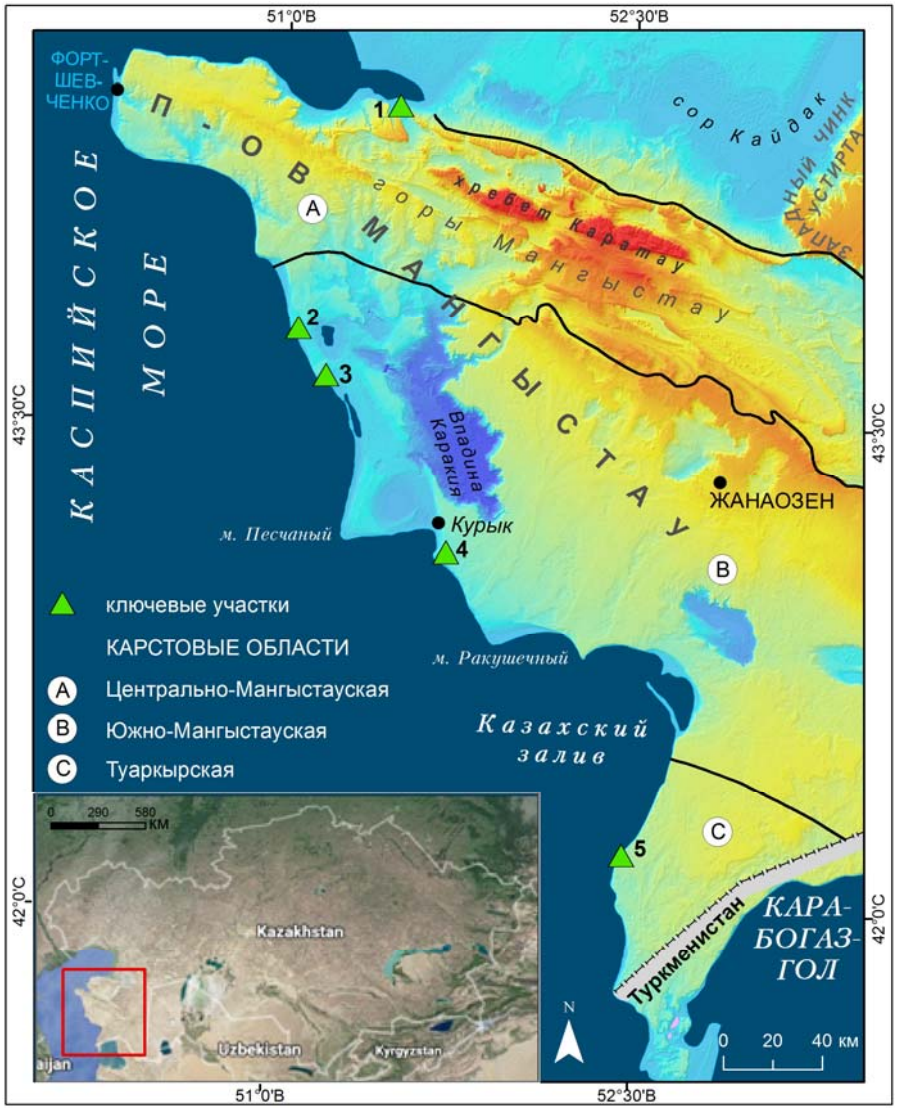


Рисунок 1 – Районирование карста полуострова Мангыстау. Ключевые участки исследования:
1 – южное побережье залива Кошак, 2 – мыс Караманды, 3 – мыс Меловой, 4 – мыс Жыланды, 5 – мыс Адамтас

Figure 1 – Karst regionalization of Mangystau Peninsula. Study area:
1 – south coast of the Koshak gulf, 2– cape Karamandy, 3 – cape Melovoy, 4 – cape Zhylandy, 5– cape Adamtas

На большей части территории Равнинного Мангыстау карстующиеся породы перекрыты элювием, мощностью от 0,5 до 3,0 м, преобладает перекрытый, подэлювиальный тип карста. На пляжах и террасах поверхность известняков перекрывают водопроницаемые морские отложения: пески, суглинки и супеси, мощностью 2–20 м, т.е. имеют место перекрытый тип карста, представленный коррозионно-просадочными воронками и западинами. В береговых обрывах плато, где карстующиеся породы обнажены, наблюдается голый (открытый) карст [4].

По всей береговой зоне, от северной части полуострова Тупкараган до южной границы Казахстана в известняках неогена на нескольких уровнях развиты ниши, карнизы и карстово-абразионные пещеры разных размеров. Их образованию способствуют каверны и трещины в известняках, особенно активная абразия.

Микроформы и мезоформы поверхностного карста на обнаженных карбонатных и сульфатных породах развиваются под воздействием атмосферных, талых и конденсационных вод, а также морских брызг в полосе прибоя Каспия. Микро- и мезоформы представлены губчатой и раковистой

поверхностью, карами, ячейками, сотами, нишами, закарстованными трещинами и кавернами. Преобладание тех или иных форм карста зависит от степени растворимости пород, их плотности, структуры и пространственного положения (горизонтальное, наклонное, вертикальное).

Карстовые области, по стойкости пород, наличию покровных отложений и преобладанию основных карстовых форм рельефа, подразделяются на ряд районов. В каждом районе исследовано несколько ключевых участков, охарактеризованных различными проявлениями карста. Описано геоморфологическое строение участков, увязанное с установленными молодыми трансгрессиями Каспийского моря, а также приведены исторические данные и археологические артефакты.

Ниши наблюдаются практически повсеместно по фронту современных клифов, протяженность их изменяется от нескольких метров до 80–100 метров, углубление достигает 9–10 метров. Форма ниш различная. Особенностью является выступающая кровля в виде навеса, наклонный свод с уменьшением вглубь ниши, плоская или слабонаклонная поверхность «подошвы». В высоких, практически вертикальных абразионных уступах полуострова Мангыстау, наблюдается несколько уровней ниш, протягивающихся нередко на значительные расстояния. Их формирование и развитие связано как с определенными стояниями уровня моря, так и с горизонтальными прослоями менее устойчивых пород. В каждом отдельном случае проводилось их картирование и, корреляция с уровнями террасовых поверхностей смежных склонов.

Ниши изучены у залива Кошак, между мысами Караманды и Меловой, у мыса Жыланды и Адамтас. Результаты исследований свидетельствуют о приуроченности вертикальных уровней ниш к стояниям хвалынских и новокаспийских трансгрессий Каспийского моря.

Участок 1. Комплекс ниш и пещер на южном побережье залива Кошак. Южнее залива Кошак, в бортах широкой плоскодонной сухой долины Каракабак, прорезающей западные отроги хребта Северного Актау, наблюдается множество ниш (рисунок 2). Борта долины сложены карбонатными породами, осложнены множеством трещин, по которым формируются карстово-эрозионные овраги. Склоны испещрены карстовыми микроформами: ячеи, соты, лунки и борозды.



Рисунок 2 – Ниша в отвесном уступе долины Каракабак

Figure 2 – The niche in the karst ledge of Karakabak valley

Наиболее показательная ниша приурочена к подошве уступа плато, основание которого закрыто обвально-осыпным шлейфом (рисунок 2). Открытая вертикальная часть уступа составляет 17–20 м. Высота ниши достигает 3 м, по мере углубления понижается до 1,5 м. Свод ниши образуют горизонтально залегающие слоистые известняки, форма свода ступенчатая, за счет обрушения части слоистых пород. На своде наблюдается натечный слой. По центру свода наблюдается крупная трещина. Пол имеет слабый уклон к внешней части ниши. Ширина видимой части ниши 38 м, глубина изменяется от 1–2 м по краям до 9 м в центральной части. По краям и внешней части ниши наблюдается рукотворная кладка из обломков известняка-ракушечника: пространство использовалось для загона скота. В соответствии с измерениями нижняя часть ниши расположена на отметке в 8 метров абсолютной высоты. Далее по склону этот уровень прослеживается в виде абразионной поверхности, расчленённой многочисленными карровыми бороздами. Возникновение

протяженной ниши и абразионной площадки совпадает с уровнем Каспийского моря раннехвалынского времени.

Участок 2. Комплекс ниш и пещер в районе мыса Караманды. Группа ниш и пещер были обследованы в районе мыса Караманды в 2009 и 2017 гг. Абразионный уступ плато Мангыстау у мыса представлен клифом высотой 14 м. Поверхность плато сложена неогеновыми известняками мэотического яруса, которые на отдельных участках перекрыты маломощным покровом четвертичных осадков. В уступе четко различим бронирующий слой желтых известняков. В нижней части уступа наблюдаются крупные глыбы обвалов, у воды просматривается абразионная поверхность позднеховокаспийской террасы. Южнее мыса Караманды узкой полосой вдоль уступа прослеживается комплекс смешанных террас хвалынского и новокаспийского возрастов, которые расширяются южнее, в сторону г. Актау.

На данном участке исследований пещеры и ниши наблюдаются часто и приурочены к современному уровню моря. В связи с тем, что береговая зона в последние 7–8 лет активно застраивается, в том числе и на участках развития карста, проведено изучение территорий с активизацией карстовых процессов. Изучена пещера трещинного происхождения, расположенная в нижней части 5–7 м абразионного уступа (рисунок 3) на окраине села Акшукыр. Вход усложнен выступающими по бокам карнизами. Ширина входа по полу составила 5,3 м, высота – 2,3 м, глубина пещеры достигает 19,3 м. Пещера расширяется по трещине, которая четко прослеживается как внутри, так и снаружи пещеры. Ширина трещины достигает 10–12 см, наблюдается сдвиг по трещине. Несмотря на опасность разрушения над пещерой выстроен трехэтажный жилой дом.



Рисунок 3 – Пещера трещинного происхождения на окраине села Акшукыр

Figure 3 – Cave of fissure origin near the village of Akshukyr

Обрушенная пещера глубиной 4,5 м, шириной 6 м, высотой 2,9 м находится севернее предыдущей. Наименьшая высота внутри пещеры 1,6 м, а максимальная 2,3 м, пещера слепая. Патина на стенах и потолке подтверждает длительное стояние моря. Остальные карстово-абразионные пещеры в пределах исследованного участка на м. Караманды имеют меньшие размеры и по своему устройству сходны с вышеописанными.

Севернее наблюдается крупная ниша длиной 11 м, шириной 10,5 м, высота входа 3,6 м. Вглубь ниши занесено много мелкого песка. У входа крупные валуны, близко к берегу пол ниши разрушен и образованы два уровня высотой 0,5 м и 1,4 м. На стене имеются натечные образования, верхняя бронированная часть толщиной 0,5 м сложена известняками небольшой мощности, породы разбиты трещинами, по которым идут разрушения. Большая часть ниш, выработанных в уступах неогеновых известняков у мыса Караманды, приурочены к уровням стояния поздне и раннеховокаспийского времени (–27 м, –25 м). На поверхности позднехвалынской абразионной террасы расположены жилые постройки (уровень –22 м).

Участок 3. Карстовые формы рельефа у мыса Меловой. На следующем участке исследований – мысе Меловом отчетливо видны две верхнехвалынские террасы – на высотах –16 м и –12 м.

Нижняя терраса сложена рыхлыми песчанистыми отложениями, верхняя – врезана в неогеновые известняки.

Южнее мыса Мелового эти террасы, особенно верхняя, достигают большой ширины, образуя ровные, слабо всхолмленные поверхности. Они сложены песками с мелкой галькой и ракушей.

В пределах города Актау в районе мыса Меловой, ярко выражены формы морского карста, наблюдаемые на поверхности известняковых плит неогенового возраста, расположенные на уровне воздействия современной абразии. Наиболее характерными формами являются многочисленные лунковые карры разных размеров (рисунок 4). Диаметр лунок в среднем 5–10 см, встречаются более крупные формы до 16 см, глубиной до 13–15 см. Они располагаются как отдельно, так и группами (гнездами), примыкая почти вплотную друг к другу и занимают довольно большие пространства.



Рисунок 4 – Лунковые карры в известняковых плитах неогена в г. Актау

Figure 4 – Egg hole karrens in limestone slabs of the Neogene stage in Aktau city

Наиболее интересной карстовой формой в пределах города Актау является пещера у мыса Меловой, которая развита в береговом отвесном уступе плато высотой 20 м. Уступ сложен горизонтально залегающими белыми, светлосерыми, розовыми и желтыми в основном оолитовыми известняками понтического яруса плиоцена. Уступ плато и открывающийся в нем вход в пещеру находятся в нескольких метрах от моря, причем низкая часть берега завалена плитами и глыбами известняков, корродированных морскими волнами. При обследовании пещеры в 2009 году, уровень моря составлял –27,2 м абс. высоты и в период волнения вход в пещеру заливался водой. Весной 2017 года вход в пещеру находился на 0,3–0,5 м выше современного уровня Каспия (–27,7). Совершенно очевидно, что во время новокаспийской трансгрессии (–27 –22 м), морские воды не только подступали к абразионному уступу, но и заполняли полость пещеры.

Участок 4. Комплекс ниш и пещер в районе мыса Жыланды. Изучены прибрежные обрывы плато Мангыстау от поселка Курык до мыса Жыланды и далее до мыса Ракушечный. Мыс Жыланды углом вдается в море и на протяжении 35 км берег представлен крутым абразионным уступом с участками живых клифов. В береговых обрывах высотой до 55 м обнажены отложения сарматского яруса верхнего миоцена, которые представлены ракушечниками и оолитовыми известняками с прослоями мергелей. На них трансгрессивно залегают известняки и мергели мэотического яруса, с остатками фауны. Узкий пляж слагают современные светло-желтые и светло-серые ракушечные пески. Много глыб и обломков разрушающегося обрыва. Береговой обрыв сохраняет волноприбойные ниши, соответствующие хвалынской и новокаспийской трансгрессиям моря. Непосредственно в нижней части обрыва наблюдаются волноприбойные ниши высотой до 2 м. Ниши выработаны как в сильно корродированных прослоях известняков, так и в четко слоистых менее корродированных пачках. Над нишами в виде козырьков-навесов выступают известняковые плиты, сильно изъеденные растворением. Местами они обваливаются по трещинам. Карниз одной ниши сложен пористым ракушечником, толщиной 1–1,5 м, который нависает над плотными известняками.

Изучен участок в 2-х км к северу от мыса Жыланды, где в нижней части уступа и выше по вертикальному обрыву наблюдаются ниши. Поверхность плато превышает урез воды на 38–39 м (10–11 м абс. высоты), а высота абразионного уступа составляет 15–16 м (рисунок 5). В основании уступа развиты светло-жёлтые слоистые ракушечники и ракушечно-детритусовые известняки. На них залегают светло-желтые и светло-розовые оолитовые известняки. Верхняя часть уступа сложена пачкой переслаивающихся бурых и желтых оолитовых известняков и белых мергелей [28]. Известняки кавернозные с большим количеством пустот. В верхней пачке сильно корродированных известняков и в карнизе над четко слоистыми известняками наблюдаются округлые полости. На этом участке закарстованы и разрушаются как верхняя часть известнякового уступа, так и выступающие ниже структурные террасы.

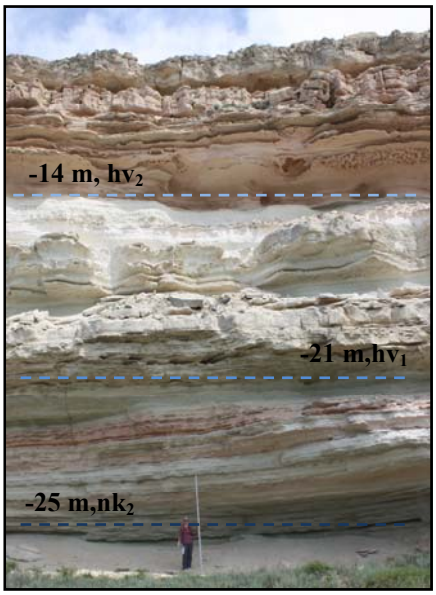


Рисунок 5 – Абразионный уступ севернее мыса Жыланды

Figure 5 – The abrasion ledge to the north of Zhylandy cape

Высота одной из изученных ниш расположенной в нижней части абразионного уступа составила 3 м, ширина 15 м, максимальная глубина достигает 3 м. Свод ниши горизонтальный, ступенчатый, с выступающим карнизом. На полу имеется слой рыхлой известковистой пыли мощностью до 10 см. По данным измерения основание ниши находится на отметке в –25 м и соответствуют поздненовокаспийской трансгрессии моря. На данном участке уступа наблюдаются еще два уровня ниш, на абсолютных отметках в –21- –22 м и –14- –15 м (рисунок 5). Данные уровни ниш, связаны с ранненовокаспийским и позднехвалынским уровнями стояния моря.

Участок 5. Комплекс ниш и пещер у мыса Адамтас. К югу от основания косы Кендирли до мыса Адамтас и далее до границы береговой уступ становится выше и подступает к морю, формируя живые клифы. Относительная высота береговых обрывов доходит местами до 140 м. Берег носит типично абразионный характер. На большом протяжении море непосредственно подмывает основание берегового уступа. Уступы сложены породами сарматского яруса верхнего миоцена, представлены глинисто-карбонатной толщей, залегающей с размывом на различных горизонтах среднего миоцена. Отложения мэотического яруса представлены известняками и мергелями, которые трансгрессивно залегают на различных горизонтах верхнесарматских отложений и обнажаются в пределах прибрежной полосы. Узкой полосой вдоль уступа развиты абразионные и смешанные террасы. Здесь прослеживаются хвалынская терраса (25–30 м над уровнем Каспия, абс. отм. –2 до 2 м), новокаспийская терраса (5–8 м, абс. отметки –22 м) и современный песчаный пляж. На поверхностях террас и пляжа наблюдаются обломки и глыбы коренных пород как свидетели обвалов. Почти повсеместно по уступу прослеживаются современные абразионные ниши высотой

до 2 м и средней глубиной 2,5–3 м (рисунок 6а), также абразионные площадки, полого уходящие под уровень моря.

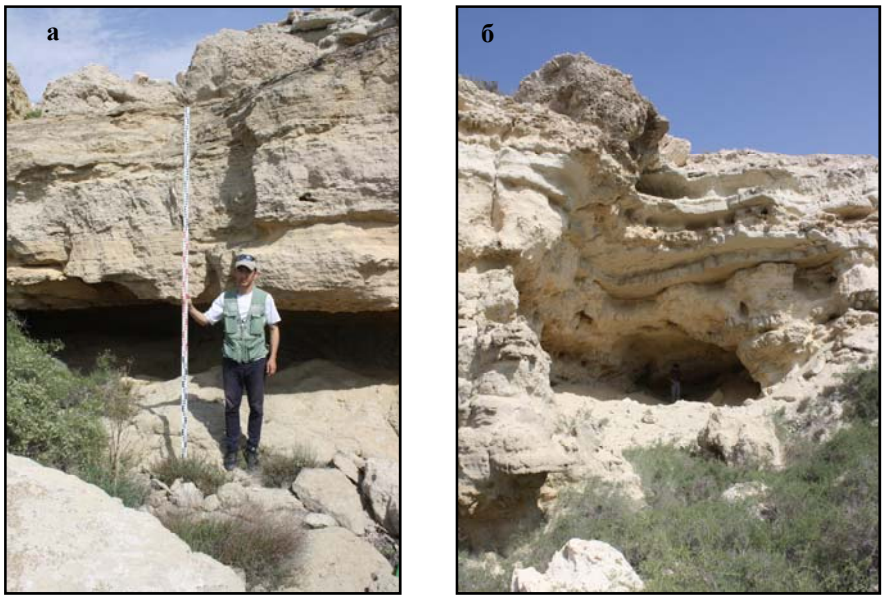


Рисунок 6 – Ниши и пещеры в абразионном уступе севернее мыса Адамтас

Figure 6 – Niches and caves in the abrasion ledge to the north of Cape Adamtas

Одна из обследованных ниш расположена в основании уступа абразионной террасы на высоте 2–3 м над уровнем Каспийского моря, что соответствует поздненовокаспийскому периоду стояния моря и выработана в породах различной плотности. Ниша имеет высоту – 70–80 см, максимальная глубина составила 3,7 м, длина – 6,1 м. Другая ниша имеет вход высотой 4,8 м, ширину 10 м, длина достигает 9,3 м.

По исследованиям Потаповой Г.М. (1974) у мыса Адамтас имеется несколько карстово-абразионных пещер, созданных карстовыми и волноприбойными процессами. Развиты они в основании берегового уступа плато в оолитовых и глинистых известняках среднего сармата. Известняки трещиноватые и сильно кавернозные. К северу от мыса Адамтас [3] была описана сквозная пещера длиной 20 м. Юго-западный четырехугольный вход имел высоту 3,5 м, ширину 4,2 м, а северо-восточный вход высотой и шириной 3 м. В ходе обследований участка в 2017 г. обнаружены две малые пещеры, которые, возможно, ранее сообщались между собой. По описаниям пещера похожа на вышеописанную и имеет маленький вход, который уже не сообщается с соседним входом. В центре пещеры максимальная высота – 2,3 м, ширина – 3,5 м, длина – 8,9 м. Туннель заворачивает в северо-западном направлении и оканчивается завалом из обломком и рыхлого материала. Со стороны входа большего размера, сообщение с соседней пещерой также завалено (рисунок 6,б). Ширина входа – 5,4 м, высота входа – 2,5 м, глубина пещеры – 10,5 м. Внутри пещеры: высота в центре – 2,4 м, максимальная высота – 3,1 м. Глубина до выступа в центре пещеры – 7 м, пол пещеры покрыт рыхлым известковистым материалом (алеврит белого цвета) мощностью 10–15 см.

Остальные карстово-абразионные пещеры в пределах района имеют меньшие размеры, по своему устройству сходны с вышеописанными. Анализ вышеописанных ниш и пещер, показал, что данные карстовые полости находятся приблизительно на одной и той же высоте (–21,6 –24) и возможно были выработаны во время ранненовокаспийского периода.

Заключение. Общая протяженность береговой зоны полуострова Мангыстау в настоящее время составляет 650 км, из них к абразионному типу с активным клифом относиться 32%. В этой полосе широко развиты абразионные и карстово-абразионные процессы. В связи с тем, что уровень воды в Каспийском море подвержен значительным многолетним и сезонным колебаниям, воздействию сгонно-нагонных явлений, следы этих изменений отразились на строении и морфологии

берегов. Эти особенности легли в основу изучения карстовых форм рельефа береговой зоны, представленных нишами, карнизами и пещерами. На основе применения геоинформационных технологий и актуальных космических снимков, проведения полевых исследований, съемки с беспилотного летательного аппарата, получены новые и уточнены имеющиеся материалы по морфологии карстовых форм, истории развития региона в эпохи четвертичных трансгрессий Каспийского моря. Сопоставление полученных материалов с археологическими данными позволили уточнить их относительный возраст. Наличие значительного объема фактических данных по карстовым формам береговой зоны полуострова Мангыстау позволяют свидетельствовать о значительном преобразовании берегов, подверженных абразионным, карстовым и обвально-осыпным процессам. Изучение карстовых процессов, усиливающихся и переходящих в разряд опасных в пределах активно осваиваемой береговой зоны полуострова Мангыстау, требует учета их современного и прогнозного состояния при любом виде природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Акиянова Ф.Ж., Нурмамбетов Э.И., Потапова Г.М. Карстовые процессы. Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 1: Природные условия и ресурсы. Алматы, 2006. С. 66.

[2] Акиянова Ф.Ж., Беккулиева А.А. Карстовые пещеры полуострова Мангыстау, современное состояние и использование // Известия. Науки о Земле. Национальная академия наук Азербайджана. 2011. № 2. С. 56-59.

[3] Потапова Г.М. Пещеры Южного Мангышлака и Юго-Западного Устюрта // Пещеры. Пермь, 1974. Вып. 14-15. С. 76-88.

[4] Potapova G.M., Bekkuliyeva A.A. Karst processes of the Mangystau Peninsula and their zoning // Second Announcement & Call for Papers. The Caspian Region: Environmental Consequences of the Climate Change. Moscow, 2010. P. 173-176.

[5] Абузяров З.К., Нестеров Е.С. Некоторые особенности пространственно-временной изменчивости уровня Каспийского моря. Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской федерации. Москва. № 345 Год: 2011, 5-22 с.

[6] Kaplin P.A., Selivanov A.O. Recent coastal evolution of the caspian sea as a natural model for coastal responses to the possible acceleration of global sea-level rise // J Marine Geology 124 (1995) 161-l 75. https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00038-Z

[7] Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Hoogendoorn, R.M., Mohammed Khani, H., Yamani, M., Ghassemi, M.R., Lahijani, H.A.K., 2012. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. Quaternary International 263 (2012) 93-103. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.12.021

[8] Kroonenberg, S.B., Abdurakhmanov, G.M., Badyukova, E.N., van der Borgd, K., Kalashnikov, A., Kasimov, N.S., Rychagov, G.I., Svitochc, A.A., Vonhof, H.B., Wesseling, F.P., 2007. Solar-forced 2600 BP and Little Ice Age highstands of the Caspian Sea. Quaternary International, 137-143. doi:10.1016/j.quaint.2007.03.010

[9] Kroonenberg, S.B., Badyukova, E.N., Stormsa, J.E.A., Ignatov, E.I., Kasimov, N.S., 2000. A full sea-level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores. Sedimentary Geology 134 (2000), 257-274. https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00048-8

[10] Leroy, S., Lopez-Merino, L., Tudryn, A., Chalie, F., Gasse, F., 2014. Late Pleistocene and Holocene palaeoenvironments in and around the middle Caspian basin as reconstructed from a deep-sea core. Quaternary Science Reviews, 91-110. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.07.011

[11] Naderi Beni, A., Lahijani, H., Mousavi Harami, R., Arpe, K., Leroy, S.A.G., Marriner, N., Berberian, M., Andrieu-Ponel, V., Djamali, M., Mahboubi, A., and Reimer, P.J., 2013. Caspian sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the south Caspian Sea. Climate of the Past, 1645–1665. https://doi.org/10.5194/cp-9-1645-2013, 2013.

[12] Richards, K., Leroy, S., Arpe, K., Marret, F., Hoogendoorn, R., and Kroonenberg, S., 2011. Fluctuations in Caspian Sea level during the Quaternary: new evidence from palynology, ostracods and climate modeling. 3rd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region. Bucharest, pp. 144-147. DOI: 10.1016/j.quaint.2012.08.1273.

[13] Игнатов Е.И., Каплин П.А., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Влияние современной трансгрессии Каспийского моря на динамику его берегов // Геоморфология. – 1992. – № 1. – С. 12-21.

[14] Игнатов Е. И., Огородов С. А. Морфодинамика берегов Каспийского моря в условиях колебаний его уровня // Известия Русского географического общества. – 1998. – Т. 130, № 6. – С. 27-38.

[15] Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Дуйсебаев Ж.Д, Ли В.И. Проблема Каспия: колебания уровня моря и его прогноз // Геология Казахстана. – 1996. – №1. – С. 19-29.

[16] Артюхова О.А., Мамиров Т.Б., Саргизова Г.Б., Акиянова Ф.Ж., Беккулиева А. Карстовые пещеры Мангыстау как источник для реконструкции заселения Евразии первобытным человеком. «Арало-Каспийский регион в истории и культуре Евразии»: материалы II Международной научной конференции, посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан. – Алматы-Актобе, 2011. – С. 133-136.

[17] Dolukhanov, P.M., Chepalyga, A.L., Lavrentiev, N.V., 2010. The Khvalynian transgressions and early human settlement in the Caspian basin. Quaternary International 225 (2010), 152-159. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.039

[18] Медоев А.Г. Геохронология палеолита Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 64 с.

[19] Кожахметов Б.Т., Парамонова Г.А. Современная динамика дна и берегов северо-восточного Каспия. Геология Каспия. 1999, №1, С. 73-78.

[20] Федоров В.П. Современная геология Каспийского моря // Вестник Российской Академии наук. Том 65, №7, 1995. С. 622-625.

[21] Свиточ А.А. Большой Каспий: строение и история развития. М.: Издательство Московского университета, 2014. – С. 334.

[22] Федоров П.В., Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря // Труды геологического института АН СССР, вып. 10. 1957.

[23] Свиточ А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. М., 1996, 268 с.

[24] Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Мысль, 1981. 214 с.

[25] Потапова Г.М. Карст южного Мангышлака и Устюрта. Автореф. дисс. на соис. уч. степ.канд. геогр. наук. Алма-Ата, 1971.

[26] Нурмамбетов Э.И., Потапова Г.М., Беккулиева А.А. Районирование карста. Атлас Мангистауской области. Алматы, 2010. С. 160.

[27] Чикишев А.Г. Карст Устюрта и Мангышлака. Землеведение, т 9 (49), М., 1971, 165-194 стр.

[28] Гвоздецкий Н.А. Карст Мангышлака и западной окраины Устюрта // Сборник Московского общества испытателей природы, новая серия, том XIII (LIII), 1980. С. 102-121.

REFERENCES

[1] Akiyanova F.Z., Nurmambetov E.I., Potapova G.M. Karst Processes, National Atlas of the Republic of Kazakhstan. Vol. 1. Natural Conditions and Resources. Almaty, **2006**. P. 66. (in Russ).

[2] Akiyanova F.Z., Bekkuliyeva A.A. Karst caves of Mangystau peninsula, current state and use. *Earth sciences.* National Academy of Sciences of Azerbaijan. №2, **2011**. P. 56-59. (in Russ).

[3] Potapova G.M. Caves of the south Mangyshlak and south-west Ustyurt. *Caves*, *Issue 14-15*. Perm, **1974**. P. 76-88. (in Russ).

[4] Potapova G.M., Bekkuliyeva A.A. Karst processes of the Mangystau Peninsula and their zoning // Second Announcement & Call for Papers. The Caspian Region: Environmental Consequences of the Climate Change. Moscow, **2010**. P. 173–176 (in Eng).

[5] Abuzyarov Z.K., Nesterov E.S. Some features of the spatiotemporal variability of the Caspian Sea level. *Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation, Issue 345*, **2011**. P. 5-22 (in Russ).

[6] Kaplin P.A., Selivanov A.O. Recent coastal evolution of the caspian sea as a natural model for coastal responses to the possible acceleration of global sea-level rise. *J Marine Geology 124* (**1995**) 161-175. https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00038-Z (in Eng).

[7] Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Hoogendoorn, R.M., Mohammed Khani, H., Yamani, M., Ghassemi, M.R., Lahijani, H.A.K., **2012**. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. *Quaternary International 263* (2012) 93-103. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.12.021 (in Eng).

[8] Kroonenberg, S.B., Abdurakhmanov, G.M., Badyukova, E.N., van der Borgd, K., Kalashnikov, A., Kasimov, N.S., Rychagov, G.I., Svitoch, A.A., Vonhof, H.B., Wesseling, F.P. Solar-forced 2600 BP and Little Ice Age highstands of the Caspian Sea. *Quaternary International*, **2007**. 137-143. doi:10.1016/j.quaint.2007.03.010 (in Eng).

[9] Kroonenberg, S.B., Badyukova, E.N., Stormsa, J.E.A., Ignatov, E.I., Kasimov, N.S., **2000.** A full sea-level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores. *Sedimentary Geology 134 (2000)*, 257-274. https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00048-8 (in Eng).

[10] Leroy, S., Lopez-Merino, L., Tudryn, A., Chalie, F., Gasse, F., **2014**. Late Pleistocene and Holocene palaeoenvironments in and around the middle Caspian basin as reconstructed from a deep-sea core. *Quaternary Science Reviews*, 91-110. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.07.011 (in Eng).

[11] Naderi Beni, A., Lahijani, H., Mousavi Harami, R., Arpe, K., Leroy, S.A.G., Marriner, N., Berberian, M., Andrieu-Ponel, V., Djamali, M., Mahboubi, A., and Reimer, P.J., **2013**. Caspian sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the south Caspian Sea. *Climate of the Past*, 1645–1665. https://doi.org/10.5194/cp-9-1645-2013, 2013. (in Eng).

[12] Richards, K., Leroy, S., Arpe, K., Marret, F., Hoogendoorn, R., and Kroonenberg, S., **2011**. Fluctuations in Caspian Sea level during the Quaternary: new evidence from palynology, ostracods and climate modeling. *3rd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region*. Bucharest, pp. 144-147. DOI: 10.1016/j.quaint.2012.08.1273 (in Eng).

[13] Ignatov E.I., Kaplin P.A., Lukyanova S.A. Influence of the Caspian Sea modern transgression on the coast dynamics // *Geomorphology* №1, **1992**. P. 12-21 (in Russ).

[14] Ignatov E.I., Ogorodov S.A. Morphodynamics of the Caspian Sea coast in conditions of water level fluctuations // *Bulletin of Russian Geographical Society*. Issue 130, №6. **1998**. P. 27-28 (in Russ).

[15] Sydykov Z.S., Golubtsov V.V., Duisebayev Z.D., Li V.I. Problems of Caspian Sea: sea level fluctuations and its forecast. *Geology of Kazakhstan* №1, **1996**. P. 19-29 (in Russ).

[16] Artyuhova O.A., Mamirov T.B., Sargisova G.B., Akiyanova F.Z., Bekkuliyeva A.A. Karst caves of Mangystau as a source for reconstruction of Eurasia settlement by the primitive man. Aral-Caspian region in the history and culture of Eurasia: Materials of II International Scientific Conference on the 20th anniversary of Independence of the Republic of Kazakhstan. Almaty-Aktobe, **2011**. P. 133-136 (in Russ).

[17] Dolukhanov, P.M., Chepalyga, A.L., Lavrentiev, N.V., **2010**. The Khvalynian transgressions and early human settlement in the Caspian basin. *Quaternary International* 225 (**2010**), 152-159. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.039 (in Eng).

[18] Medoyev A.G. Geochronology of Paleolithic Kazakhstan. Alma-Ata: Nauka, **1982**. P. 64 (in Russ).

[19] Kozhahmetov B.T., Paramonova G.A. Modern dynamics of the bottom and shores of the northeast Caspian. *Geology of the Caspian Sea,* № 1, **1999**. P. 73-78 (in Russ).

[20] Fedorov P.V. Modern Geology of Caspian Sea. *Bulletin of Russian Academy of Sciences*. Volume 65, №7, **1995.** P. 622-625 (in Russ).

[21] Svitoch A.A. Big Caspian: the structure and history of development. M.: Moscow University Publishing House, **2014**. P. 334 (in Russ).

[22] Fedorov P.V. Stratigraphy of Quaternary sediments and history of development of the Caspian Sea. Proceedings of the Geological Institute of the Academy of Sciences of the USSR, vol. 10, **1957** (in Russ).

[23] Svitoch A. A, Yanina T.A. Quaternary deposits of the coasts of the Caspian Sea. M., **1996**, P. 268 (in Russ).

[24] Gvozdetsky N.A. Karst. Publishing House «Mysl». **1981**. P. 214 (in Russ).

[25] Potapova G.M. Karst of the South Mangyshlak and Ustyurt, Alma-Ata **1971** (in Russ).

[26] Nurmambetov E.I., Potapova G.M., Bekkuliyeva A.A. Karst regionalization, *Atlas of Mangystau oblast*, **2010.** Almaty. P. 160 (in Russ).

[27] Chikishev A.G. Karst of Ustyurt and Mangyshlak. *Earth research*. Collected articles of the Moscow Society of Naturalists IX (XLIX), **1971**. P.161-191 (in Russ).

[28] Gvozdetsky N.A. Karst of Mangyshlak and the western margin of Ustyurt. *Earth research*. Collected articles of the Moscow Society of Naturalists. New series, vol. XIII (LIII), **1980.** P. 102-121 (in Russ).

А. А. Беккулиева[1], Ф. Ж. Акиянова[2]

[1]«География институты» ЖШС, Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]«География институты» ЖШС филиалы, Сәтбаев Университеті, Астана, Қазақстан

МАҢҒЫСТАУ ТҮБЕГІ ЖАҒАЛАУЛЫҚ ЗОНАСЫНЫҢ КАРСТТЫҚ-АБРАЗИЯЛЫҚ БЕДЕР ПІШІНДЕРІ

Аннотация: Маңғыстау түбегі (Маңғышлақ) карсттық жыныстардың кеңінен таралуы, тектоникалық, гидрогеологиялық, гидрологиялық, климаттық және антропогендік жағдайлардың ерекшеліктеріне байланысты әртүрлі бедер пішіндерін қалыптастырушы карсттық үдерістердің қарқынды дамуымен сипатталады. Каспий теңіз деңгейінің ауытқуымен бірге карсттық үдерістердің белсендену заңдылығы жағалаулық зонаның құрылымы мен морфологиясының өзгерісінде көрініс табады.

Түбектің теңіз жағалау аймағында үңгір, ернеу, текше, карсттық-эрозиялық аңғарлар мен ірі ойықтардың кең таралуы және Каспий теңізінің ежелгі жағалық сызықтарымен ұштасуы оларды әртүрлі жағалауларда бақылай алу мүмкіндігі, пішіндердің қалыптасуы мен дамуының салыстырмалы жасын анықтауға мүмкіндік берді. Жағалаулық карсттық пішіндердің орналасу орнын анықтаудан басқа олардың жасы геологиялық-геоморфологиялық ара қатынас, археология және тарихи мәліметтердің негізінде анықталды.

Геоақпараттық технологиялар мен соңғы ғарыштық суреттерді пайдалану, далалық зерттеу жұмыстарын жүргізу, ұшқышсыз ұшатын аппараттан түсірім жасау негізінде карсттық пішіндердің морфологиясы, жағалау зонасының төрттік дәуірде Каспий теңізі трансгрессиясы кезіндегі даму тарихы туралы жаңа мәліметтер алынып, қолдағы бар мағлұматтар айқындалды.

Маңғыстау түбегінің карсттық-абразиялық бедер пішіндерін зерттеу аймақтың палеогеографиялық жағдайын қалпына келтіруде маңызды болып табылады. Далалық жұмыстар барысында зерттелген текшелер, үңгірлер және т.б. карсттық ойпаттар мен ойықтар төрттік дәуірде Каспий теңіз деңгейі орналасуын анықтайтын дәл көрсеткіштердің бірі болып табылады.

Түйін сөздер: карсттық-абразиялық бедер пішіндері, карстталатын тау жыныстары, жағалаулық зона, трансгрессия, Каспий теңізі, Маңғыстау түбегі.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 127 – 138

F. Zh. Akiyanova[1], R. K. Temirbayeva[2], K. S. Orazbekova[2]

[1]Branch of the "Institute of Geography" LLP, Astana, Kazakhstan,
[2]"Institute of Geography" LLP, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: akiyanovaf@mail.ru, rozatemirbayeva@mail.ru, kuralay_orazbekova@mail.ru

SOCIO-ECONOMIC ASPECTS OF NATURE MANAGEMENT IN THE PRE-CASPIAN SEA REGION OF KAZAKHSTAN BASED ON FUNCTIONAL ZONING OF THE TERRITORY

Abstract. The article considers the socio-economic conditions of the Atyrau and Mangystau regions with the areas of the adjacent Caspian Sea shelf with an emphasis on the natural-resource potential, the ecological state and the peculiarities of economic use. Based on the assessment of the mapping of the types of economic use of lands, the functional zoning of the region under study was fulfilled and recommendations for sustainable nature management were given. The main target functions of the sectors of economic activity that determine the need for the use of territories and water areas were clarified to fulfill the functional zoning. Particular attention was paid to the industrial and transport use of territories and water areas with the detailed study of the current state of the most important regional industries: petrochemical and fisheries sector. Also, an assessment was given to the residential, agricultural and nature protection types of use of the territories of the regions and the adjacent water area of the Caspian Sea. On the basis of the results of the researches, a map of functional zoning was compiled, on which special zones of the main sectors of activity (industrial, transport, agricultural, nature protection, tourist-recreational, etc.) were allocated. A complex of possible interventions in existing nature management was defined for each of the functional zones in order to reduce or prevent the formation of conflict zones in nature management and to stimulate the most profitable industries from the socio-economic and environmental points of view.

Key words: functional zoning, socio-economic conditions, resources, economic use, nature management, land use, GIS-mapping.

УДК 577.4:551.4(574.1);91:504;025.4.03;528.94;911.52

Ф. Ж. Акиянова[1], Р. К. Темирбаева[2], К. С. Оразбекова[3]

[1]Филиал ТОО «Институт географии», Астана, Казахстан,
[2]ТОО «Институт географии», Алматы, Казахстан

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРИКАСПИЙСКОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ

Аннотация. В статье изучены социально-экономические условия Атырауской и Мангистауской областей с участками прилегающего шельфа Каспийского моря с акцентом на природно-ресурсный потенциал, экологическое состояние и особенности хозяйственного использования. На основе оценки и картографирования типов хозяйственного использования земель выполнено функциональное зонирование исследуемого региона и даны рекомендации рационального природопользования. Для выполнения функционального зонирования уточнены основные целевые функции секторов хозяйственной деятельности, определяющие необходимость использования территорий и акваторий. Особое внимание уделено промышленному и транспортному использованию территорий и акваторий, с детализацией современного состояния наиболее важных

региональных отраслей промышленности: нефтехимической и рыбной. Также дана оценка селитебному, сельскохозяйственному и природоохранному типам использования территорий областей и прилегающей акватории Каспийского моря. По результатам исследований составлена карта функционального зонирования, на которой выделены специальные зоны основных секторов деятельности (промышленной, транспортной, сельскохозяйственной, природоохранной, туристско-рекреационной и др.). Для снижения либо предотвращения формирования конфликтных зон в природопользовании и стимулирования наиболее выгодных с социально-экономической и экологической точки зрения отраслей промышленности, для каждой из функциональных зон определен комплекс возможных вмешательств в существующее природопользование.

Ключевые слова: функциональное зонирование, социально-экономические условия, ресурсы, хозяйственное использование, природопользование, землепользование, ГИС-картографирование.

Введение. На современном этапе развития Казахстана государственная политика становится полицентрической и большое внимание уделяется регионам: внедряются механизмы стимулирования конкурентоспособных отраслей и экономического развития перспективных районов для формирования единого экономического пространства, гармонично интегрированного в мировую хозяйственную систему.

Атырауская и Мангистауская области Казахстана, с общей площадью в 284,2 тыс. км^2 и населением 1250,3 тыс. человек, являются трансграничными по Каспийскому морю для 4 государств региона. За период независимости в общем объеме ВРП страны доля этих областей увеличилась почти в 5 раз – с 3,4% (1993 г.) до 16,3% (2016 г.) [1]. В настоящее время в Прикаспийском регионе Казахстана разрабатывается порядка 70 месторождений углеводородного сырья, добывается 51 млн. т нефти и 18,8 млрд. м^3 газа [1].

Действующие стратегические Программы территориального развития Атырауской и Мангистауской областей направлены на устойчивое развитие региона в системе национальной экономики республики с приоритетом ускоренного развития несырьевых секторов. Помимо этого, в ближайшее время будут реализованы инновационные проекты, которые дадут новый импульс социально-экономическому развитию.

В соответствии с активным экономическим развитием региона существующее и планируемое использование земель окажет значительное воздействие на природно-хозяйственные системы региона. Увеличивающаяся антропогенная нагрузка на пустынные и полупустынные ландшафты с легко уязвимой средой обитания требует новых подходов к решению этих проблем. В этих условиях гармонизация социально-экономических и экологических блоков и научно обоснованное функциональное зонирование на основе высокоточного геоинформационного картографирования с учетом активного социально-экономического развития являются своевременными и актуальными.

Методы исследования. Функциональное зонирование – важнейшая составляющая устойчивого регулирования использования территории, определяющая на основе современного социально-экономического освоения природной среды и экологического состояния ресурсов для каждой из зон те типы природопользования, которые могут предотвратить или снизить уровень конфликтов, стимулировать наиболее выгодные с социально-экономической и экологической точки зрения отрасли.

Функциональное зонирование предполагает, прежде всего, проведение анализа природопользования и включает покомпонентную характеристику природной среды, анализ социально-экономической и экологической ситуации территории. Изучаются и картографируются типы природопользования, создается классификация с точки зрения воздействия на природную среду [2].

Основными этапами функционального зонирования являются:

сбор и оценка данных о компонентах природной среды территории исследований с составлением комплекса тематических карт;

оценка экологического состояния компонентов природной среды;

оценка социально-экономического развития территории и типов землепользования;

оценка и картографирование типов использования земель;

анализ использования земель, выявление экологических конфликтов, анализ причин, поиск приемлемых решений;

определение оптимального варианта использования территории секторами деятельности с выделением зон, требующих изменения характера использования.

Практически все земли используются в природном или экономическом плане, изменение природопользования приводит к перераспределению земель между секторами. К примеру, территории, отводимые под селитебные или промышленные объекты, выводятся из сельскохозяйственного землепользования, земель запаса или других категорий земель. Через некоторое время вследствие их деградации они уже не будут иметь той природной стоимости, которой они обладали до перераспределения. На картах фактического природопользования выделяются территории, используемые основными типами землепользования (таблица 1).

Таблица 1 – Типы землепользования и их целевые функции

Тип землепользования	Целевая функция
Селитебный	Расселение населения, размещение объектов инфраструктуры населенного пункта
Промышленный	Размещение объектов промышленности с санитарно-защитными зонами
Транспортный	Размещение объектов транспорта и связи, включая трубопроводный, линии электропередач
Сельскохозяйственный	Растениеводство (в том числе дачное), животноводство
Рекреационный, туристский	Размещение объектов инфраструктуры и использование территории для отдыха и оздоровления населения и туризма
Лесохозяйственный	Лесопользование, лесовосстановление
Водохозяйственный	Размещение объектов водного хозяйства для снабжения населения водой, рыбного хозяйства, промышленности и орошения
Природоохранный	Сохранение природных территорий и качества окружающей среды, восстановление территорий для сохранения природных объектов.

Для составления карты существующего землепользования и проведения функционального зонирования необходимо уточнить основные целевые функции секторов деятельности, определяющие необходимость использования территории или акватории.

В последующем проведена социально-экономическая оценка и картографирование каждого из выделенных типов землепользования и последующий их анализ с учетом их экологического состояния. При этом ГИС-картографирование является одним из основных средств для функционального зонирования, так как существенными являются возможность совмещения различных слоев информации по заданному алгоритму и получение интегральной карты землепользования.

Анализ и результаты. Функциональные типы использования территории формируются на основе выявления взаимовоздействия существующих природных условий и характера деятельности населения, включая анализ природных, социально-экономических, эколого-экономических и нормативно-правовых факторов. Результат исследования отображается картографическим способом с выявленными фактическими данными существующего землепользования.

На рисунке 1 представлено распределение земель в зависимости от основных выполняемых функций. Известно, что основному антропогенному воздействию подвергаются земли используемые человеком под промышленную, сельскохозяйственную и селитебную функцию, которые в изучаемом регионе занимают площадь в 11175,4 тыс. га, или 40,3%.

Селитебный тип использования земель. Исторически, населенные пункты Прикаспия размещаются крайне неравномерно [3]. Наиболее густо заселены узкие полосы на побережьях дельтовых проток Волги (К), по берегам рек Жайык (Урал), ЖЕМ (Эмба), Оил (Уил), Сагиза, озер, северному и восточному побережью Каспийского моря, вдоль транспортных магистралей, близ песчаных массивов полуостровов.

Изменения в расположении населенных пунктов произошли с развитием промышленности и транспорта они стали развиваться вблизи месторождений и транспортных узлов, а в последние десятилетия активизировались процессы урбанизации. Для возникновения и устойчивого развития селитебных территории необходимым условием является наличие ресурсов в количестве, качестве и разнообразии, достаточном для удовлетворения основных жизненных потребностей населения, как минимум для поддержания минимально приемлемого жизненного уровня [4]. Так, в результате развития промышленности, освоения богатейших запасов природных ресурсов в Прикаспии возникли новые населенные пункты – Тенгиз, Прорва, Озень, Жетыбай, Тенге, Мунайшы и др., на

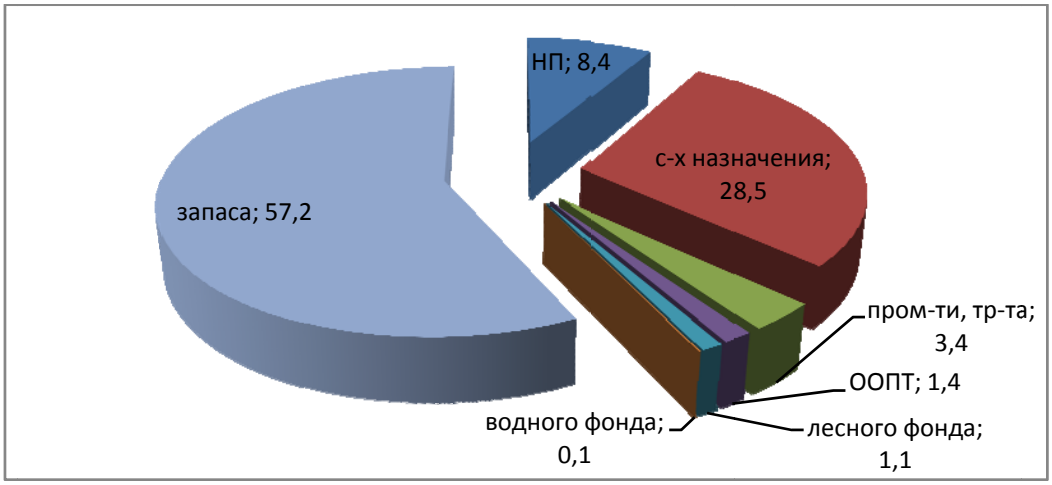


Рисунок 1 – Распределение земель по категориям на 01.11.2016 г., %

Figure 1 – Distribution of lands by categories as of 01.11.2016, thousand hectares

новых железнодорожных линиях – Акколь, Аккыстау, Боранкул, Бейнеу, Мангышлак, Сайотес, а также новые административные и промышленные центры Актау, Жанаозен, Кулсары и другие.

Создание новых населенных пунктов, расширение уже существовавших привело и к увеличению земель, занятых под населенными пунктами. Так, только за период с 2003 по 2010 гг. площади селитебных земель увеличились на 10%, а к 2016 году уже сократились на 4%, последнее связано с расформирование отдельных населенных пунктов из-за возникших экологических проблем, или других проблем (таблица 2). Современный уровень развития промышленности региона ведет к активации миграционных процессов, т.е. из районов с депрессивной экономикой, с неблагоприятной экологической ситуацией в районы с развивающейся экономикой, что в свою очередь ведет к увеличению численности населения и как следствие к расширению площади населенных пунктов.

Таблица 2 – Площади земель населенных пунктов, тыс.га*

Область / год	2004	2007	2010	2013	2016
Атырауская	1373,3	1307,8	1 425,9	1372,9	1350,0
Мангистауская	834,3	804,3	1 008,6	997,5	985,5
Всего	2207,6	2112,1	2434,5	2370,4	2335,5
*Данные из сводного аналитического отчетов о состоянии и использовании земель РК за 2004, 2007, 2010, 2016 гг. Агентства РК по управлению земельными ресурсами.					

Таким образом, в формировании системы размещения населения региона доминирующее значение отводится производственным факторам. Наряду с развитием городской системы отмечается стабильное увеличение и численности сельского населения Прикаспийского региона. Однако, в отдельные годы в связи с оттоком сельских жителей из села в городскую местность, а также преобразованием сельских населенных пунктов в городские, в статистических данных по динамике численности сельского населения фиксируются «провалы». В 90-е годы, в связи с нестабильностью в экономике, спадом нефтедобычи по региону и уменьшением объема грузооборота железнодорожного транспорта часть городских поселков исследуемой территории были реорганизованы в сельские населенные пункты, такие, как Аккыстау, Бейнеу, Опорный и другие, что повлекло за собой повторное увеличение численности сельского населения.

Промышленный и транспортный тип использования земель. Прикаспийский регион входит в число крупнейших промышленных центров страны. Вклад региона в ВВП страны увеличивается с каждым годом. Так если в 1993 г. доля Атырауской области составляла 2,4%, то к 2017 г. она увеличилась до 11,07%, Мангистауской области соответственно от 1% до 5,24%, устойчивое увеличение этого показателя наблюдается с 2000 г. Основой экономического роста Прикаспийского

региона является горнодобывающая отрасль, а именно добыча углеводородного сырья и частичная ее переработка. Так, из 65 млн. т добытой в стране в 2016 г. сырой нефти 78,9% приходится на Атыраускую (33,7 млн. т) и Мангистаускую (18,1 млн. т) области [1].

В структуре ВРП Атырауской области доля промышленности на 01.01.2017 г. составила 48,95%, сельское хозяйство – 1,11%, транспорт, связь – 6,93 %, строительство 9,33%, торговля – 3,3%. В Мангистауской области соответственно 48,58%, 0,5%, 7%, 5,9%, 4,4%. Доля промышленного производства Атырауской области в республиканском объеме составила 11%, Мангистауской 5,2% при этом доля горнодобывающей промышленности занимает соответственно 89% и 97,3%.

Вместе с достижениями в промышленном секторе экономики Казахстанского Прикаспия из таблицы 3 мы можем проследить и тенденцию увеличения земель занятых под промышленностью, транспортом, связью, обороной и иными несельскохозяйственными целями.

Таблица 3 – Площади земель промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения, тыс. га*

Области / год	2004	2007	2010	2013	2016
Атырауская	587,9	617,5	637,7	655,7	672,4
Мангистауская	167,3	205,1	237,3	174,0	267,5
Всего	755,2	822,6	875	829,7	939,9

*Данные из сводного аналитического отчетов о состоянии и использовании земель РК за 2004, 2007, 2010, 2016 гг. Агентства РК по управлению земельными ресурсами.

Только в Атырауской области за двенадцать лет промышленные земли увеличились на 84,5 тыс. га, а в Магистауской области почти на 100 тыс.га. На 6% территории приморской зоны в настоящее время добывается почти 50% нефти республики. В целом земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения занимают 3,4% территории региона. Активные разработки природных ресурсов региона активизировали процессы дефляции, подтопления, засоления, но наиболее опасными для экологического состояния региона являются процессы загрязнения почв, подземных вод нефтепродуктами, тяжелыми металлами и радиационное загрязнение.

Наличие крупнейших запасов углеродов в шельфовой зоне Каспийского моря, не смотря на наличие здесь совершенно уникальной биологической среды, ставшим основой для создания в 70-х годах XX века заповедной зоны, привело к изменениям в законодательных документах, позволяющих вести работы по их разработке. Однако, всем известно, что разведка, разработка и эксплуатация месторождений углеводородного сырья оказывают серьезное негативное воздействие на различные компоненты природной среды, и особенно опасны, когда такие работы ведутся в водных объектах, особенно таких уникальных как Каспийское море. В связи с этим, возможно прогнозировать возникновения конфликта интересов между природопользователями шельфовой зоны и природоохранными структурами региона, и населения в целом.

Особо важное значение в экономике Прикаспия имеет рыбоперерабатывающая промышленность. Рыбная промышленность некогда относилась к числу основных отраслей хозяйства. В 1990 г. ее доля в структуре хозяйства Атырауской области занимала 10,8% (1997 г. – 0,9%), а Мангистауской 2,3% (1997 г. – 0,3%).

Значительное сокращение деятельности рыбного хозяйства в настоящее время отрицательно сказывается как на отрасли, так и на показателях экономики республики в целом [5]. Поскольку из мировой практики известно, что более эффективным является развитие многофункционального хозяйства. В мировой практике известны прогнозные расчеты более высокой доходности от развития рыбного хозяйства, в связи с возобновляемостью ресурса, по сравнению с нефтяным промыслом. К примеру, в Атырауской области водятся ценные породы рыб, пользующиеся особым спросом у потребителей. 100% отловленной в стране осетра, севрюги, белуги добывается в Атырауской области, а также большая часть жереха, воблы, сазана, щуки, леще судака, сома. Более того, возможно, для сохранения экологического равновесия в природе, развитие рыбной индустрии окажется более выгодным на перспективу.

В целом рыболовство в условиях данного региона является традиционным видом хозяйственной деятельности. Однако, развитие в шельфовой зоне Каспия, в районе особо ценном для развития рыбного хозяйства, разработок углеводородных ресурсов, ухудшающих морскую экосистему, могут привести в перспективе к конфликту между природопользователями.

Таким образом, Прикаспийский регион относится к числу основных центров промышленности Казахстана, лидирующее место в развитии которой принадлежит нефтедобывающей отрасли.

Вместе с тем, в регионе отмечен глубокий спад в развитии других отраслей промышленности, в особенности в выпуске необходимой для населения продукции - хлеб, мясные и молочные продукты. Перспективы развития региона в ближайшем будущем предполагает объемы добычи, как нефти, так и газа, например, увеличение добычи газа предполагается более чем в пять раз – до 60 млрд. $м^3$ в год. Что в свою очередь предполагает увеличение площадей земель под промышленные нужды, а значит, приведет к увеличению загрязнения окружающей среды.

Все развивающиеся страны, за редким исключением, прошли путь от трудоемких к капитало-, технолого- и наукоемким производствам. Инерционную и тяжеловесную структуру производства нельзя исправить одним махом. Мировой опыт говорит о необходимости определенной последовательности, заключающейся в неуклонном снижении в валовом национальном продукте доли сельского хозяйства, добывающей промышленности и, напротив, росте доли перерабатывающих производств и, прежде всего – наукоемких, с высокой добавочной стоимостью, а также сферы услуг. А в добывающей отрасли необходимо использовать самые передовые технологии с целью снижения ущерба природной среде. Тем более в настоящее время, когда подъем уровня Каспийского моря приводит к размыву берегов, затоплению нефтепромыслов, промышленных, сельскохозяйственных объектов, смыву отходов и нефтепродуктов, сбросу загрязненных сточных вод от нефтепромыслов.

Сельскохозяйственный тип использования земель. На фоне активного развития нефтегазовой отрасли, сельское хозяйство региона, особенно отрасль земледелия, переживает одну из самых тяжелых периодов.

Расположенность Прикаспийского региона в глубине материка Евразии обусловило континентальность его климата. К тому же он расположен в полупустынной и пустынной зонах. Это явилось основой для формирования крайне засушливого климата, малоплодородности и засоленности пустынных почв, недостатка пресной воды. Кроме того, суровые природно-климатические условия усложняются на фоне ухудшения экологического состояния. В регионе активно развиваются процессы опустынивания.

В связи с этим, в регионе большую сложность представляет развитие аграрного сектора экономики. Так, объем валовой продукции сельского хозяйства Атырауской области за 2016 г. составил 61612,9 млн. тенге или 1,7% от объема государства, в Мангистауской соответственно 12466,1 млн. тенге или 0,3%, эти показатели являются самыми низкими по стране.

Природно-климатические особенности Прикаспийского региона делают невозможным или очень сложным развитие земледелия. Сельскохозяйственные земли (99,3%) используются в основном как пастбищные угодья. И эти пастбища более привлекательны для выпаса мелкого рогатого скота. В таблице 4 представлена динамика сельхозугодий Прикаспийского региона. Так, за 90-е годы площади сельхозугодий в Атырауской области сократились в 3,4 раза, а в Мангистауской области в 1,6 раза. Это связано, прежде всего, с особенностями проведения земельной реформы в республике.

Таблица 4 – Динамика земель сельскохозяйственного назначения, млн. га*

Области / год	2004	2007	2010	2013	2016
Атырауский	2,4	2,4	2,1	2,2	2,5
Мангистауский	8,4	8,5	8,6	5,1	5,4
Всего	10,8	10,9	10,7	7,3	7,9

*Данные из сводного аналитического отчетов о состоянии и использовании земель РК за 2004, 2007, 2010, 2016 гг. Агентства РК по управлению земельными ресурсами.

Основными сельхозтоваропроизводителями являются хозяйства населения, где поголовье крупного рогатого скота, овец и коз, лошадей, верблюдов в среднем составило от 73 до 85%. Однако, экономический уровень мелких товаропроизводителей ограничивает возможность рационального использования пастбищ. 75% владельцев скота выпасают свой скот пешком, не удаляясь более 5–7 км от ауыла, до 19% – выпасают свой скот на лошадях за 5–7 км и только до 6% сельчан отгоняют скот за 30 и более километров и меняют пастбища хотя бы 2 раза в год.

Сегодня, все поголовье Прикаспия сосредоточено вокруг открытых водных источников, как правило, приближенных к населенным пунктам. Естественные водные источники могут обеспечить только 20% всей пастбищной территории. Поскольку инженерные водоподъемные сооружения (шахтные и трубчатые колодцы, водоводы и водопроводы) на пастбищах не работают, а подвоз воды не оправдывает себя из-за дороговизны – сельскохозяйственные животные используют родники, ручьи, речки, озера в качестве водопоев. Таким образом, сегодня используется только 1/5 часть всех пастбищ. Не снижающаяся нагрузка приводит к обострению отношений между животными и пастбищными экосистемами. Нехватка пастбищных кормов приводит к перевыпасу, а именно к сбою пастбищ, деградации земель, нарушению баланса окружающей среды вокруг мест проживания людей, и, все это вместе, к бедности сельского населения.

Природоохранное использование земель. На территории Атырауской и Мангистауской областей, в соответствии с Постановлением Правительства Республики Казахстан от 10 ноября 2006 года за № 1074 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий республиканского значения», имеется ряд особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (таблица 5).

Таблица 5 – Площади земель особо охраняемых природных территорий, тыс.га*

Области / год	2007	2010	2013	2016
Атырауская	45,0	1565	156,5	156,5
Мангистауская	223,7	223,7	223,7	223,7
Всего	268,7	1788,7	380,2	380,2
*Данные из сводного аналитического отчетов о состоянии и использовании земель РК за 2004, 2007, 2010, 2016 гг. Агентства РК по управлению земельными ресурсами.				

На землях ООПТ возникают ареалы несовпадения интересов природопользователей. Один из основных конфликтных ареалов существует на территории заповедной зоны Северного Каспия, где, не смотря на особый статус объекта, приняты решения о разработках месторождений углеводородных ресурсов. На землях Каракия-Каракольского природного заказника заходит часть уранового карьера, который в настоящее время законсервирован, но, тем не менее, продолжает оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Практически все ООПТ региона испытывают негативное воздействие в связи с перевыпасом домашнего скота.

В состав земель *лесного фонда* включены земельные участки, покрытые лесом, а также не покрытые лесом, но предоставленные для нужд лесного хозяйства [6]. Важно отметить, что за полтора десятилетия площадь земель лесного фонда в регионе находится практически без изменения (таблица 6).

Лесные массивы размещены крайне неравномерно особенно в Мангистауской области, 93% этих земель расположены в Бейнеуском районе.

Таблица 6 – Динамика земель лесного фонда, тыс. га*

Область / год	2004	2007	2010	2013	2016
Атырауский	51,4	51,4	53,0	53,0	53,0
Мангистауский	242,4	242,4	242,4	241,6	241,6
Итого	293,8	293,8	295,4	294,6	294,6
*Данные из сводного аналитического отчетов о состоянии и использовании земель РК за 2004, 2007, 2010, 2016 гг. Агентства РК по управлению земельными ресурсами.					

Водный фонд в разрезе областей и районов Атырауской и Мангистауской областей, с учетом водоохранных зон, составляет всего 1,8 тыс. га, но имеет очень большое значение, как для населения и его хозяйственных нужд, так и для устойчивого функционирования природных систем. Следует учесть, что организация водоохранных зон и полос должна сопровождаться комплексом водоохранных мероприятий на водосборе, предусмотренных схемами комплексного использования и охраны вод. Организация водоохранных зон не исключает необходимость создания зон санитарной охраны водных источников, используемых для водоснабжения, курортных, оздоровительных и иных нужд населения, границы и размеры которых устанавливаются в соответствии с действующим законодательством Республики Казахстан.

К *землям запаса* относятся все земли, не предоставленные в собственность или землепользование, находящиеся в ведении районных исполнительных органов.

С 1991 по 2003 гг. в регионе площадь земель запаса выросла в несколько раз. Так в Атырауской области в шесть раз, в Мангистауской в три раза и теперь имеют практически равные размеры (таблица 7).

Таблица 7 – Динамика земель запаса, тыс. га*

Области / годы	2004	2007	2010	2013	2016
Атырауская	6706,3	6704,6	6675,2	6634,1	6346,3
Мангистауская	6716,4	6629,5	6281,4	9727,7	9503,3
Итого	13422,7	13334,1	12956,6	16361,8	15849,6

*Данные из сводного аналитического отчетов о состоянии и использовании земель РК за 2004, 2007, 2010, 2016 гг. Агентства РК по управлению земельными ресурсами.

В земли запаса были переведены низкопродуктивные пастбища, расположенные в пустынной и полупустынной зоне, и др. земли. В последние годы наметилась тенденция освоения земель запаса для сельскохозяйственного и иного использования.

Функциональное зонирование. На основе оценки и картографирования социально-экономического развития территории и типов существующего природопользования выполнено функциональное зонирование в пределах Казахстанского Прикаспия (рисунок 2). Проведенный анализ социально-экономической ситуации территории позволил оценить текущую ситуацию и определить возможности для развития. Результаты исследований, отражающие географическую характеристику района, социально-демографическую ситуацию и экономическое состояние территории интерпретируются для представления их в ГИС в виде интегральных оценок, отражающих состояние и тенденцию изменения исследуемого компонента.

Выполнение функционального зонирования необходимо для целей регулирования и территориальной организации территорий, определения специальных зон основных секторов деятельности (сельское хозяйство, промышленность, транспорт, туризм, рекреация, и др.). Кроме того, функциональное зонирование служит для природоохранных целей в ООПТ – в целях дифференциации их на исключительные зоны (для прогулок, дайвинга, рыболовства, водных видов спорта и т.д.). Причем функциональное зонирование устанавливает для каждой из зон набор возможных вмешательств в существующее природопользование для того, чтобы предотвратить или снизить уровень конфликтов, а также стимулировать наиболее выгодные с социально-экономической и экологической точки зрения отрасли.

В установленных зонах допускаются определенные виды пользования, остальные либо запрещаются, либо разрешаются при выполнении оговоренных условий.

Некоторые из ограничений устанавливаются ввиду их воздействия на природные ресурсы. Эти факторы учитываются при планировании многоцелевого экономического развития Казахстанского Прикаспия.

Для восстановления и сохранения природных ресурсов выделяются участки территорий, на которых необходимо проводить мероприятия по восстановлению природных ресурсов. Это земли, подлежащие рекультивации, земли лесовосстановления, водно-болотные угодья и др. Картографический анализ типов использования земель показывает, что большая часть территории исследо-

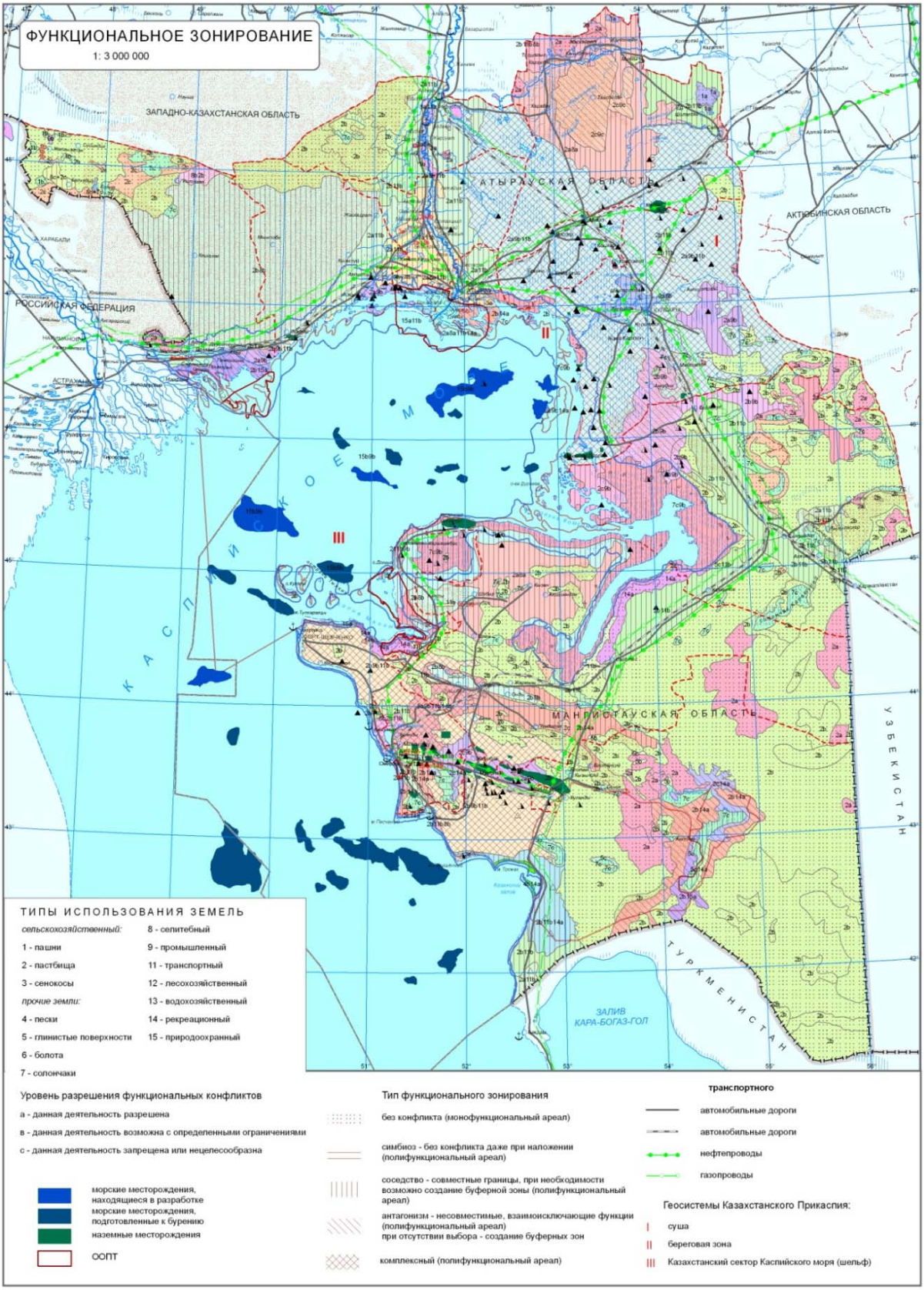


Рисунок 2 – Карта функционального зонирования

Figure 2 – Map of functional zoning

вания, занятая аккумулятивными и денудационными равнинами, является монофункциональной и используется под пастбища. Степень антропогенной деградации этих земель связана с увеличением пастбищных нагрузок близ населенных пунктов, созданная конфликтная ситуация грозит выведением этих земель из хозяйственного оборота. Локальными участками пастбищепригодные земли заняты объектами промышленности и транспорта, т.е. конфликтные ареалы формируются при одновременном использовании земель этими двумя функциями. Полифункциональные (занимают порядка 18% территории) конфликтные ареалы на этих землях связаны с негативными изменениями качества окружающей среды в зоне более высокоинтенсивных функций объектов нефтегазового сектора, что ограничивает возможность использования территории в качестве пастбищной или иной функции.

Определение пространственного сочетания функций при данной конфликтной ситуации возможно лишь по антагонистическому виду с созданием буферных зон вокруг месторождений.

К симбиотическому виду бесконфликтной или слабоконфликтной (занимают порядка 39% территории) ситуации относятся локальные ареалы совместного использования пастбищных земель и водного фонда. Бесконфликтную ситуацию на исследуемой территории создает наложение земель лесного и водного фондов по типу функции-соседи (занимают порядка 35% территории). Они имеют общие границы и их взаимовоздействие очень незначительно, что позволяет сохранять параметры развития обеих функций.

Наибольшее внимание на исследуемой территории следует уделить территориям с одновременным использованием несовместимых друг с другом (антагонистический вид – занимают порядка 7% территории) видов деятельности. К таким функциям-антагонистам относятся селитебная – природоохранная (к примеру, сел Пешное, Дамба, Таскала и др. в Атырауской области, расположенных в ООПТ), селитебная – промышленная (села Сарыкамыс, Каратон и Тенгизский газоперерабатывающий завод), рекреационная – промышленная (заповедная зона в северной части Каспийского моря и разведка и подготовка к разработке нефтегазовых месторождений шельфа Северного Каспия), природоохранная – транспортно-промышленная (заповедная зона в северной части Каспийского моря – развитие морских транспортных коридоров) и др. Интересы антагонистических функций могут быть учтены посредством создания буферных зон, поглощающих воздействие антагонистов друг на друга. От оптимизации деятельности и разработки механизмов разрешения возникших или возможных конфликтов в конфликтных ареалах зависит возможность рационального и устойчивого природопользования территории Казахстанского Прикаспия.

С целью снижения нагрузок на исследуемую территорию нами предлагаются следующие основные направления мероприятий

В пределах населённых пунктов и окружающей их зоны от 3–5 до 10 км нарушенность рельефа, почвенно-растительного покрова, воздействия на животный мир нередко очень сильные, часто носят необратимый характер. Для восстановления деградированных земель необходимо проведение в пределах буферной зоны в 3–5 км мероприятий по регулированию выпаса скота, организация сеянных пастбищ, озеленительные мероприятия. В поселках – мероприятия по их озеленению древесной и древесно-кустарниковой растительностью с создание парковых зон, защитных лесополос и др.

Техногенные нарушения имеют линейный характер (трассы полевых дорог) или локально-площадной (карьеры, терриконы, строительные и буровые площадки, полигоны промотходов, нефтяные скважины и.т.д.). Необходимо осуществление мероприятий по рекультивации земель и только после этого возможно улучшить территорию путем создания искусственных группировок растений из видов фитомелиорантов местной флоры.

К территории регулируемого использования должны быть отнесены пустынные территории области, которые могут использоваться как пастбища для сельскохозяйственных животных. Пастбищные территории неодинаковы по качеству пастбищ, их урожайности и сезонам использования.

Для организации регулируемого использования этих территорий необходимо введение пастбищеоборотов и загонной системы пастьбы скота, установление нормальной нагрузки на пастбища, соблюдение сроков начала и окончания пастьбы. Локально пастбищные территории значительно нарушены в связи с перевыпасом. Для восстановления продуктивности сбитых пастбищ требуются уже мероприятия по фитомелиорации.

В регионе четко вырисовывается картина расслоения населения на бедных и богатых. Заработная плата работника нефтегазовой промышленности выше дохода работника сельского хозяйства в 10–15 раз.

Необходимо способствовать созданию малых предприятий, неправительственных организаций, с помощью которых население может получить финансирование и кредиты. Государству необходимо учитывать при составлении программ развития сельского хозяйства в районах с недостаточными ресурсами.

Заключение. Функциональное зонирование – один из передовых методов комплексной оценки территории, который впервые был использован для Казахстанского Прикаспия в рамках научно-прикладного проекта «Экологическое зонирование Прикаспийского региона Республики Казахстан», выполненного Институтом географии МОН РК по заказу МООС РК в 2008 г.

Использованные методические подходы дали возможность выявить конфликтные ареалы на территориях с различными типами функционального использования.

Изучены социально-экономические условия Атырауской и Мангистауской областей с акцентом на ресурсы и особенности хозяйственного использования земель. Анализ хозяйственной деятельности способствовал выделению экологических проблем в состоянии земель:

в районах нефтепромыслов основными негативными и лимитирующими факторами являются химическое загрязнение почв и грунтовых вод нефтепродуктами, тяжелыми металлами, утечка сероводорода из скважин;

техногенные нарушения имеют линейный характер (трассы полевых дорог) или локально-площадной (строительные и буровые площадки, полигоны промотходов, нефтяные скважины и т.д.);

в населённых пунктах и окружающей их зоне от 3–5 до 10 км нарушения почвенно-растительного покрова сильные, часто необратимые и связаны вокруг городов с ведением строительства, прокладкой коммуникаций и дорожной сетью. Вокруг посёлков деградация растительности часто обусловлена перевыпасом и расходящейся радиально от центра практически во все стороны сетью дорог. Часто с населёнными пунктами связаны свалки бытовых отходов, строительного мусора, металлолома;

сельскохозяйственные угодья практически полностью используются как пастбища, которые неодинаковы по качеству, урожайности и сезонам использования. В результате плохо регулируемого выпаса на части территории произошла трансформация растительности.

Анализ экологических проблем и геоинформационное картографирование функционального использования земель позволили выявить конфликтные ареалы и определить функциональные зоны:

без конфликтные (монофункциональный ареал);

симбиотический – без конфликта даже при наложении функций (полифункциональный ареал);

соседство – совместные границы, при необходимости возможно создание буферной зоны (полифункциональный ареал);

антагонизм – несовместимые, взаимоисключающие функции (полифункциональный ареал), комплексный (полифункциональный ареал).

Из социально-экономического анализа отчетливо прослеживается значимость Атырауской и Мангистауской областей в экономике страны. Однако в ходе опроса населения нами были выявлены некоторые проблемы. Удовлетворительный уровень жизни поддерживает население, где хотя бы 1 человек занят в нефтегазовой отрасли. В семьях, не занятых в нефтегазовой промышленности, пенсия и пособия играют ощутимую роль в доходах семей. В худшем положении находятся домохозяйства, чей доход складывается из заработной платы работников образования, здравоохранения, администрации.

Проведенное функциональное зонирование хозяйственных систем Казахстанского Прикаспия позволило обосновать систему мероприятий для дальнейшего устойчивого социального и экономического развития региона, которое заключается в:

восстановлении деградированных земель в пределах буферной зоны в 3–5 км посредством регулирования выпаса скота, организации сеяных пастбищ, озеленительные мероприятия. В поселках – мероприятия по их озеленению древесной и древесно-кустарниковой растительностью с созданием парковых зон, защитных лесополос и др.;

рекультивации земель посредством создания искусственных группировок растений из видов фитомелиорантов местной флоры в районах нефтепромыслов, где основным негативным и лимитирующим фактором является химическое загрязнение почв и грунтовых вод нефтепродуктами, тяжелыми металлами, утечкой сероводорода из скважин;

строгом регламентировании рекреационной нагрузки в пустынной зоне;

регулировании использования полынных пастбищ, здесь важно сохранить в их составе злаки (ковыли, житняк) и весенние эфемероиды, которые могут использоваться в весеннее-летне-осенний период. Пастбища с господством многолетних солянок (биюргуна, тасбиюргуна) являются менее продуктивными и могут использоваться преимущественно в осеннее время;

введении пастбищеоборотов, установлении нормальной нагрузки на пастбища, соблюдении сроков начала и окончания пастьбы, проведении фитомелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

[1] http://stat.gov.kz

[2] Akiyanova F.Zh., Temirbayeva R.K., Bekkuliyeva A.A. Functional zoning of the Kazakhstan's part of the Caspian sea shore for optimization of nature management// Life Science Journal. – 2014, 11(10s). – SJR_2013:0.139 (Scopus)

[3] Темирбаева Р.К. Особенности размещения и развития населения Прикаспийского региона // Вестник КазНУ. Серия географическая. – Алматы, 2004. – № 1(18).

[4] Сухомлинов Н.Р. Страна и государство: две стороны одного процесса. – http://pozdnyakov.tut.su/Seminar

[5] Плахов К.Н. Состояние популяции устюртского горного барана в Казахстане // Селевиния, 1994, 3. – С. 58-67.

[6] Лесной кодекс Республики Казахстан.

REFERENCES

[1] http://stat.gov.kz

[2] Akiyanova F.Zh., Temirbayeva R.K., Bekkuliyeva A.A. Functional zoning of the Kazakhstan's part of the Caspian sea shore for optimization of nature management // Life Science Journal. 2014, 11(10s). SJR_2013:0.139 (Scopus)

[3] Temirbaeva R.K. Osobennosti razmeshhenija i razvitija naselenija Prikaspijskogo regiona // Vestnik KazNU. Serija geograficheskaja. Almaty, 2004. № 1(18).

[4] N.R.Suhomlinov Strana i gosudarstvo: dve storony odnogo processa. http://pozdnyakov.tut.su/Seminar

[5] Plahov K.N. Sostojanie populjacii ustjurtskogo gornogo barana v Kazahstane // Selevinija, 1994, 3. P. 58-67.

[6] Lesnoj kodeks Respubliki Kazahstan.

Ф. Ж. Акиянова[1], Р. К. Темирбаева[2], К. С. Оразбекова[2]

[1]«География институты» ЖШС филиалы, Астана, Қазақстан,
[2]«География институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан

АУМАҚТЫ ФУНКЦИОНАЛДЫ ЗОНАЛАУ НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚСТАНЫҢ КАСПИЙ МАҢЫ АЙМАҒЫНДАҒЫ ТАБИҒАТТЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Аннотация. Мақалада табиғи-ресурстық әлеуетіне, экологиялық жағдайына және шаруашылықтық пайдалану ерекшеліктеріне ерекше көңіл бөле отырып, Каспий теңізінің қайраңына жақын жатқан учаскелермен бірге Атырау және Маңғыстау облыстарының әлеуметтік-экономикалық жағдайлары зерттелді. Жерлерді шаруашылықтық пайдалану типтерін бағалау мен картографиялау негізінде, зерттеліп отырған аймақты функциональді зоналау жасалды және табиғатты тиімді пайдалануға ұсыныстар берілді. Функциональді зоналауды жасау үшін, аумақты немесе су айдынын пайдалану қажеттілігін анықтайтын шаруашылықтық қызмет ету секторларының негізгі мақсаттық қызметтері анықталды. Аумақты және су айдынын өнеркәсіпке және көлікке пайдалануға ерекше көңіл бөле отырып, аймақтың өнеркәсіптік маңызды салаларының қазіргі жағдайын талдау: мұнай химиясы және балық шаруашылығы. Сондай-ақ, Каспий теңізінің су айдынына жақын аумақтар мен облыс аумағын пайдаланудың селитебті, ауылшаруашылық және табиғатты қорғау типтері бойынша баға берілді. Зерттеу нәтижесі бойынша, қызметтің негізгі салаларының (өнеркәсіптік, көлік, ауылшаруашылық, табиғатты қорғау, туристтік-рекреациялық және т.б.) арнайы зоналары бөлінген, функциональді зоналау картасы құрастырылды. Табиғатты пайдаланудағы шиеленіскен зоналардың қалыптасуын төмендету немесе алдын алу және өнеркәсіп салаларының әлеуметтік-экономикалық және экологиялық тұрғыдан алғанда айтарлықтай тиімділігін арттыру үшін, әрбір функциональді зонаға қазіргі табиғатты пайдалануда болуы мүмкін әсер ету кешендері анықталды.

Түйін сөздер: функционалдық зоналау, әлеуметтік-экономикалық жағдайлар, ресурстар, шаруашылықта пайдалану, табиғатты пайдалану, жерді пайдалану, ГАЖ-картографиялау.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 139 – 149

S. M. Romanova[1], E. G. Krupa[2]

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan,
[2]Institute of Zoology, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: sofya.Romanova@kaznu.kz,; elena_krupa@mail.ru

CONDITION OF CARBONATE-CALCIUM EQUILIBRIUM OF WATER IN LAKES OF STATE NATIONAL NATURAL PARK "KOLSAI KOLDERI"

Abstract. The carbonate system is an important system of chemical equilibria in natural waters, its state is determined by the direction and intensity of the chemical, physical-chemical, chemical, biological and other processes occurring in the lake, the river waters. Study of calcium-carbonate equilibrium is of great importance for practical purposes, as determined by the state of aggressive properties of water, it has the ability to destroy the carbonate rocks and concrete hydraulic structures. Based on the results of the experimental field and laboratory studies conducted hydrochemical calculations of the main components of carbonate-calcium equilibrium water Lakes State National Natural Park "Kөlsai Kөlderi" for summer 2015: CO_2, H_2CO_3, H^{+1}, HCO_3^-, CO_3^{2-}, Ca^{2+}.

It was established that in summer 2015 free dissolved CO_2 content is in the range of 0.30-2.26 mg/dm^3. The equilibrium concentration of CO_2 is much lower (0.002-0.46 mg/dm^3) than the amount of free dissolved carbon dioxide. For this reason, the calcium carbonate supersaturation water quantity is less than 1 (0.006-0.61), aggressive water contains carbon dioxide in an amount of 0.8-1.2 mg/dm^3. Such aggressive concentration of carbon dioxide in accordance with existing standards (more than 15 mg/dm^3) is not harmful to concrete constructions based on Portland cement.

For all components of carbonate equilibrium tendency to their decrease with increasing altitude. The lowest concentrations of carbon dioxide, the product quantities activities Ca^{2+} and CO_3^{2-}, water supersaturation of calcium carbonate found in the lake below the pass Sarybulak having ultrafresh water (26.62 mg/dm^3), the minimum content of calcium ions (3.01 mg/dm^3) and bicarbonate ions (12.2 mg/dm^3). In addition, the water of the lakes has aggressive leaching, i.e. being able to dissolve the calcium carbonate in the concrete and wash unbound lime concrete body $Ca(OH)_2$.

Keywords: natural waters, chemical composition, mineralization, calcium-carbonate equilibrium, the quantity of water supersaturation of calcium carbonate, aggressive carbon dioxide.

УДК 556.114

С. М. Романова[1], Е. Г. Крупа[2]

[1]Казахский национальный университет им. аль-Фараби Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, Алматы, Казахстан,
[2]Институт зоологии Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

СОСТОЯНИЕ КАРБОНАТНО-КАЛЬЦИЕВОГО РАВНОВЕСИЯ ВОДЫ ОЗЕР ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА "КӨЛСАЙ КӨЛДЕРІ"

Аннотация. Карбонатная система является важнейшей системой химических равновесий в природных водах. Ее состоянием определяется направленность и интенсивность химических, физико-химических, химико-биологических и других процессов, протекающих в озерных и речных водах. Карбонатно-кальциевое равновесие определяет агрессивные свойства воды, то есть способность разрушать карбонатные породы и бетон гидротехнических сооружений, в связи с чем его изучение имеет теоретическое и практическое значение. На основании результатов полевых и лабораторных гидрохимических исследований проведены расчеты основных компонентов карбонатно-кальциевого равновесия воды (CO_2, H_2CO_3, H^{+1}, HCO_3^-, CO_3^{2-}, Ca^{2+}) четырех озер государственного национального природного парка "Көлсай Көлдері". Установлено, что в летний период 2015 г. содержание свободной растворенной CO_2в воде озер изменялось в пределах 0,30-2,26 мг/дм^3. Равновесная концентрация CO_2была значительно ниже (0,002-0,46 мг/дм^3), чем содержание свободного растворенного диоксида углерода. Величина пересыщения воды карбонатом кальция не превышала единицы (0,006-0,61), что соответствовало содержанию агрессивного диоксида углерода в количестве 0,8-1,2 мг/дм^3. Такая концентрация агрессивного диоксида углерода, согласно существующим нормам (больше 15 мг/дм^3), не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе. Для всех компонентов карбонатного равновесия прослеживалась тенденция к их уменьшению при возрастании высоты расположения озера над уровнем моря. Самые низкие концентрации диоксида углерода, а также значения произведения активностей Ca^{2+} и CO_3^{2-}, пересыщения воды карбонатом кальция выявлены в озере Сарыбулак, имеющем ультрапресную воду (26,62 мг/дм^3), минимальные содержания ионов кальция (3,01 мг/дм^3) и гидрокарбонатных ионов (12,2 мг/дм^3). Вода всех озер обладала выщелачивающей агрессивностью, т.е. способна растворять находящийся в бетоне карбонат кальция и вымывать из тела бетона несвязанную известь $Ca(OH)_2$.

Ключевые слова: природные воды, химический состав, минерализация, карбонатно-кальциевое равновесие, пересыщение воды карбонатом кальция, агрессивный диоксид углерода.

Введение. Кольсайские озера расположены в горах Кунгей Алатау (Юго-Восточный Казахстан) (рисунок 1). Озера Нижний, Средний и Верхний Кольсай находятся в еловом поясе на высотах 1829–2642 м. над ур.м. Река Кольсай, питающая озера, имеет протяженность 24 км и берет начало на северных и западных склонах Кунгей Алатау. Она относится к бассейну реки Шелек (правый приток р. Иле). Озера завального типа, с резким нарастанием глубин от берега. Площадь озер достигает 0.20–0.58 км^2, максимальная глубина – 30.0–36.6 м, прозрачность воды – 8.0–9.0 м. Озеро Сарыбулак расположено в субальпийском поясе на высоте 3170 м. Оно имеет площадь 0.02 км^2, при глубине 2.5 м и прозрачности воды до дна. Питание осуществляется за счет родниковых вод и атмосферных осадков.

В силу труднодоступности озера остаются весьма плохо изученными в гидрохимическом отношении. Подробная гидрохимическая и токсикологическая характеристика Кольсайских озер приведена в работе [1], однако сведений о состоянии карбонатно-кальциевого равновесия в их водахв научной литературе нет. Данная работа направлена на восполнение этого пробела.

Состояние карбонатно-кальциевого равновесия представляет теоретический и практический интерес для гидрохимии, гидробиологии, геохимии, почвоведения, галургии и других наук, так как определяетнаправленность и интенсивность химических, физико-химических, химико-биологических процессов, протекающих в природных водах. Карбонатно-кальциевой системой в большинстве случаев обусловливаются такие процессы, как древнее и современное осадкообразование

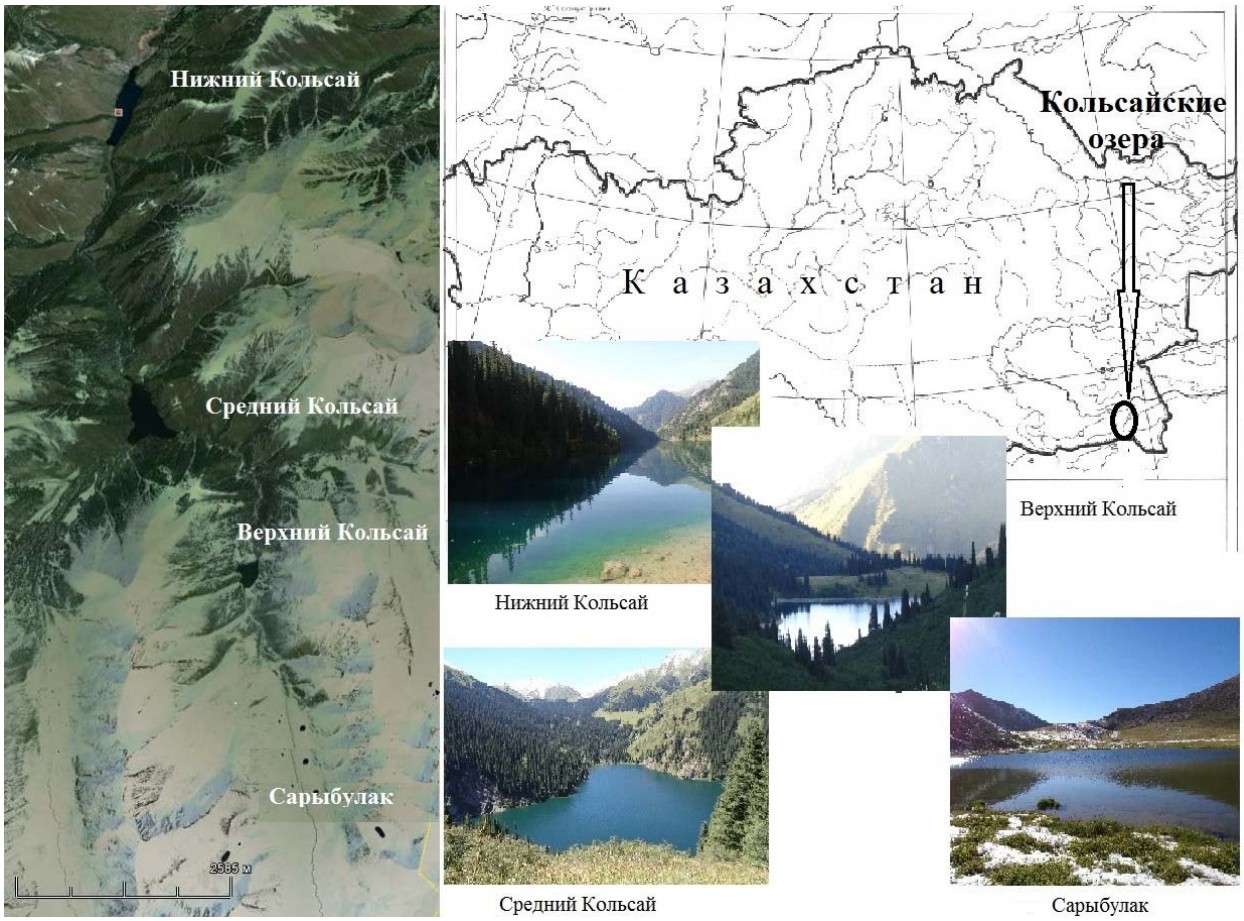


Рисунок 1 – Карта – схема расположения Кольсайских озер, август 2015 г.

Figure 1– Map – layout ofKolsai Lakes, August 2015.

(5% пород, образующих земную кору, составляют карбонатные породы [2]); сорбция образующимися кристаллами $CaCO_3$ микроэлементов, биогенных элементов и органических веществ [3, 4]; разрушающее действие воды на бетон[5]; образование накипи в системах технического и питьевого водоснабжения [6], а также в значительной степени интенсивность и направление биологических процессов в водоёмах [7]. Так, И. С. Захарченков[8] отмечает, что при слабой проточности водоёма воздействие зарослей макрофитов в процессе фотосинтеза на гидрокарбонатную систему может быть весьма велико. Например, в мелководных озерах Полесской низменности в зоне зарослей макрофитов летом значение pH достигает 9,2-9,8, а в чистых зонах – 8,2-8,6 [8]. При этом наблюдались отложения извести среди зарослей хары.

Наиболее крупные и разносторонние исследования в области изучения карбонатно-кальциевого равновесия в природных водах стран СНГ проведены О.А. Алекиным и Н.П. Моричевой [2, 9], М.В. Левченко [10], а в более ранний период – Н.М. Страховым с соавторами [11]. Исследования состояниякарбонатно-кальциевого равновесия в речных водах Казахстана выполнены: для р. Урал – Н.А.Амиргалиевым [12], для рек Балхашского бассейна – М.А.Ибрагимовой [13], С.М.Романовой [14], для Сыр-Дарьинского бассейна –А.И.Ибрагимовым [15], для рек Северного склона Иле Алатау – С.М.Романовой [16], рек и водоемов Иртышского бассейна – В.Я.Пильгук [17].

Страхов Н.М., изучая *Иртышский бассейн* [11], пришел к выводу, что р. Иртыш образует естественную гидрохимическую группу с реками Енисей, Лена, Ока, Печораи имеет с ними общие черты карбонатного режима. Для рек этой группы характерныболее низкие концентрации углекальциевой солипо сравнению с реками волжской группы –Волгой, Доном, Днепром, Иле, Сыр-Дарьей. Постоянно наблюдаемое в течение года состояние недосыщенияобъясняется малой концентрацией карбонатных ионов, низкими годовыми температурами воды и обилием свободной CO_2.

На основе более позднихкомплексныхфизико-химическихисследованийрек и водоемов Иртышского бассейна В.Я.Пильгук [17] пришел к выводу, что полученные им показатели не следует рассматривать как абсолютные, поскольку входящие в равновесие углекислые соли и свободный диоксид углерода должны быть отнесены к числу наименее устойчивых составных частей воды, содержание которых непрерывно меняется не только в годичном цикле, но и в течение суток. Однако при всей вариабельностипоказателей карбонатной системы рек, пределы ихизменчивости характерны для каждой отдельной реки, что дает возможность проводить сопоставление при условии использования для расчетов единых констант. Выявлено, что наибольшая изменчивость карбонатно-кальциевого равновесиясвойственна малым рекам – притокам Иртыша. Среди притоков Иртышского бассейна имеются реки, вода которых ненасыщенна $CaCO_3$ (Бухтарма, Ульба, Малая Ульба и др.), в других она имеет нормальное насыщение (река Уба). Большинство более мелких рек (Чар, Карасу, Кызылсу, Уланка, Песчанка, Аблайкеткен) вносят в Иртыш воду, значительно пересыщенную карбонатом кальция. Величина пересыщения $aCa^{2+} \cdot aCO_3^{2-} / S_{CaCO3}(t)$ воды этих отдельных притоков в летнее время года достигает 4,0-16,0, а весной 1,06-3,41. В тоже время показана значительная общность карбонатной характеристики реки Иртыш с другими крупными артериями – рекамиЛена, Обь, Енисей, Яна, Индигирка, Северная Двина.

Отмеченные выше в общих чертах различия в состоянии равновесия в воде рек Иртышского бассейна обусловлены рядом причин, основными из которых являются различия в температурном режиме, химическом составе и минерализации. Последние определяются особенностями питания и режима рек, т.е. местными климатическими и литологическими факторами.

Обычно природные воды насыщены и пересыщены карбонатом кальция. Так, вода отдельных прудов засушливой зоны Приазовья пересыщена карбонатом кальция в 19 раз [18], озер Алаколь-Сасыккольского бассейна – 9 раз [19], озера Иссык-Куль – в 5 раз [20], Рыбинского водохранилища – в 58 раз [21].

Результаты расчетов, выполненных по единой методике для каждого гидрохимического района *озера Балхаш*за период 1956-1994гг.[22-25] обработаны математически. Вода оз.Балхаш всегда сильно пересыщена карбонатом кальция, но зона карбонатообразования непостоянна, меняет свое положение и глубину распространения в зависимости от сдвига равновесия. Пересыщение растет в восточном направлении в летний период от 6,9 до 28,6 в 1985 г., от 12,8 до 32,7 в 1986 г., от 4,8 до 18,3 в разные сезоны 1987г., от 3,8 до 14,7 в 1994 г. Снижение величины пересыщения воды карбонатом кальция в средний по водности 1987 г. и многоводные 1988 г. и 1994 г., по сравнению с маловодными 1985-1986 гг.,былообусловленоболее низкими значениями температуры воды, pH, концентраций Ca^{2+}, CO^{-}_3, влияющими на смещение карбонатно-кальциевого равновесия.

Характер кривых зависимости произведения растворимости $CaCO_3$ (S/S_t) от минерализации, полученныйнами за годы исследований, идентичен. Наибольшее пересыщение наблюдается в поверхностных слоях в период интенсивного фотосинтеза фитопланктона, способствующего уменьшению концентрации CO_2 и увеличению содержания CO_3^{2-}. В периоды состояния озера, близкого к гомотермии, разница в насыщенности $CaCO_3$ по вертикали выравнивается.Выявлена достаточно тесная связь между величиной S/S_t и концентрацией HCO_3^- и CO_3^{2-} для наиболее характерных значений pH воды озера (от 8,3 до 9,2).

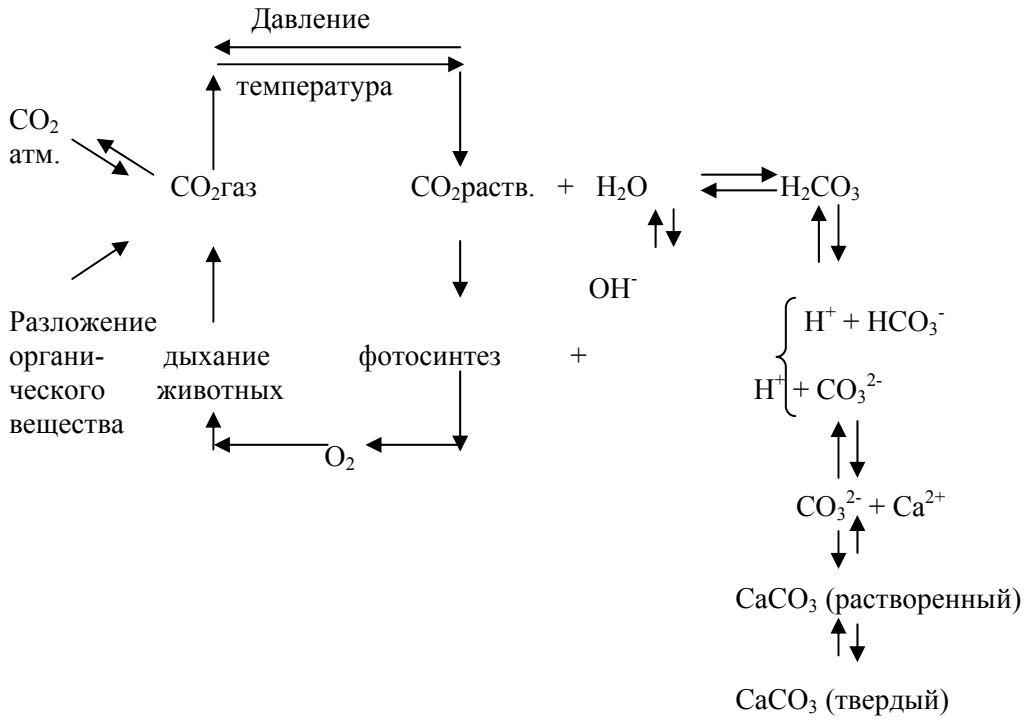
*Рекисеверногосклона Иле Алатау*в 2009-2010 гг. имели воду, ненасыщенную карбонатом кальция [16]. Величина пересыщения (S/St) изменялась в среднем от 0,17 в р. Есик до 0,44 в р. Каскелен. Установлено наличие значительных колебаний основных компонентов карбонатного равновесного состояния в течение года в воде этих рек [16, 22]. Показано, что в речных водах содержание свободногоCO_2превышало его равновесную концентрацию в 1,3-39,2 раза. Это обусловливает образованию агрессивного диоксида углерода в количестве от <1,0 до 7,7 мг/дм^3. Такое обстоятельство весьма характерно для рек горного типа и связано с преобладанием в их питании снежно-ледниковой составляющей.В зимний период в результате образования ледяного покрова у береговой полосы, подо льдом происходит скопление свободного CO_2, на фоне незначительного снижения величины pH и резкогопонижения температуры. Все это способствует образованию вод, ненасыщенных карбонатом кальция. Согласно существующим нормам, такая вода не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе.

Таким образом, имея сведения по состоянию карбонатно-кальциевогоравновесия в воде основных водных источников Казахстана, можно провести сопоставление с соответствующими данными по Кольсайским озерам, выявив общие черты и особенности поведения основных компонентов равновесия.

Материал и методы. Озера Государственного национального природного парка "Көлсай Көлдері" былиобследованы в августе 2015 г. На каждом озере по сетке станций измеряли величину pH, электропроводность и температуру воды с помощью портативных влагонепроницаемых приборов марки Hanna HI 98129. Отбирали пробы воды для определения минерализации и ионного состава воды. Каждая проба состояла из субпроб, отобранных как минимум в трех различных частях водоема. Субпробы смешивались, и затем отбиралась одна интегрированная проба.

Гидрохимический анализ воды выполнен в лаборатории «Химия природных вод» КазНУ им. аль-Фарабипосле консервирования образцов соответствующими реагентами [26-28]. Применяли общепринятые методики выполнения измерений [27, 28]. В ходе анализа процент ошибок не превышал допустимых значений их погрешности. Все пробы воды анализировались минимум в трех – четырехкратной повторности.

Согласно современным представлениям [22], схема карбонатно-кальциевого равновесия имеет вид (рисунок 2).



Линия, соответствующая давлению, направлена по часовой стрелке, температуре – против часовой стрелки.

Рисунок 2 – Схема карбонатно-кальциевого равновесия [22]

Figure 2 – Chartof carbonate-calcium equilibrium

Основными компонентами равновесия являются CO_2, H_2CO_3, H^{+1}, HCO_3^-, CO_3^{2-}, Ca^{2+}. Изменение концентрации любого из них неизбежно влечет изменение содержания других и сдвиг равновесного состояния. Нарушение определенного равновесного состояния, установление нового равновесия происходит за счет многих факторов (климат, характер почв, водного режима, солевого состава, содержания органических и биогенных веществ, металлов и др.). Основными условиями устойчивости карбонатной системы являются, во-первых, равновесие CO_2, растворенной в воде, с CO_2, находящейся над раствором, во-вторых, соответствие содержания ионов CO_3^{2-} и Ca^{2+} с величиной произведения активности при данных физических условиях и ионной силе раствора.

Для характеристики отклонений данной системы от устойчивого равновесия могут быть использованы две взаимосвязанные величины: содержание CO_2, избыточное против равновесного, и степень насыщенности воды карбонатом кальция. Для характеристики отклонения CO_2 принята величина агрессивного диоксида углерода (часть избыточного против равновесного содержания CO_2, способного вступать во взаимодействие с $CaCO_3$).

Основные компоненты равновесия в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное) находятся между собой в определенных количественных соотношениях. При уменьшении концентрацииCO_2, например, в процессе фотосинтеза или выделения в атмосферу, повышается значение pH, содержание ионов CO_3^{2-} и создаются условия для пересыщения воды карбонатом кальция. Все это способствует сдвигу равновесия в сторону образования и осаждения карбоната кальция. Напротив, избыточная равновесная CO_2растворяет образующийся $CaCO_3$, и ионы Ca^{2+} и HCO_3^- переходят в воду. В свою очередьCO_2 направляет процесс в обратную сторону. Таким образом, осаждение и растворение $CaCO_3$ представляет собой два непрерывно и одновременно протекающих разнонаправленных процесса. Кроме того, состояние карбонатно-кальциевого равновесия природных вод и процессы формирования их химического состава тесно взаимосвязаны.

Изучить состояние равновесия это значит:

1) определить концентрации отдельных компонентов, входящих в уравнение равновесия;
2) установить количественные соотношения между его компонентами;
3) рассмотреть возможность перехода одного компонента в другой;
4) выявить растворимость $CaCO_3$;
5) выявитьвозможность перехода компонентов в твердую фазу.

Методика определения компонентов карбонатно-кальциевого равновесия подробно изложена в руководстве [29]. Расчет компонентов карбонатно-кальциевого равновесия производили по методике и рекомендациям О. А. Алекина и Н. П. Моричевой [30] без учета образования ионных пар и комплексов.

Результаты и их обсуждение

Расположение Кольсайских озерна различных высотах (таблица 1) обусловливает низкие температуры воды, не превышающие14°С. Величина показателяснижалась в направлении от верхнего к нижнему озеру. Вода во всех озерах щелочная, при величине pH от 8,4 до 9,4. Вода имела очень низкую минерализацию, с минимальной величиной показателя в оз. Сарыбулак.

Таблица 1 – Высота расположения над уровнем моря и координаты Кольсайских озер, август 2015 г.

Table 1 –The height of the location above sea level and coordinatesof Kolsai Lakes, August 2015

Водоем	Высота над ур. м.	Координаты	
Кольсай Нижний	1829	42°58'53.38	078°19'21.23
Кольсай Средний	2242	42°56'21.2	078°19'33.1
Кольсай Верхний	2642	42°54'46.6	078°20'41.8
Сары-Булак	3170	42°51'28.3	078°20'24.5

Данные, характеризующие карбонатно-кальциевое равновесие в воде Кольсайских озер, приведены в таблицах 2 и 3. Относительнонизкаятемпература и слабая минерализация воды создают благоприятные условия для растворения диоксида углерода. В период исследований содержание свободной растворенной CO_2 изменялось в пределах от0,30 до 2,26 мг/дм^3. В соответствии с проведенными расчетами, равновесная концентрация CO_2была значительно ниже (0,002-0,46 мг/дм^3), чем содержание свободной растворенной CO_2. По этой причине величина пересыщения воды карбонатом кальция не превышалаединицу(0,006-0,61). Водасодержалаагрессивный диоксид углерода в количестве 0,8-1,2 мг/дм^3,что, согласно существующим нормам (больше 15 мг/дм^3), не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе.В настоящее время небольшая бетонная плотина есть только на Нижнем Кольсае, однако данные по состоянию карбонатно-кальциевого равновесия необходимо знать при возможном сооружении гидротехнических конструкций на других озерах.

Таблица 2– Показатели к расчету основных компонентов карбонатно-кальциевого равновесия в воде Кольсайских озер, август 2015 г.

Table 2– Indexes to the calculation of basic components of carbonate-calcium equilibrium in water of Kolsai Lakes, August 2015

Показатель	Нижний Кольсай	Средний Кольсай	Верхний Кольсай	Сарыбулак
t, °C	13,7	12,1	10,2	12,2
$\sum_{и}$, мг/л	123,9	116,04	102,19	26,62
f(Ca^{2+})	0,825	0,825	0,830	0,880
f (HCO_3)	0,950	0,950	0,950	0,975
f (CO_3^{2-})	0,800	0,800	0,820	0,880
PaH	8,21	7,79	8,26	7,90
$aH \cdot 10^{-8}$	0,62	1,22	0,55	1,26
μ	0,0025	0,0024	0,0020	0,0007
$K_1 \cdot 10^{-7}$	3,72	3,59	3,44	3,59
$K_2 \cdot 10^{-11}$	3,61	3,44	3,25	3,44
$S(CaCO_3) \cdot 10^{-9}$	5,42	5,50	5,70	5,50

Примечание: f – коэффициент активности иона; aH – активная концентрация ионов водорода; μ – ионная сила раствора (природной воды); K_1, K_2 – первая и вторая константы диссоциации угольной кислоты при соответствующей температуре воды; $S(CaCO_3)$ – произведение растворимости карбоната кальция при соответствующей температуре воды.

Таблица 3 – Характеристика состояния карбонатно-кальциевого равновесия воды Кольсайских озер, август 2015 г.

Table 3 –Description of the state of carbonate-calcium equilibrium in water of Kolsai Lakes, August 2015

Показатель	Нижний Кольсай	Средний Кольсай	Верхний Кольсай	Сарыбулак
t, °C	13,7	12,1	10,2	12,2
$\sum_{и}$, мг/дм^3	123,9	116,04	102,19	26,62
Ca^{2+}, мг/дм^3	20,04	16,03	17,03	3,01
HCO_3^-, мг/дм^3	76,27	73,22	64,07	12,20
PaH	8,21	7,79	8,26	7,90
$aH \cdot 10^{-8}$	0,62	1,22	0,55	1,26
CO_2своб., мг/дм^3	0,86	2,26	0,70	0,30
CO_2равн., мг/дм^3	0,46	0,33	0,26	0,002
CO_2агр., мг/дм^3	0,8	1,2	1,0	0,9
$CO_3^{2-} \cdot 10^{-6}$, моль/дм^3	10,10	3,99	7,00	0,60
$aCa^{2+} \cdot aCO_3^{2-}$	3,33	1,05	2,02	0,035
S/S_t	0,61	0,19	0,35	0,006

Примечание: своб. – свободный; равн. – равновесный; агр. – агрессивный; S/S_t – величина пересыщения воды карбонатом кальция.

Абсолютные и расчетные значения всехкомпонентовкарбонатного равновесия снижались против градиента высоты.. Самые низкие концентрации диоксида углерода, значенияпроизведения активностей ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-}, пересыщения воды карбонатом кальция выявлены в озере Сарыбулак, имеющем ультрапресную воду (26,62 мг/дм^3), минимальное содержание ионов кальция (3,01 мг/дм^3) и гидрокарбонатных ионов (12,2 мг/дм^3).

Следует отметить тот факт, что в связи с относительно низкой концентрацией ионов HCO_3^- (меньше 2,0 ммоль/дм^3 эквивалент),вода Кольсайских озер обладаетвыщелачивающей агрессивностью, т.е. способна растворять находящийся в бетоне карбонат кальция и вымывать из тела бетона несвязанную известь $Ca(OH)_2$. По отношению к $CaCO_3$ вода Кольсайских озер ненасыщенна, особенно далека от насыщения вода озера Сарыбулак. Значение показателя насыщения здесь (aCa^{2+} . aCO_3^{2-})/ $S(CaCO_3)$ = 0,006.

Поскольку вода всех озер ненасыщенна карбонатом кальция, то в ней не создаются предпосылки для осаждения соли карбоната кальция из воды.

Сравнение с имеющимися литературными данными показало, что абсолютные и расчетные значения компонентов карбонатно-кальциевого равновесия в Кольсайских озерах были близки к таковым, полученным для пресных и ультрапресных вод верхних участков рек северного склона Иле Алатау и большинства горных притоков р. Иртыш (таблица 4). Содержание свободного диоксида углерода превышало его равновесную концентрацию, что приводит к состоянию недосыщения воды карбонатом кальция, наличия агрессивного диоксида углерода. В солоноватых и соленых бессточных озерах Балхаш и Иссыккуль создаются условия для сдвига равновесия в сторону образования твердой фазы в виде карбоната кальция и вода, наоборот, пересыщена карбонатом кальция, соответственно, в 3,8-32,7 и в 3-5 раз.

Таблица 4 – Величина пересыщения воды карбонатом кальция в реках северного склона Иле Алатау [16], притоках р. Иртыши Кольсайских озерах

Table 4 – The amount of calcium carbonate supersaturation of water in the rivers of northern slope of Ile Alatau [16], tributaries river Irtysh and lakes Kolsai

Объект	S/S_t		Объект	S/S_t	
	мин-мак	среднее		мин-мак	среднее
Киши Алматы	0,01-0,41	0,20	Ащибулак	0,001-0,86	0,33
Улькен Алматы	0,02-0,61	0,29	Есик	0,16-0,19	0,17
Есентай	0,01-0,53	0,29	Тургень	0,11-0,56	0,23
Мойка	0,09-0,41	0,26	Нижний Кольсай	–	0,61
Карасу	0,07-0,64	0,21	Средний Кольсай	–	0,19
Теренкара	0,02-0,73	0,25	Верхний Кольсай	–	0,35
Талгар	0,05-0,60	0,22	Сарыбулак	–	0,006
Каскелен	0,02-0,91	0,41	Правобережные притоки Иртыша:Уба, Ульба, Малая Ульба, Кальджир, Бухтарма, Курчум	0,12-0,58	0,35

На содержание в воде растворенного диоксида углерода влияет ряд факторов, главными из которых являются фотосинтез и разнообразные биохимические процессы, проходящие в воде и в донных отложениях. Источником CO_2 в озерах являются прежде всего процессы окисления органических веществ, сопровождающиеся выделением диоксида углерода. По нашим данным [1], содержание легкоокисляющихся органических веществ в воде Кольсайских озер находилось на невысоком уровне и достигало летом 2015 г. 1,20-2,14 мгО/дм^3. Различные виды биохимического распада и окисления органических остатков, дыхание водных организмов сопровождаются выделением растворенной в воде CO_2. В водных экосистемах содержание CO_2 подвержено изменениям не только в течение годичного цикла, сезона, но даже суток. Уменьшение диоксида углерода происходит при фотосинтезе. Углеводы, образованные в процессе фотосинтеза, снова окисляются в CO_2. Когда происходит полное потребление газообразного CO_2 при интенсивном фотосинтезе, он может быть выделен при сдвиге карбонатного равновесия из ионов HCO_3^- с образованием ионов CO_3^{2-}.

Концентрация карбонатных ионов находится в обратной зависимости от концентрации ионов водорода или в прямой от величины pH. С увеличением содержания CO_3^{2-} ионов возрастает и величина pH воды. Уменьшение концентрации CO_2 в воде наблюдается также при выделении ее в атмосферу, а обмен между CO_2 атмосферы и CO_2 воды происходит непрерывно, т.е., наблюдается динамическое равновесие. В зависимости от соотношения процессов потребления CO_2 и выделения его, а также изменений температуры воды может происходить выделение и поглощение диоксида углерода. Указанные факторы в основном определяют сезонную динамику CO_2 и величины pH.

Выводы. Летом 2015 г. впервые исследовано состояние карбонатно-кальциевого равновесия в воде четырех горных Кольсайских озер. Показано, что вода всех озер была ненасыщена карбонатом кальция и содержала растворенный диоксид углерода в количестве, превышающим его

равновесныеконцентрации. При общих источниках питания и территориальной близости, различия химического состава вод Кольсайских озер, в том числе, элементов карбонатно-кальциевого равновесия, связаны с высотно-климатическими факторами. Выявлено снижение величины пересыщения воды карбонатом кальция в направлении от Нижнего Кольсая к озеру Сарыбулак, т.е., против высотного градиента. В Нижнем Кольсае этот показатель был равен 0,61, Среднем Кольсае – 0,19, Верхнем Кольсае – 0,35, воз. Сарыбулак – 0,006. Вода Кольсайских озер содержала агрессивный диоксид углерода в количестве, не представляющем опасности для бетонных сооружений на портландцементе, но при этом обладала выщелачивающей агрессивностью для бетона, содержащего известь. Полученные нами результаты необходимо учитывать при планировании гидротехнических конструкций на озерах.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Крупа Е.Г., Романова С.М., Иментай А.К. Гидрохимическая и токсикологическая характеристика озер государственного национального природного парка «Көлсáй көлдерí» (Кунгей Алатау, юго-восточный Казахстан) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – Саранск, 2016. – № 1(1). – С. 2-10.

[2] Алекин О.А., Моричева Н.П. Изменение насыщенности карбонатом кальция речной воды при смешении ее с морской водой // Гидрохимические материалы. – Л., 1961. – Т. 31. – С. 95-107.

[3] Попова Т.П. О совместном осаждении некоторых микрокомпонентов природных вод с карбонатом кальция // Геохимия. – 1961. – Т. 12. – С. 14-21.

[4] Романова С.М. Кинетика поглощения ионов тяжелых металлов неорганическими сорбентами // Вестник КазНУ. Сер. хим.: матер. межд. научн. конф. «Коллоиды и поверхности», посвящ. 70-летию К. Б. Мусабекова. – 2010. – № 3(59). – С. 398-403.

[5] Словарь по гидрогеологии инженерной геологии / Составитель: А. А. Маккавеев, редактор О. К. Ланге. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 356 с.

[6] Романова С.М. Бессточные водоемы Казахстана. – Т. 2: Качество воды: Учебное пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2012. – 165 с.

[7] Хатчинсон Д. Лимнология. – М.: Прогресс, 1969. – 400 с.

[8] Захарченков И.С. О влиянии макрофитов на гидрокарбонатную систему природных вод // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. – Минск: Изд-во Мин-ва высш., сред., спец. и проф. образ. – БССР, 1962.

[9] Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 442 с.

[10] Левченко В.М., Ешимбаев Д. Карбонатно-кальциевое равновесие в водоемах низовьев и дельты р. Амударьи // Гидрохимические материалы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – Т. 51.

[11] Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князева Л.И. и др. Образование осадков в современных водоемах. – М.: Изд. АНСССР, 1954. – 791 с.

[12] Амиргалиев Н.А. Гидрохимия канала Иртыш-Караганда. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 199 с.

[13] Ибрагимова М.А. Физико-химическая характеристика воды рек бассейна оз. Балхаш: Автореф. … дис. канд. хим. наук. – Алма-Ата: КазГУ, 1969. – 24 с.

[14] Романова С.М. Гидрохимия и гидроэкология оросительных систем в бассейне Республики Казахстан (бассейн р.Или). – Алматы: ДОИВА « Братство», 2003. – 181 с.

[15] Ибрагимов А.И. Физико-химическая характеристика воды р. Сыр-Дарьи: Автореф. дис. … канд. хим. наук. – Алма-Ата: КазГУ, 1973. – 33 с.

[16] Романова С.М. Исследование состояния карбонатно-кальциевого равновесия воды рек Северного склона Иле Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 1(60). – С. 111-118.

[17] Пильгук В.Я. Физико-химия реки Иртыш в условиях создания водохранилищ: Дис. ... кандидата химических наук. – Алма-Ата, 1975. – 130 с.

[18] Тарасов М.Н. О формировании ионного состава воды прудов Северо-Восточного Приазовья // Гидрохимические материалы. – 1956. – Т. 25. – С. 154-169.

[19] Снегирева Н.Е. Химия поверхностных вод Сасык-Алакольского бассейна. – Алма-Ата, 1970. – 256 с.

[20] Кадыров В.К. Гидрохимия озера Иссык-куль и его бассейна. – Фрунзе: Илим, 1986. – 212 с.

[21] Воронков П.П. Некоторые особенности формирования ионного состава воды водохранилища в зоне избыточного увлажнения // Труды ГГИ. – 1951. – Вып. 33(87). – С. 37-45.

[22] Романова С.М., Пономаренко О.И. Химические равновесия в природных водах: Уч. пособие. – Алматы: Қазақ ун-ті, 2015. – 180 с.

[23] Тарасов М.Н. К вопросу об изучении карбонатообразования в замкнутых водоемах аридной зоны на примере оз.Балхаш // Гидрохимические материалы. – 1961. – Т. 31. – С. 78-87.

[24] Романова С.М., Казангапова Н.Б. Озеро Балхаш – уникальная гидроэкологическая система. – Алматы, 2003. – 175 с.

[25] Позднякова Г.В. Динамика солевых запасов и минерализации воды оз. Балхаш // Круговорот веществ и энергии в водоемах. – Иркутск, 1981. – Вып. 5. – С. 117-119.

[26] Romanova S.M., Preisner L. The theoretical basses and methodology of reseaches of antropogenic transformation of hydrochemical regime of reservoirs of arid zones // Polish Journal of Environmental Studies. – 2011. – Vol. 20, N 4A. – P. 277-281.

[27] Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 541 с.

[28] Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – М.: НПО «Альтернатива», 1995. – 618 с.

[29] Романова С.М., Кунанбаева Г.С. Карбонатно-кальциевое равновесие в природных водах: Методическое пособие для магистрантов по спецкурсу "Химия природных вод и солей Казахстана". – Алматы:Қазақ ун-ті, 2002. – 32 с.

[30] Алекин О.А., Моричева Н.П. Расчет характеристик карбонатного равновесия // В кн.: Современные методы анализа природных вод. – М.: Изд. АН СССР, 1962. – С. 158-182.

REFERENCES

[1] KrupaE.G., RomanovaS.M., ImentajA.K. Gidrohimicheskajaitoksikologicheskajaharakteristikaozergosudarstvennogo nacionalnogoprirodnogoparka «Kəlsáj-kəlderí» (KungejAlatau, jugo-vostochnyjKazahstan).-*Nature Conservation Research. Zapovednajanauka.*-Saransk, **2016.** - № 1 (1).-S.2-10. (inRuss.).

[2] Alekin O.A., Moricheva N.P. Izmenenienasyshhennostikarbonatomkalcijarechnojvodyprismesheniiee s morskojvodoj // *Gidrohimicheskiematerialy*.-L., **1961**.- T.31.- S.95-107 (in Russ.).

[3] Popova T.P. O sovmestnomosazhdeniinekotoryhmikrokomponentovprirodnyhvod s karbonatomkalcija.- *Geohimija*.- Tom 12, **1961**.- S. 14-21. (in Russ.).

[4] Romanova S.M. Kinetikapogloshhenijaionovtjazhelyhmetallovneorganicheskimisorbentami.-*VestnikKazNU*. Ser. him.: mater. mezhd. nauchn. konf. «Kolloidyipoverhnosti», posvjashh.70-letiju K.B. Musabekova.– **2010.-** №3(59). - S.398-403 (in Russ.).

[5] Slovarpogidrogeologiiiinzhenernojgeologii. - M.: Gostoptehizdat. Sostavitel: A. A. Makkaveev, redaktor O. K. Lange. **1961**.- 356s. (in Russ.).

[6] Romanova S.M. Besstochnyevodoemy Kazahstana. Tom 2. Kachestvovody: uchebnoeposobie.- Almaty: Қазақ universiteti, **2012**.- 165s. (in Russ.).

[7] Hatchinson D. Limnologija.- M.: Progress, **1969**.- 400s. (in Russ.).

[8] Zaharchenkov I.S. O vlijaniimakrofitovnagidrokarbonatnujusistemuprirodnyhvod // *Voprosy rybnogo hozjajstva Belorussii*. - Minsk: Izd-vo Min-vavyssh.,sred., spec. i prof. obraz. BSSR, **1962.** (in Russ.).

[9] Alekin O.A. Osnovygidrohimii.- L.:Gidrometeoizdat, **1970.-** 442s. (in Russ.).

[10] Levchenko V.M., Eshimbaev D. Karbonatno-kalcievoeravnovesie v vodoemahnizovevidel'ty r. Amudar'i // Gidrohimicheskiematerialy.- L.:Gidrometeoizdat, **1969**.- T. 51. (in Russ.).

[11] Strahov N.M., Brodskaja N.G., Knjazeva L.I. i dr. Obrazovanieosadkov v sovremennyhvodoemah.- M.: Izd. ANSSSR, **1954.-** 791 s. (in Russ.).

[12] Amirgaliev N.A. Gidrohimijakanala Irtysh-Karaganda. – L.: Gidrometeoizdat, **1981**. – 199 s. (in Russ.).

[13] Ibragimova M.A. Fiziko-himicheskajaharakteristikavodyrekbassejnaoz.Balhash: avtoref. … diss. kand. him. nauk. - Alma-Ata: KazGU, **1969**. – 24 s. (in Russ.).

[14] Romanova S.M. Gidrohimijaigidrojekologijaorositelnyhsistem v bassejneRespublikiKazahstan (bassejnr.Ili) - Almaty: DOIVA « Bratstvo», **2003**. – 181 s. (in Russ.).

[15] Ibragimov A.I. Fiziko – himicheskajaharakteristikavody r. Syr – Dar'i. - avtoref. … diss. kand. him. nauk. - Alma-Ata: KazGU, **1973**. – 33 s. (in Russ.).

[16]Romanova S.M. Issledovaniesostojanijakarbonatno-kalcievogoravnovesijavodyrekSevernogosklona Ile Alatau// *Gidrometeorologijaijekologija*.-**2011**.- № 1(60).- S.111-118. (in Russ.).

[17] PilgukV.Ja. Fiziko-himijareki Irtysh v uslovijahsozdanijavodohranilishh.-Dissertacija na soiskanieuchenojstepeni kandidata himicheskih nauk.- Alma-Ata, **1975**.- 130s. (in Russ.).

[18]TarasovM.N. OformirovaniiionnogosostavavodyprudovSevero-vostochnogopriazovja // Gidrohimicheskiematerialy, **1956**. - T.25. S.154-169. (in Russ.).

[19] Snegireva N.E. HimijapoverhnostnyhvodSasyk-Alakolskogobassejna. – Alma-Ata, **1970**. – 256 s. (in Russ.).

[20]Kadyrov V.K. GidrohimijaozeraIssyk-kuli ego bassejna.- Frunze: Ilim, **1986**.-212s. (in Russ.).

[21]Voronkov P.P. Nekotoryeosobennostiformirovanijaionnogosostavavodyvodohranilishha v zone izbytochnogo uvlazhnenija.- Trudy GGI, vyp.33(87), **1951**.- S.37-45. (in Russ.).

[22] Romanova S.M., Ponomarenko O.I. Himicheskieravnovesija v prirodnyhvodah (uch.posobie).- Almaty: Қазақ un-ti**, 2015**.-180s. (in Russ.).

[23]Tarasov M.N. K voprosuobizucheniikarbonatoobrazovanija v zamknutyhvodoemaharidnojzonynaprimereoz.Balhash //*Gidrohimicheskiematerialy.*-**1961**.-T.31. -S.78-87. (in Russ.).

[24]Romanova S.M., Kazangapova N.B. OzeroBalhash - unikalnajagidrojekologicheskajasistema – Almaty, **2003**. – 175 s. (in Russ.).

[25]Pozdnjakova G.V. Dinamikasolevyhzapasovimineralizaciivodyoz.Balhash // Krugovorotveshhestvijenergii v vodoemah. Irkutsk, **1981**.- Vyp.5. S.117-119. (in Russ.).

[26] RomanovaS.M., PreisnerL. The theoretical basses and methodology of reseaches of antropogenic transformation of hydrochemical regime of reservoirs of arid zones//*Polish Journal of Environmental Studies*.-**2011**.-Vol.20, No.4A.- P.277-281.(in Eng.).

[27] Rukovodstvopohimicheskomuanalizupoverhnostnyhvod sushi/ Pod red. A.D. Semenova. Leningrad: Gidrometeoizdat, **1977**. - 541 s. (in Russ.).

[28] Fomin G.S. Voda. Kontrolhimicheskoj, bakterialnojiradiacionnojbezopasnostipomezhdunarodnymstandartam. M.: NPO «Alternativa», **1995.-**618 s. (in Russ.).

[29] Romanova S.M., Kunanbaeva G.S. Karbonatno-kalcievoeravnovesie v prirodnyhvodah. Metodicheskoe posobie dlja magistrantovpospeckursu "HimijaprirodnyhvodisolejKazahstana".-Almaty:Қазақ un-ti, **2002**.-32s. (in Russ.).

[30] Alekin O.A., Moricheva N.P. Raschetharakteristikkarbonatnogoravnovesija.-V kn. Sovremennye metody analiza prirodnyhvod. - M.: Izd. AN SSSR, **1962**. - S.158-182. (in Russ.).

С. М. Романова[1], Е. Г. Крупа[2],

[1]Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым Министрлігі Ғылым комитетінің
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым Министрлігі Ғылым комитетінің
ҚР ҒБМ зоология институты, Алматы, Қазақстан

"КӨЛСАЙ КӨЛДЕРІ"МЕМЛЕКЕТТІК ҰЛТТЫҚ ТАБИҒИ БАҒЫНДАҒЫ КӨЛ СУЫНЫҢ КАРБОНАТТЫ-КАЛЬЦИЙЛІ ТЕПЕ-ТЕҢДІК КҮЙІ

Аннотация. Карбонатты жүйе табиғи суларда химиялық тепе-теңдіктің маңызды жүйесі болып табылады. Оның күйімен көл және өзен суларында жүретін химиялық, физика-химиялық, химия-биологиялық және басқа процестердің бағыты және қарқындылығы анықталады. Карбонатты-кальцийлі тепе-теңдікті зерттеудің практикалық маңызы зор, себебі оның күйімен судың агрессивті қасиеттері, яғни карбонатты жыныстарды, сонымен қатар гидротехникалық құрылыстардың бетонын бүлдіру қабілеттілігі анықталады. Қазіргі уақытта шағын бетон бөгеті тек Төменгі Көлсайда ғана бар, дегенмен болашақта басқа көлдерде де гидротехникалық құрылыстар салуда карбонатты-кальцийлі тепе-теңдік күйі туралы мәліметтерді білу қажет.

Далалық және зертханалық гидрохимиялық зерттеулердің нәтижелері негізінде «Көлсай Көлдері» мемлекеттік ұлттық табиғи бағындағы төрт көлдің суының карбонатты-кальцийлі тепе-теңдігінің негізгі компоненттеріне (CO_2, H_2CO_3, H^{+1}, HCO_3^-, CO_3^{2-}, Ca^{2+}) есептеулер жүргізілді.

2015 жылдың жазғы мезгілінде бос еріген CO_2 мөлшері 0,30-2,26 мг/дм^3 шегінде ауытқитындығы анықталды. CO_2-нің тепе-теңдік концентрациясы бос еріген көміртек диоксидінің мөлшеріне қарағанда біршама аз (0,002-0,46 мг/дм^3). Сол себепті судың кальций карбонатымен аса қанығу мәні бірден аз (0,006-0,61), судың құрамындағы жемір көміртек диоксидінің мөлшері 0,8-1,2 мг/дм^3. Қолданыстағы нормаларға сәйкес (15 мг/дм^3 көп)жемір көміртек диоксидінің мұндай концентрациясы портландцементтен жасалған бетонды құрылыстар үшін қауіптілік туғызбайды.

Карбонатты тепе-теңдіктің барлық компоненттері үшін теңіз деңгейінде биіктіктің артуымен олардың азаюының төмендеу үрдісі байқалады. Көміртек диоксиді концентрациясының ең төменгі мәндері, Ca^{2+} мен CO_3^{2-} белсенділігі туындыларының шамасы, судың кальций карбонатымен аса қанығуы Сарыбұлақ көлінде анықталды, оның суы ультрапресті (26,62 мг/дм^3), кальций иондары (3,01 мг/дм^3) мен гидрокарбонат иондарының (12,2 мг/дм^3) мөлшері аз. Одан басқа, барлық көлдердің суы сілтісіздендіру агрессивтілікке ие, яғни бетондағы кальций карбонатын еріте алады және бетонға байланыспаған ізбесті $Ca(OH)_2$ шая алады.

Түйін сөздер: табиғи сулар, химиялық құрам, минералдану, карбонатты-кальцийлі тепе-теңдік, судың кальций карбонатымен асақанығу шамасы, жемір көміртек диоксиді.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 150 – 156

N. B. Kazangapova[1], Sh. M. Abeuova[1], S. M. Romanova[2], K. M. Satova[1]

[1]S. Seifullin Kazak Agro Technical University, Astana, Kazakhstan,
[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: kazangapova@bk.ru, shinar-555@mail.ru, sofiyarom@mail.rusatova.km@mail.ru

SOILS OF THE KARAGANDY FOREST NURSERY: THE BASIS OF ENVIRONMENTAL AND AESTHETIC LANDSCAPEVALUE OF THE REGION

Abstract. At present, land degradation is observed on a large territory of the Republic of Kazakhstan, i.e. process of ecosystem depletion, loss of soil fertility and productivity of biomass. Over 76% of the territory of Kazakhstan including forest areas in the northern region is affected by various degrees of degradation. The problem of stabilizing the process of anthropogenic desertification and the restoration of degraded lands must be solved and it is possible with the efficient management and protection of land resources that are achieved by scientifically grounded soil studies.

The results of soil research in Karaganda forest nursery are presented in article. Chemical analyses of soils to determine mechanical composition, chemical composition of water extract, exchange bases and nutrients have allowed the three identified soil differences to be combined into two groups of forest suitability. Group I includes two soil differences of 36.31 hectares out of 41.37 hectares: dark chestnut medium-thick light loamy soils with no signs of salinity and alkalinity and dark chestnut soils slightly alkalinized medium-thick light loamy. The dense residue does not exceed 0.056 per cent, which is confirmed by the non-salinity of the studied soils. The content of exchange ions of calcium and magnesium in these soils varies within acceptable limits. The supply of these soils with nutrients, nitrogen and phosphorus ismedium,with potassium the supplyis high.

Key words: soil, mechanical composition, exchange cations, forest nursery, forest suitability.

УДК 630.2:632.931(574)(08394)

Н. Б. Казангапова[1], Ш. М. Абеуова[1], С. М. Романова[2], К. М. Сатова[1]

[1]Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

ПОЧВЫ КАРАГАНДИНСКОГО ЛЕСОПИТОМНИКА – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ЛАНДШАФТНО-ЭСТЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНА

Аннотация. В настоящее время на значительной территории Республики Казахстан наблюдается деградация земель, т.е. процесс истощения экосистемы, потери плодородия почвы, продуктивности биомассы. Различной степени деградации подвержено более 76% территории Казахстана, в том числе лесные массивы северного региона. Проблема стабилизации процесса наблюдающегося антропогенного опустынивания и восстановления деградированных земель должна быть решена и возможна при эффективном использовании и охране земельных ресурсов, которые достигаются научно-обоснованными исследованиями почв.

В статьеприведены результаты почвенных исследований в Карагандинском лесопитомнике. Проведенные химическиеанализы почв по определению механического состава, химического состава водной вытяжки, обменных оснований и элементов питанияпозволили выделенные три почвенных разностей обьединить в две группы лесопригодности почв. В I группу включены две почвенные разности площадью 36,31 гаиз 41,37 га:

темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые почвы без признаков засоления и солонцеватости и темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные легкосуглинистые. Плотный остаток не превышает 0,056%, что подтверждает незасоленность исследуемых почв. Содержание обменных ионов кальция и магния в этих почвах колеблется в допустимых пределах. Обеспеченность этих почв питательными элементами – азотом, фосфором – средняя, калием – высокая.

Ключевые слова: почва, механический состав, обменные катионы, лесопитомник, лесопригодность.

Введение. В настоящее время на значительной территории Республики Казахстан наблюдается деградация земель, т.е. процесс истощения экосистемы, потери плодородия почвы, продуктивности биомассы. А экологическая неустойчивость и антропогенные перегрузки способствуют этому процессу. Известно, что умеренной, значительной и сильной степеням деградации подвержено более 76,3% территории Казахстана, в том числе Северный регион, включающий лесные массивы [1, 2]. Стабилизация процесса наблюдающегося антропогенного опустынивания и восстановления деградированных земель возможны при эффективном использовании и охране земельных ресурсов, которые достигаются научно-обоснованными исследованиями почв.

Лесонасаждения имеют неоспоримое экологическое значение, которое проявляется в положительном влиянии на воздушный бассейн, климатические условия и санитарное состояние окружающей среды. Леса регулируют поверхностный сток воды, защищают почву от эрозии, выполняют санитарно-гигиенические функции, являются защитой от сильных ветров, суховеев, пыльных бурь, метелей, характерных для отдельных регионов Казахстана, в том числе Карагандинской области. Лесонасаждения тем самым улучшают микроклимат, ландшафтно-эстетическое состояние, являются в конечном итоге и хорошим местом для отдыха населения и жизнеобитания флоры и фауны.

Постепенное увеличение объемов лесокультурных и озеленительных работ в Казахстане во многом определяются уровнем развития производства посадочного материала (сеянцев и саженцев) древесных и кустарниковых пород, так как посадка сеянцев и саженцев – наиболее эффективный метод лесовосстановления и лесоразведения. Существующие лесные питомники на данный момент не удовлетворяют полностью потребности лесокультурного и озеленительного производства. В связи с этим возникла необходимость в создании новых и реконструкции существующих постоянных лесных питомников Республики Казахстан. Карагандинский лесной питомник должен стать одним из высокоинтенсивных поставщиков посадочного материала среди других предприятий региона. Основное назначение питомника – обеспечение лесокультурных и озеленительных работ высококачественным посадочным материалом в достаточном количестве.

Материал и методы исследований. Обследованный участок (общей площадью 41,37 га) расположен на землях Государственного Лесного Фонда в непосредственной близости от пос. Ново-ДолинкаАбайского района, в 38-ми км от г. Караганды и в 2,5 км северо-восточнее г. Сарани (рисунок 1). Территория Карагандинского лесного питомника расположена в степной лесорастительной географической зоне, в подзоне сухих степей [3, 4].

Почвенные обследования проводились согласно утвержденным инструкциям, отбор образцов почв и их химический анализ – по общепринятым в почвоведении методам [5-9], также как в северных лесных участках Казахстана [10]. Оценка лесопригодности почв проведена по методическим рекомендациям [11].

Факторы, влияющие на лесорастительные условия. Обследованная территория расположена в подзоне сухих типчаково-ковыльных степей. Наиболее распространенной ассоциацией является разнотравно-злаковая, с преобладанием в ней: типчака, полыни, пырея, мятлика, лабазника, вероники.

Из древесной растительности в виде колков произрастают березовые и осиновые леса. Искусственные насаждения представлены вязом приземистым, кленом ясенелистным, тополем бальзамическим, смородиной золотой [12].

Из числа факторов, оказывающих влияние на лесорастительные условия, наиболее существенное значение имеет климат. В условиях сухой степи, характеризующихся континентальностью климата, при незначительном количестве осадков, высоком дефиците влажности, значительной величине испарения, под пологом изреженной ковыльно-типчаковой растительности на аллювиально-деллювиальных отложениях, сформировались темно-каштановые почвы. Темно-каш-

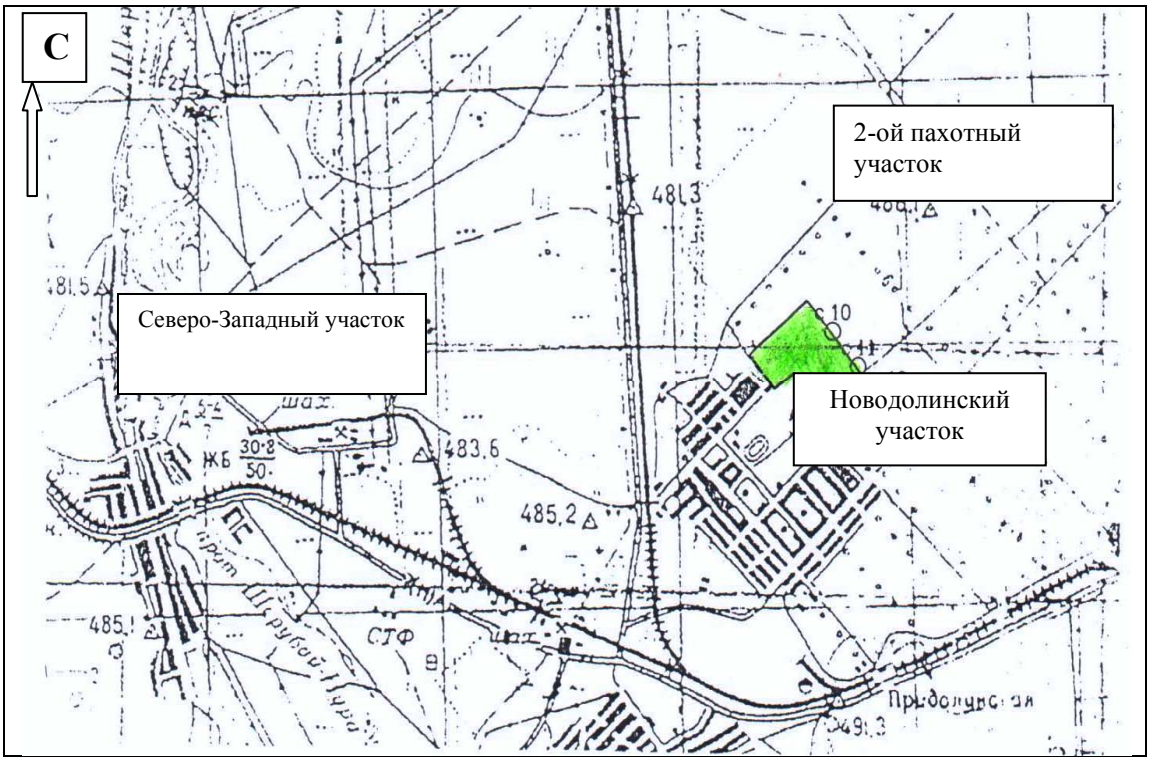


Рисунок 1 – Схема Карагандинскоголесопитомника

Figure 1 – Scheme of the nursery Karaganda

тановые почвы являются зональным типом почв, которые и составляют основной фон почвенного покрова обследованного участка [13].

Результаты и их обсуждение. На территории Карагандинского питомника нами выделены 3 почвенные разности, которые по своим лесорастительным свойствам объединены в 2 группы лесопригодности (таблица 1).

В I группу включены две почвенные разности: темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые почвы без признаков засоления и солонцеватости и темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные легкосуглинистые. Площадь почв I группы составляет 36,31 гаили 87,8% (таблица 1). Формирование темно-каштановых почв происходит в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения атмосферными осадками, что обуславливает незначительную глубину промачивания почвы влагой.

Таблица 1 – Распределение почв по группам лесопригодности и почвенным разностям

Table 1 – Distribution according to groups of forest suitabilityand soil differences

№ п/п	Наименование почвенной разности	Площадь	
		га	%
I группа – Лесопригодные почвы			
1	Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые	32,43	78,4
2	Темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные легкосуглинистые	3,88	9,4
	Итого по I группе	36,31	87,8
II группа – Нелесопригодные почвы			
3	Темно-каштановые сильносолончаковатые среднемощные легкосуглинистые	3,48	8,4
	Итого по II группе	3,48	8,4
4	Прочие земли	0,55	1,3
5	Бетонный арык	1,03	2,5
	Всего	41,37	100

Грунтовые воды, залегающие на глубине более 6 м, практически не оказывают влияния на процессы почвообразования. Выделенные темно-каштановые почвы, приурочены к почвообразующим породам легкого и среднего механического состава. Почвенный профиль их характеризуется небольшой мощностью.

Верхний гумусовый горизонт достигает мощности 20-30 см. На глубине 50-80 см ясно прослеживается горизонт скопления углекислой извести (карбонатный) – мелкая белоглазка. Мощность всего почвенного профиля колеблется в пределах 100-120 см.

Ранее проведенное исследование механического состава почв показало, что физической глины в верхнем горизонте содержится от 20,0 до 22,4%, физического песка от 77,6 до 79,9%. Такое соотношение физической глины и физического песка свидетельствует о среднем механическом составе, т.е. легком суглинке. С глубиной это соотношение практически не меняется[13].

Содержание гумуса в верхнем горизонте колеблется в пределах 2,46-2,62%, что соответствует слабой степени обеспеченности почв органическим веществом (таблица 2, разрезы 2,12). С увеличением глубины до полуметра содержание гумуса уменьшается в 1,8-2,4 раза.

Таблица 2 – Обменные катионы почв

Table 2 – Exchangeable cations of soils

№ разреза	Глубина, см	Гумус, %	Обменные катионы						
			мг-экв / 100г почвы			Сумма катионов	в % от суммы катионов		
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}
Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые									
2	25-35	1,08	5,0	4,0	0,36	9,36	53,4	42,7	3,9
Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые									
10	0-26	2,62	7,5	1,5	0,20	9,20	82,0	16,3	1,7
	26-46	1,48	6,0	3,0	0,27	9,27	64,7	32,4	2,9
Темно-каштановые сильносолончаковатые среднемощные легкосуглинистые									
12	0-23	2,46	9,0	5,0	0,21	14,21	63,3	35,2	1,5
	30-47	1,02	7,0	6,5	0,36	13,86	50,5	46,9	2,6

Анализ поглощенных оснований позволяет установить количественный и качественный состав катионов, которые находятся в почве в поглощенном состоянии и определяют многие свойства почв, прежде всего их сорбционную способность и участие в процессах системы "вода-почва" [14, 15]. Среди поглощенных оснований важная роль принадлежит кальцию. В темно-каштановых легкосуглинистых почвах в составе обменных оснований в верхних горизонтах (0-46 см) преобладает кальций (6,0-7,5 мг-экв/100 г или 64,7-82,0% от суммы катионов, таблица 2, разрез 10). Обменного магния в этих горизонтах содержится меньше, от 16,3 до 32,4% и очень мало содержится поглощенного натрия, от 1,7 до 2,9%, что и свидетельствует о несолонцеватости.

Реакция водной вытяжки почв верхних горизонтов показала слабощелочную среду. Вниз по профилю значение pH увеличивается до сильнощелочной (таблица 3, разрез 9).

Результаты анализа водной вытяжки свидетельствуют о содержании небольшого количества солей по всему профилю. Плотный остаток не превышает 0,056%, что подтверждает незасоленность исследуемых почв.

Обеспеченность этих почв питательными элементами – азотом, фосфором - средняя, калием – высокая (таблица 4, разрезы 7, 9, 11).

Темно-каштановые слабосолонцеватые почвы занимают небольшую площадь, всего 3,88 га. Эти почвы приурочены к почвообразующим породам легкого механического состава – легким суглинкам [13]. Характерным морфологическим признаком этой почвы, отличающей её от предыдущей, является наличие уплотненного иллювиального слабо трещиноватого горизонта зернисто-комковатой структуры. Уплотнение обусловлено обогащением этой части профиля коллоидными частицами. Слабая степень солонцеватости выражена наличием в составе поглощенных оснований в иллювиальном горизонте обменного натрия, в количестве 3,9% (таблица 2, разрез 2). Содержание ила колеблется в пределах 3,7-16,9% [13].

Таблица 3 – Состав водной вытяжки почв

Table 3 – Composition of aqueous extract of soil

№ раз-реза	Глубина, см	мг-экв./100г почвы							Сумма солей, %	pH
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные легкосуглинистые										
2	0-17	-	0,37	0,07	0,01	0,15	0,18	0,12	0,034	7,76
	25-35	-	0,21	0,09	0,18	0,18	0,18	0,12	0,034	7,53
Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые										
7	55-65	-	-	-	-	-	-	-	-	8,17
	100-125	-	-	-	-	-	-	-	-	9,52
Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые										
9	0-26	-	0,31	0,07	0,18	0,18	0,20	0,12	0,039	8,04
	30-40	-	0,29	0,18	0,01	0,20	0,08	0,20	0,035	8,00
	60-70	-	0,29	0,10	0,07	0,18	0,13	0,15	0,034	8,02
	110-30	-	0,48	0,09	0,01	0,25	0,15	0,18	0,044	8,60
	150-175	-	0,57	0,06	0,011	0,30	0,08	0,36	0,056	8,60
1	2									
Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые										
10	0-26	-	0,48	0,10	0,02	0,20	0,20	0,20	0,045	7,77
	26-46	-	0,34	0,10	0,05	0,20	0,18	0,11	0,036	7,52
Темно-каштановые сильносолончаковатые среднемощные легкосуглинистые										
11	60-70	0,20	0,90	0,16	0,03	0,25	0,30	0,74	0,094	-
	100-125	0,32	1,03	0,23	0,09	0,23	0,18	1,26	0,121	-
Темно-каштановые солончаковатые среднемощные легкосуглинистые										
12	0-23	-	0,54	0,05	0,01	0,20	0,13	0,27	0,048	8,32
	30-47	-	0,39	0,09	0,02	0,20	0,18	0,12	0,037	8,10
	50-67	-	0,36	0,09	0,03	0,13	0,20	0,15	0,034	8,25
	67-80	0,08	0,60	0,07	0,10	0,25	0,15	0,45	0,063	8,66
	86-120	0,10	0,64	0,05	0,12	0,25	0,18	0,48	0,068	8,92
	120-150	0,08	0,68	0,05	0,05	0,18	0,25	0,43	0,064	8,82
	150-175	0,12	0,70	0,07	0,06	0,23	0,23	0,49	0,071	8,91

Таблица 4 – Содержание подвижных азота, фосфора и калия в почвах

Table 4 – The Content of mobile nitrogen, phosphorus and potassium in soils

№ разреза	Глубина, см	мг/1000 г почвы	мг/100г почвы	
		N	P_2O_5	K_2O
Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые				
7	0-29	42,94	8,85	29,50
	40-50	44,80	2,45	16,56
Темно-каштановые среднемощные легкосуглинистые				
9	0-30	37,33	8,40	50,57
	30-50	39,20	11,45	40,94
Темно-каштановые сильносолончаковатые среднемощные легкосуглинистые				
11	0-30	42,94	6,45	36,12
	30-50	61,60	6,25	30,10

На основании полученных нами данных химического состава почвы были разделены на две группы по лесопригодности. Почвы I группы сформированы на легких почвообразующих породах, с хорошей водопроницаемостью, не засолены и при соблюдении норм полива, агротехники обработки почвы, улучшения плодородия почвы путем внесения органо-минеральных удобрений, например, биогумуса или перегноя, возможно выращивание высококачественного стандартного посадочного материала.

Во II группу вошли нелесопригодные почвы, темно-каштановые сильносолончаковатые, занимающую незначительную площадь (3,48 га или 8,4% от общей площади обследования). Отличительным их признаком является наличие водорастворимых токсичных доз солей (начиная с глубины 60-70 см),которые губительно действуют на рост растений. Здесь степень засоления от средней до сильной. Тип засоления содовый, что подтверждается реакцией среды почв, в них отмечена повышенная общая щелочность (таблица 3, разрезы 11,12). Кроме того, анализируя результаты анализов почв II группы, необходимо отметить, что они относятся к худшим по лесорастительным условиям и выращивание посадочного материала на них невозможно.

Выводы. Из 41,37 га обследованной территории Карагандинского лесопитомника почвы на площади 36,31 га(87,8%) пригодны для выращивания посадочного материала и вспомогательных участков. Остальная площадь исключена по занятости и нелесопригодности почв, выращивание посадочного материала на них невозможно.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Новосельцева А.И., Смирнов Н.А.Справочник по лесным питомникам. – М.: Лесное хозяйство, 1983.- 280 с.

[2] Абраменков В.Т. Экологические проблемы Карагандинской области и методы их решения // Современные проблемы экологии Центрального Казахстана.-Караганда,1996.-С.6-13

[3] Почвы Казахской ССР. Карагандинская область. Выпуск 8. - Алма-Ата: Наука, 1967.- 332с.

[4] Агрохимическая характеристика основных типов почв СССР.- М.: Наука,1974.- С.267-268.

[5] Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. – М.: Колос, 1973.- С.8-16.

[6] ВоробьеваЛ.А. Теория и практика химического анализа почв. – М.:ГЕОС, 2006.- С.206-237.

[7] Воробьева Л.А. Химический анализ почв. – М.: Изд. МГУ,1998.-96с.

[8] Казангапова Н.Б.Учебно-методическое указание «Топырақтану» ЭОӘН 00851-10; регистрационный номер 777. Пр.№ 195, ЭУИ №000340.- Астана, 2010. -

[9] Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд. МГУ,1988.-488с.

[10] Казангапова Н.Б. Агрохимическое исследование почвенных участков северного лесничества // Bulletin DEURONALENT-FIDJP. - 2015.- № 1, С.81-85.

[11] Гирлов В.А. Методические указания по оценке лесопригодности засоленных почв Северного Казахстана. - Щучинск, 1998.- С.5-10.

[12] ПавловН.В. Флора Центрального Казахстана. - Т. 3. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1938.-428 с.

[13] Казангапова Н.Б., Абеуова Ш.М., Мазаржанова К.М.Водно-физические свойства почв Карагандинского лесопитомника.//Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-13: сохраняя традиции, создавая будущее». Т.1, ч.3.- Астана, 2017. –С.86-88.

[14] Ковда В.А. Основы учения о почвах. Кн.1. - М.: Наука,1973.- 448с.

[15] Romanova S.M., L.PreisnerThe theoretical basses and methodology of reseaches of antropogenic transformation of hydrochemical regime of reservoirs of arid zones//Polish Journal of Environmental Studies, Vol.20,No.4A, 2011.- P.277-281

REFERENCES

[1] Novoselceva A.I., Smirnov N.A. Spravochnikpolesnympitomnikam. – M.: Lesnoehozjajstvo, **1983**.-280c.(in Russ.).

[2]. Abramenkov V.T. JekologicheskieproblemyKaragandinskojoblastiimetodyihreshenija/V.T.Abramenkov // *Sovremennye problemyj ekologiiCentralnogo Kazahstana*.-Karaganda,**1996**.-S.6-13.(inRuss.).

[3]. PochvyKazahskoj SSR. Karagandinskaja oblast'. Vypusk 8. - Alma-Ata: Nauka, **1967**.- 332s.(in Russ.).

[4]. Agrohimicheskajaharakteristikaosnovnyhtipovpochv SSSR. - M.: Nauka,**1974**.- S.267-268. (inRuss.).

[5]. Obshhesojuznaja instrukcija po pochvennym obsledovanijam i sostavleniju krupnomasshtabnyh pochvennyh kart zemlepolzovanij. – M.: Kolos, **1973**.- S.8-16. (in Russ.).

[6]. Vorobeva L.A. Teorijaipraktikahimicheskogoanalizapochv. – M.: GEOS, **2006**.- S.206-237. (in Russ.).

[7]. Vorobeva L.A. Himicheskijanalizpochv. – M.: Izd. MGU, **1998**.-96s. (in Russ.).

[8]. Kazangapova N.B.Uchebno-metodicheskoeukazanie «Топурақтану» JeOӘN 00851-10; registracionnyjnomer 777. Pr.№ 195, JeUI №000340.- Astana, **2010**. - 45s.(in Russ.).

[9]. Arinushkina E.V. Rukovodstvopohimicheskomuanalizupochv. M.: Izd. MGU, **1988**.-488 s. (in Russ.).

[10]. Kazangapova N.B. Agrohimicheskoe issledovanie pochvennyh uchastkov severnogo lesnichestva // *Bulletin DEURONALENT-FIDJP*. - **2015**.-№ 1, S.81-85.(in Russ.).

[11]. Girlov V.A. MetodicheskieukazanijapoocenkelesoprigodnostizasolennyhpochvSevernogoKazahstana. - Shhuchinsk, **1998**.-S.5-10.(in Russ.).

[12]. Pavlov N.V. Flora Central'nogoKazahstana. - T. 3. - M.-L.: Izd-vo AN SSSR, **1938**.-428 s. (in Russ.).

[13]. Kazangapova N.B., AbeuovaSh.M., Mazarzhanova K.M. Vodno-fizicheskiesvojstvapochv Karagandinskogo lesopitomnika.//*MaterialyRespublikanskojnauchno-teoreticheskojkonferencii «Sejfullinskie chtenija-13: sohranjajatradicii, sozdavajabudushhee*». T.1, ch.3.- Astana, **2017**. –S.86-88.(inRuss.).

[14]. Kovda V.A. Osnovyuchenija o pochvah. Kn.1. - M.: Nauka,**1973.**- 448s. (in Russ.).

[15]. Romanova S.M., L.PreisnerThe theoretical basses and methodology of reseaches of antropogenic transformation of hydrochemical regime of reservoirs of arid zones//*Polish Journal of Environmental Studies*, Vol.20,No.4A, **2011**.- P.277-281. (in Eng.).

Н.Б. Қазанғапова[1], Ш. М.Абеуова [1], С. М. Романова [2] , К. М. Сатова [1]

[1]С. Сейфуллин атындағы Казақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан,
[2]әл-Фараби атындағы Казақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

ҚАРАҒАНДЫ ОРМАН КӨШЕТЖАЙЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫ – АЙМАҚТЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЛАНДШАФТТЫ-ЭСТЕТИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНЫҢ НЕГІЗІ

Аннотация. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының едәуір аумағында жердің қарқынды тозуы, яғни экожүйе сарқылуы, топырақ құнарлылығы мен биомасса өнімділігінің жоғалу үдерістері байқалады. Республикамыздың 76% астам аумағы тозудың әртүрлі дәрежесіне душар болған, соның ішіндесолтүстік өңірдегі орман алқаптары. Жердің антропогендік әсерінен шөлге айналуы мен тозған жерді қалпына келтіру мәселелерін тұрақтандыру үшін ғылыми-негізделген зерттеулер арқылы жер ресурстарын тиімді пайдалану мен қорғау нәтижесінде жүзеге асады.

Мақалада Қарағанды орман көшетжайындағы топырақтарды зерттеу нәтижелері келтірілген. Топырақтың механикалық және су сығындысының химиялық құрамын, алмаспалы негіздері мен қоректену элементтерін анықтау бойынша жүргізілген химиялық талдаулар, топырақтың үш айырмашылығын орман ағаштарынөсіруге жарамдылығына байланысты оларды екі топқа біріктіруге мүмкіндік береді.

І топқа аумақтары 36,31 және 41,37 га болып келетін екі топырақ айырмашылығы енгізілген: сілтілігі және тұздылану белгілері жоқ орташа қуатты орташа саздақты қара-қоңыр топырақ және орташа саздақты сортаңдылығы төмен орташа қуатты қара-қоңыр топырақ.Тығыз қалдығы 0,056% аспайды, бұл зерттелетін топырақтың тұздыланбағандығын дәлелдейді. Кальций мен магний алмаспалы иондарының осы топырақтар құрамында болуы рұқсат етілген шегінде ауытқиды. Бұл топырақтардың қоректік заттармен қамтамасыздануы: азот және фосформен – орташа, калиймен – жоғары екендігін көрсетеді.

Түйін сөздер: топырақ, механикалық құрамы, алмаспалы катиондар, орман көшетжайы, орман ағаштарын өсіруге жарамдылық.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 157 – 170

V. Yu. Panichkin, O. L. Miroshnichenko, L. Yu. Trushel

Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience
of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: o_mirosh@mail.ru

DEVELOPMENT OF REGIONAL MATHEMATICAL MODEL OF THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE SYRDARYA ARTESIAN BASIN

Abstract. As a result of negative changes in the environment conditions and progressive deterioration in the quality of surface water, the ground waters of the Syrdarya Artesian basin become the main source of economic and drinking water supply in the region. At the same time, uncontrolled water extraction can exacerbate the situation and lead to depletion of groundwater resources and deterioration of surface water quality, have a negative impact on soil and vegetation conditions, exacerbate health problems, etc. Therefore, the tasks of rational use of the groundwater resources of the Syrdarya Artesian basin, protecting them from depletion and pollution become especially topical. The need to capture numerous natural and man-made factors having impact on the hydrogeological object conditions, as well as the large amount of heterogeneous information, makes geoinformation and mathematical modeling the only possible method for solving such problems. Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafin developed the mathematical model of hydro-geological conditions of the Syrdarya Artesian basin to solve these tasks. For calibration, the model solved the inverse stationary (as of 1960) and epigenetic hydrodynamic problems. Forecast of changes in the hydro-geological conditions of the object has been carried out for a 30-year period for various schemes of water extraction. Based on the results of the simulation, one may conclude that the man-made factors prevail over natural factors regarding the hydro-geological conditions of the Artesian basin, about the possible increase in the mineralization of groundwater in the Cretaceous sediments because of the flow of brackish waters from adjacent horizons under intensive water extraction, and deterioration of the ecological situation in the region.

Keywords: groundwater, mathematical model, geographic information system, Syrdarya artesian basin.

УДК 550.837.82

В. Ю. Паничкин, О. Л. Мирошниченко, Л. Ю. Трушель

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина
Министерства образования и науки Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

СОЗДАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЫРДАРЬИНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Аннотация. В результате негативных изменений в состоянии окружающей среды и прогрессирующего ухудшения качества поверхностных вод подземные воды Сырдарьинского артезианского бассейна становятся основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения региона. Вместе с тем неконтролируемый водоотбор может усугубить ситуацию – привести к истощению запасов подземных вод и ухудшению качества поверхностных вод, оказать отрицательное влияние на состояние почв и растительного покрова, обострить медико-санитарные проблемы и т.д. Поэтому особую актуальность приобретают задачи рационального использования ресурсов подземных вод Сырдарьинского артезианского бассейна, защиты их от истощения и загрязнения. Необходимость учета множества природных и техногенных факторов, влияющих на состояние гидрогеологического объекта, а также большой объем разнородной информации, делает геоинформационное и математическое моделирование единственно возможным методом решения таких задач. Длярешения поставленных задач в Институте гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина создана математическая модель гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна. С целью калибровки на ней решены обратная стационарная (по состоянию на 1960) и эпигнозная гидродинамические задачи. Прогнозирование изменения гидрогеологических условий объекта выполнялось на 30-летний период для различных схем водоотбора. По результатам моделирования можно сделать вывод о преобладающем влиянии на гидрогеологические условия артезианского бассейна техногенных факторов над естественными факторами, возможном увеличении минерализации подземных вод меловых отложений в результате перетекания солоноватых вод из смежных горизонтов при интенсивном водоотборе, ухудшении экологической ситуации региона.

Ключевые слова: подземные воды, математическая модель, геоинформационная система, Сырдарьинский артезианский бассейн.

Эффективность использования методов математического моделирования в процессе изучения гидрогеологических условий артезианских бассейнов подтверждается большим количеством математических моделей, созданных и эксплуатирующихся в различных странах мира.

Моделированию процессов фильтрации подземных вод посвящена монография [1], в которой в качестве примера представлена модель бассейна Wisconsin (США). Методические вопросы создания региональных математических моделей на основе комплексного использования систем математического моделирования и геоинформационных систем рассматриваются в работе [2]. В ней описаны математические модели потока подземных области DeathValley (США) и Great Artesian Basin (Австралия).

Технология разработки и 3D визуализации концептуальных гидрогеологических моделей, использующихся при создании математических моделей, приведена в работе [3].Система трехмерной визуализации GVS включает функцию отображения изменения параметров во времени [4].

Детальное изучение Большого артезианского бассейна (Great Artesian Basin, Австралия) осуществлялось с помощью проведения математического моделирования [3, 5-6]. Математическая модель бассейна Великих Озер (Great Lakes Basin, США) учитывает взаимодействие подземных и поверхностных вод, а также влияние изменения климата на сосотояние подземных вод [7].

Для создания региональной модели подземных вод Южной Дакоты (South Dakota, США) в [8] предложен метод моделирования, основанный на анализе главных компонент применительно к геохимическим данным.

Для бассейна Pannonian (Венгрия) созданы региональные математические модели потока подземных вод и на их основе концептуальные геохимические модели [9]. Комплексное использование методов моделирования и геохимических данных способствовало исследованию процес-

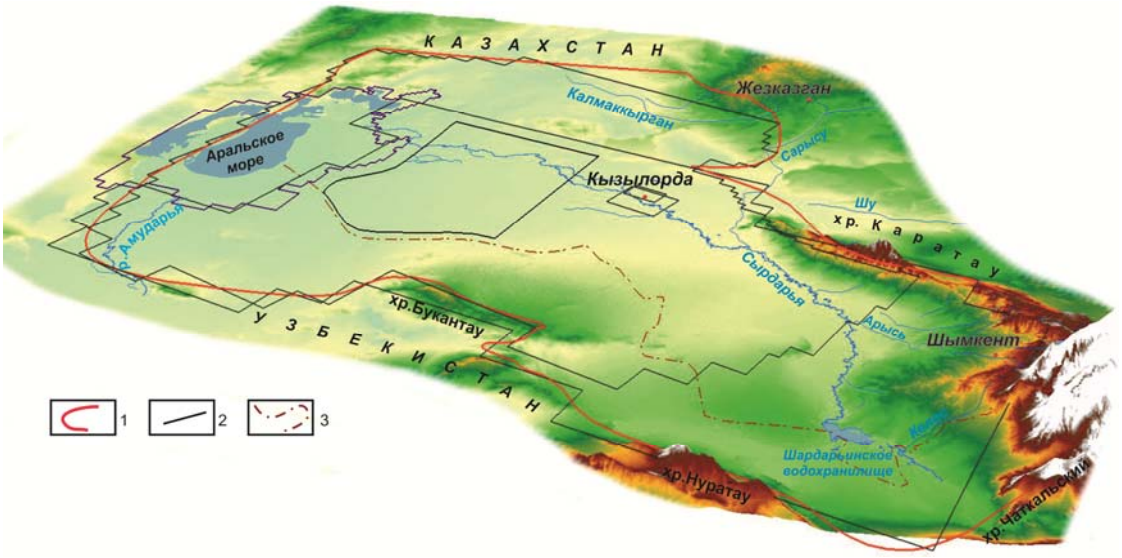
сов, проходящих в глубокозалегающих водоносных горизонтах Аквитанского бассейна (Aquitaine Basin, Франция) [10].

Работа [11] посвящена оценке надежности модели Сахарского артезианского бассейна, охватывающего территорию Алжира, Туниса и Ливии, с использованием геостатистического подхода. Вследствие недостатка исходной информации точность калибровки модели на отдельных участках не является достаточной. Предлагается провести дополнительные натурные исследования и повторную калибровку модели для получения уточненных прогнозов изменения гидрогеологических условий до 2050.

Для оценки работы водозаборных и дренажных сооружений и других объектов водохозяйственной деятельности создана система математических моделей Равнинно-Крымского артезианского бассейна [12]. При разработке моделей была создана обширная база геолого-гидрогеологических данных [13]. Система моделей Азово-Кубанского артезианского бассейна создана с целью оценки различий в структуре формирования ресурсов подземных вод [14]. При формировании модели центральной части Московского артезианского бассейна использована нетрадиционная методика – сначала были созданы локальные модели, затем построена региональная модель и выполнено уточнение граничных условий локальных [15]. Математическая модель Северо-Дагестанского артезианского бассейна создана для оценки геоэкологических последствий его многолетней эксплуатации [16].

Компанией «Геолинк» (Россия) представлены модели Чешского мелового артезианского бассейна, Московского артезианского бассейна и др. [17]. Использованию информационных систем для оценки и управления ресурсным потенциалом подземных вод России подробно рассматривается в [13].

История изучения гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна подробно описана в [18]. Использование методов математического, а затем геоинформационно-математического моделирования позволило значительно повысить качество проводимых исследований [18, 19]. Взаимное расположение границ математических моделей, созданных ранее, приведено на рисунке 1. Причиной создания современной математической модели гидрогеологических условий явилось несоответствие старых моделей гидрогеологическим условиям, изменившимся под воздействием техногенных факторов. Она включает южную часть бассейна, неохваченную ранее. Кроме того, стало невозможным продолжение эксплуатации моделей на устаревших программных средствах.



1 – граница модели Сырдарьинского артезианского бассейна (2012–2014 гг.); 2 – границы моделей, выполненные в период с 1980 по 2010 гг.; 3 – граница Республики Казахстан.

Рисунок 1 – Границы математических моделей гидрогеологических условий, созданных в пределах Сырдарьинского артезианского бассейна

Figure1 – Boundaries of mathematical models of hydrogeological conditions created within the Syrdarya Artesian basin

Целью создания модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна являлось решение задач рационального использования ресурсов подземных вод методами геоинформационно-математического моделирования. Концепции и методика построения модели изложены в [20, 21].

Модель гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна имеет геоинформационную и математическую составляющие. Геоинформационные модели – комплексные автоматизированные модели, включающие систему разномасштабных геоизображений и связанных с ними структурированных и неструктурированных описаний гидрогеологических систем и их свойств, отображающие состояние гидрогеологических объектов, протекающие в них процессы, а также процессы взаимодействия с окружающей средой [18]. Под математическими моделями понимают системы математических зависимостей, описывающих структуру или функционирование объекта [22]. В основе математических моделей лежат геоинформационные модели. Результаты, полученные на математических моделях, отображаются в геоинформационных.

Создание геоинформационной модели осуществлялось средствами ArcGIS 10 и MapInfo 10, математической – GMS 9.

Геоинформационная модель Сырдарьинского артезианского бассейна включает базы графических и семантических данных. База графических данных содержит гидрогеологические карты и разрезы; карты фактического материала, абсолютных отметок земли и подошв водоносных комплексов и водоупорных отложений, гидроизогипс и гидроизопьез на различные моменты времени, водопроводимости, коэффициентов фильтрации, упругой и гравитационной водоотдачи, общей и эффективной мощности водоносных горизонтов, минерализации подземных вод, расположения водозаборных и наблюдательных скважин и др. (рисунок 2). Со всеми графическими объектами связана атрибутивная информация.

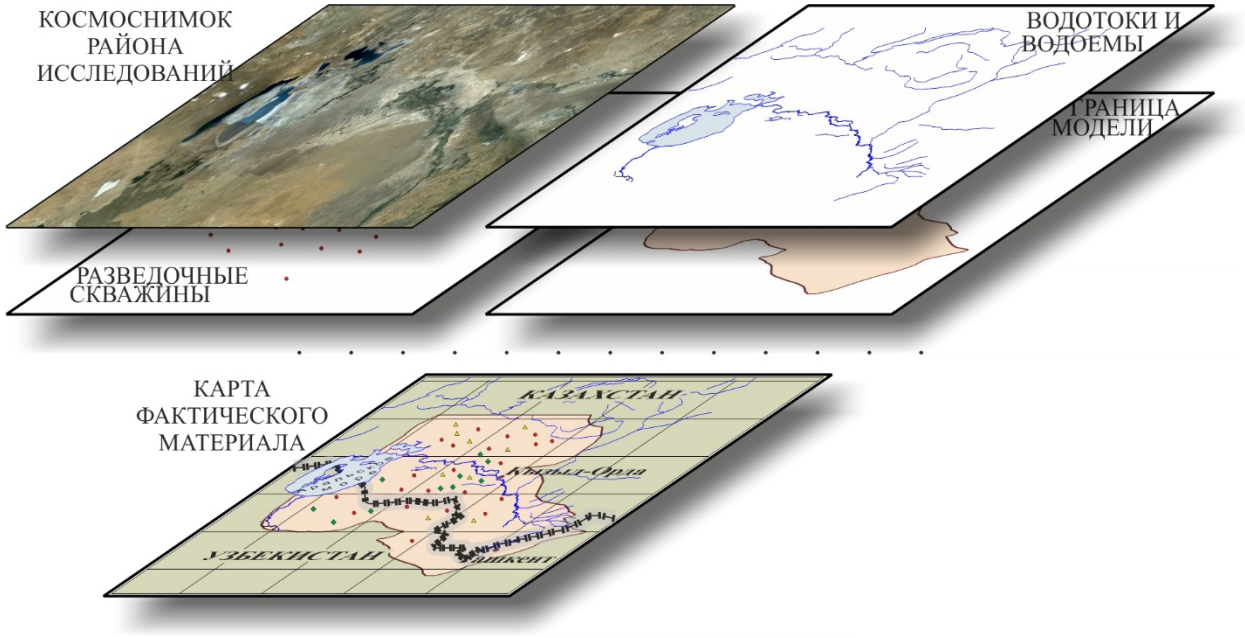


Рисунок 2 – Создание геоинформационной модели

Figure2 – Creation of a geoinformation model of the Syrdarya Artesian basin

База семантических данных содержит структурированную информацию и включает описания разрезов скважин, характеристики месторождений подземных вод и данные об их эксплуатации, результаты мониторинга подземных вод (уровенный режим, химический состав) и др.

Связь между базами графических и семантических данных осуществляется по кодовому полю. Подробно методика создания геоинформационной модели описана в [21].

Сырдарьинский артезианский бассейн представляет собой сложную многослойную гидродинамическую систему общей площадью более 540 тыс. км^2. Он ограничен на западе Куландинско-Амударьинским валом (вал Архангельского), а на северо-востоке Главным Каратауским разломом; на юге и востоке горными сооружениями Султан-Уиздага, Букантау, Каратау и Улутау; на севере широтой 48 градусов. Описываемая территория находится в пределах бассейна Аральского моря – крупнейшего бессточного водоема, пополнение запасов которого происходит, в основном, за счет притока поверхностных вод рек Сырдарьи и Амударьи, водностью которых полностью определялся уровенный и солевой режим моря.

Начиная с 1960 г. в связи с интенсивным ирригационно-гидроэнергетическим освоением водоземельных ресурсов бассейна Аральского моря общее водопотребление в бассейнах Амударьи и Сырдарьи стало стремительно возрастать за счет зарегулирования и безвозвратного изъятия поверхностного стока. В 1987 году произошло разделение моря на так называемый Большой и Малый Арал с различными абсолютными отметками уровня воды в каждом из них. Существенно уменьшилась площадь водной поверхности. Кроме того, на исследуемой территории увеличилось количество разведанных месторождений подземных вод.

Положение внешних границ модели выбиралось в основном по естественным границам распространения водоносных горизонтов и комплексов, либо с учетом возможного радиуса влияния действующих и проектируемых водозаборов. При схематизации учитывался характер распространения и взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов, гидродинамические особенности района, приуроченность эксплуатируемых и оцениваемых водозаборов к различным водоносным горизонтам и др. Границы модели приведены на рисунке 1.

На территории Сырдарьинского артезианского бассейна, сложенного мощной толщей терригенно-осадочных пород мезо-кайнозойского возраста, выделено пять основных водоносных горизонтов и комплексов, приуроченныхк неоген-четвертичным (N-Q), верхнеэоценовым ($₽_2^3$-sk), верхнетурон-сенонским K_2t_2-sn, верхнеальб-сеноманским (K_1al_3-K_2s) и нижне-среднеальб-юрским (K_1al_{1-2}-J) отложениям. Водоносные горизонты и комплексы разделяют региональные водоупоры в эоценовых (₽), нижнетуронских (K_2t_1) и нижне-среднеальбских (K_1al_{1-2}) отложениях, имеющие практически повсеместное распространение, а также чеганские глины в северо-западной части описываемой территории ($₽_{2-3}$cg) [19].

Таким образом, модель представлена пятью водоносными и четырьмя разделяющими слабопроницаемыми слоями. Структура математической модели гидрогеологических условий приведена на рисунке 3.

Модель предназначена для имитации процессов фильтрации подземных вод. Для верхнего водоносного комплекса фильтрация происходит в безнапорных условиях, для нижних – в напорных. Считалось, что до 1960 г. существовал естественный режим подземных вод. Затем значительное влияние на изменение гидрогеологических условий стали оказывать техногенные факторы.

В естественных условиях подземные воды неоген-четвертичного комплекса формируются преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетока из нижележащего верхнетурон-сенонского водоносного комплекса, притока по внешним границам, а также потери стока реки Сырдарьи. Разгрузка происходит в основном путем испарения с поверхности грунтовых вод, перетока в нижележащий горизонт, в Аральское море, в реку Сырдарью, а также оттока по внешним границам.

Подземные воды верхнеэоценового горизонта формируются в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетекания из смежных водоносных комплексов, а также притока по внешним границам. Разгрузка осуществляется преимущественно путем оттока в неоген-четвертичный водоносный комплекс, в Аральское море, по внешним границам.

Подземные воды верхнетурон-сенонского водоносного комплекса формируются в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетекания из смежных водоносных комплексов, а также притока по внешним границам. Разгрузка осуществляется преимущественно путем оттока в неоген-четвертичный водоносный комплекс и верхнеэоценовый водоносный горизонт, в Аральское море, по внешним границам и в меньшей мере через тектонические нарушения.

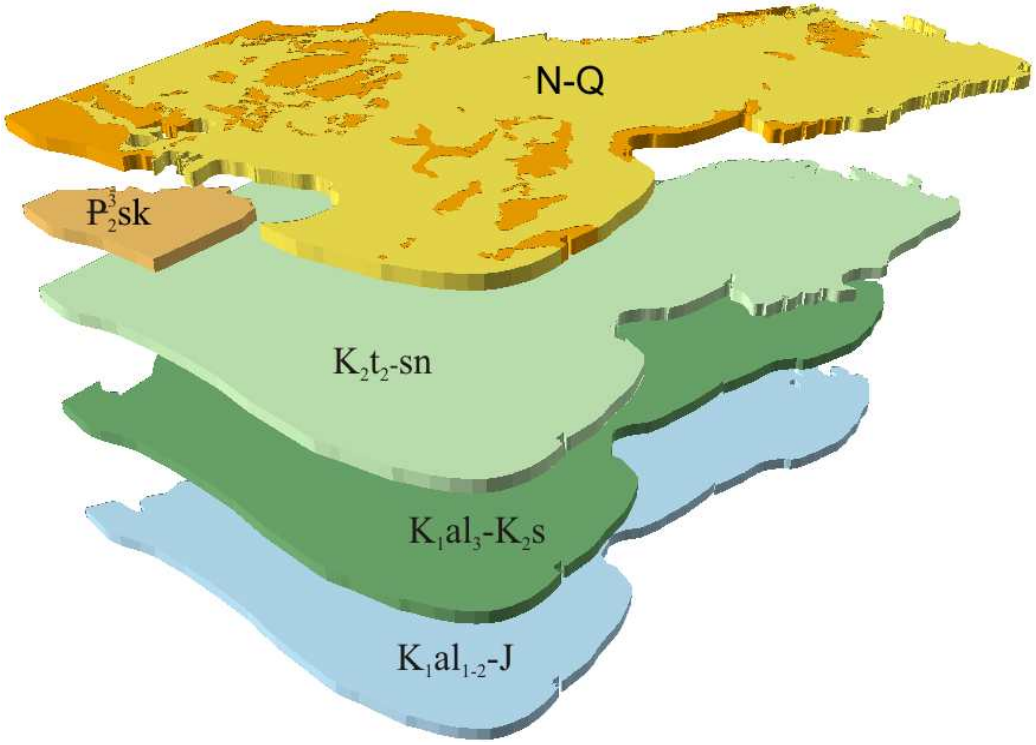


Рисунок 3 – Структура математической модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна

Figure 3 – Structure of the mathematical model of hydrogeological conditions of the Syrdarya Artesian basin

Для верхнеальб-сеноманского и нижне-среднеальб-юрского водоносных комплексов питание подземных вод и их разгрузка происходит в основном через внешние границы в результате взаимодействия со смежными водоносными горизонтами и через тектонические нарушения.

Начиная с 1960г. естественный режим подземных вод нарушается в результате нарастающего во времени водоотбора, работы множества самоизливающихся скважин, снижения уровня воды в Аральском море и отступления его береговой линии [18, 19].

Математическая модель использована для решения стационарной и нестационарной (эпигнозной) гидродинамических задач, которые описываются системами дифференциальных уравнений. Они реализованы с помощью конечно-разностных численных методов.

Напор водоносных комплексов усреднялся по мощности, емкостные запасы подземных вод в слабопроницаемых слоях не учитывались, интенсивность инфильтрационного питания не зависела от глубины залегания уровня грунтовых вод [20]. Процессы взаимодействия с окружающей средой отображались с помощью соответствующих граничных условий, а также имитировались заданием положительного или отрицательного площадного питания. При этом северная, северо-восточная, западная и южная границы для палеоген-неоген-четвертичного водоносного комплекса, а также р.Сырдарья задавались в виде граничных условий I рода (H = const). Восточная, западная, южная, северная и северо-восточная границы для неоген-четвертичного комплекса, а также области отсутствия водоносных комплексов, тектонические нарушения моделировались в виде границ II рода (Q = const либо Q = 0). Учитывалось падение уровня раздельно для Большого и Малого Арала, граница контура моря задавалась в соответствии с положением его береговой линии. Работа водозаборов, инфильтрация атмосферных осадков схематизировались в виде отрицательного или положительного питания. Испарение подземных вод и разгрузка их в озерные котловины, разгрузка подземных вод в Аральское море через его дно задавались на модели как граничные условия III рода. Водозаборы схематизировались как отрицательное питание, изменяющееся во времени, работа самоизливающихся скважин – как граничное условие III рода.

По результатам схематизации гидрогеологических условий были построены карты гидрогеологических параметров, которые дополнили геоинформационную модель (рисунок 4). Для

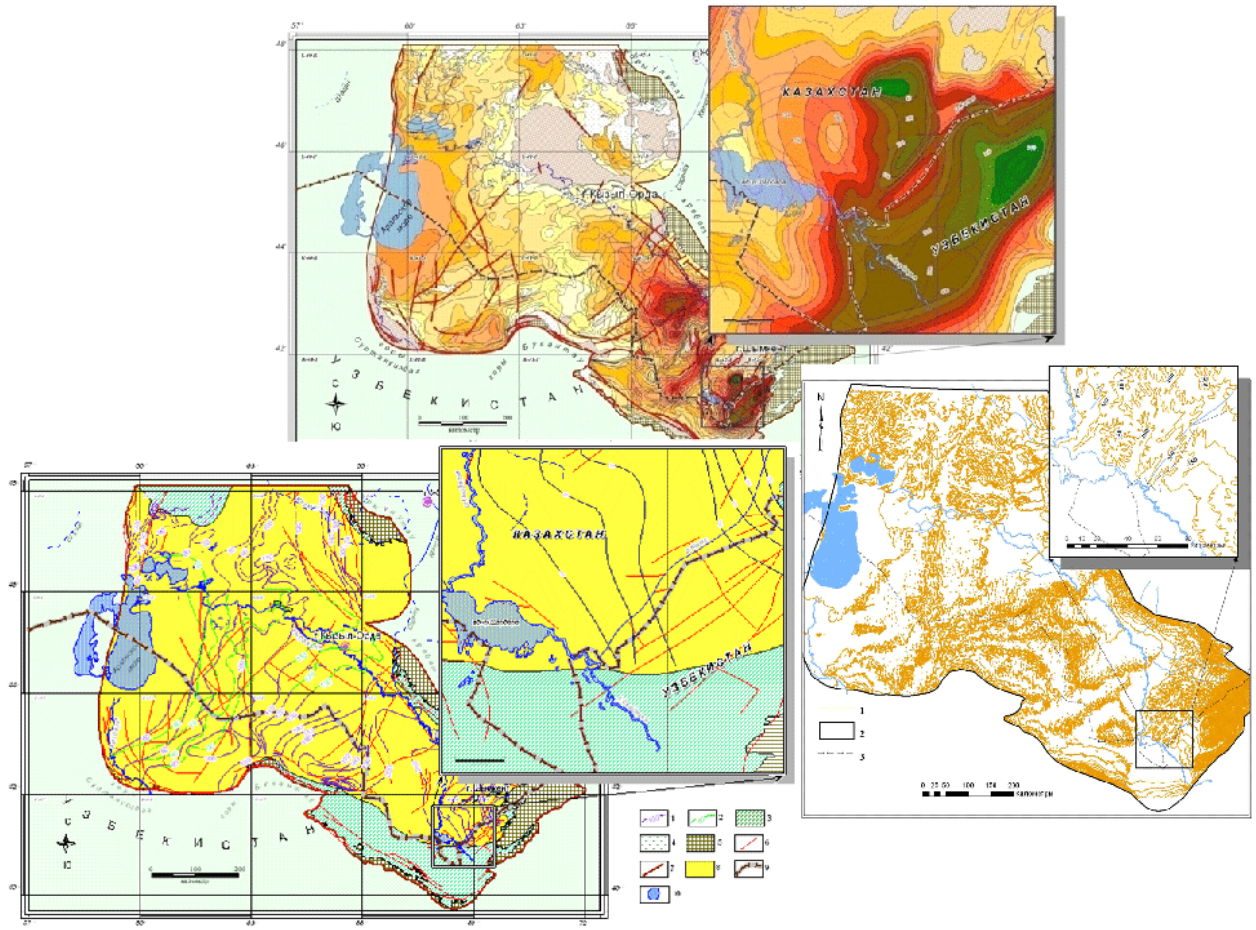


Рисунок 4 – Карты гидрогеологических параметров, построенные по результатам схематизации

Figure 4 – Maps of hydrogeological parameters, plotted according to the results of the schematization

каждого водопроницаемого слоя строились карты гидроизогипс и гидроизопьез (на условно ненарушенный период), карты глубин залегания уровня грунтовых вод, карты водопроводимости, коэффициентов фильтрации, упругой и гравитационной водоотдачи, абсолютных отметок подошв, питания и разгрузки. Для каждого слабопроницаемого слоя были составлены карты коэффициентов фильтрации и мощности. Кроме этого были подготовлены схемы расположения разведанных месторождений подземных вод и действующих водозаборов, карты абсолютных отметок поверхности земли и других параметров.

Для создания математической модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна была использована система математического моделирования подземных вод GMS. Технология формирования модели включала в себя формирование массивов исходных данных для создания математической модели, создание проекта модели и конвертирование исходных данных в форматы GMS, создание концептуальной модели, проектирование сеточной аппроксимации моделируемой области и отображение концептуальной модели на сеть.

Массив исходных данных для математической модели формировался средствами ГИС путем выборки нужных сведений из базы графических данных [20, 21]. Проект модели создавался средствами системы моделирования [23]. Конвертация данных заключалась в считывании файлов, описывающих пространственное расположение слоев модели и распределение значений параметров.

Концептуальная модель – высокоуровневое описание области моделирования, выполненное с помощью точечных, линейных и площадных ГИС-объектов независимо от сеточной аппроксимации моделируемой области [23]. Она состоит из нескольких покрытий и описывает граничные условия, структурные элементы модели (слои), параметры слоев, зоны питания и разгрузки и др. Испарение с поверхности грунтовых вод задавалось на модели с помощью разновидности гранич-

ных условий III рода – EVT package. Для имитации работы самоизливающихся скважин на модели использована разновидность граничных условий III родаDRT (Drain Return Package) [24].

Проектирование сеточной аппроксимации моделируемой области заключалось в создании ортогональной равномерной сети с шагом 5000 м. Размерность сети в плане – 232x162, в разрезе – 22 блока. После создания сети были активированы блоки модели, расположенные внутри моделируемой области. Количество расчетных блоков – около 500 000. При отображении концептуальной модели на сеть формируется набор матриц всех параметров, размерность соответствует размерности сети. Линейные объекты отображаются путем интерполяции значений, связанных с узловыми точками. С точечными объектами связываются значения параметров, определенные экспериментально – результаты замеров уровней подземных вод по режимным скважинам, дебиты водозаборных скважин и т.д.

Для доказательства адекватности модели существующим гидрогеологическим условиям проводилась ее калибровка, которая заключалась в решении обратных стационарной и нестационарной задач.

Стационарная задача решалась на условно ненарушенный период (по состоянию на 1960 г.). На модели подбирались значения площадного питания, испарения с поверхности грунтовых вод, коэффициентов фильтрации водовмещающих пород, а также параметры граничных условий модели. Качество решения контролировалось по совпадению фактических уровней подземных вод, замеренных по разведочным скважинам на условно ненарушенный период, с уровнями, рассчитанными на модели (рисунок 5).



Рисунок 5 – График соответствия уровней неоген-четвертичного водоносного горизонта, полученных по результатам решения обратной стационарной задачи и фактически измеренных по скважинам

Figure 5 – Graph of the correspondence of the levels of the Neogene-Quaternary aquifer obtained by the results of solving the inverse stationary problem and actually measured by the wells

Для решения обратной нестационарной задачи использовались уравнения трехмерной нестационарной фильтрации потока подземных вод в гетерогенной и анизотропной среде:

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z})-W=S_s\frac{\partial h}{\partial t}$$

с начальными условиями

$$h(x,y,z,t)=H_0(x,y,z) \qquad на\,\Omega,\ t=0$$

с граничными условиями

$$h(x,y,z,t)=H(x,y,z,t) \qquad на\,\Gamma_1, t\geq 0$$

$$K_n\frac{\partial h(x,y,z,t)}{\partial n}=Q(x,y,z,t) \qquad на\,\Gamma_2, t\geq 0$$

$$K_n\frac{\partial h(x,y,z,t)}{\partial n}=\lambda(h_B-h) \qquad на\,\Gamma_3, t\geq 0$$

где K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} – коэффициенты фильтрации по направлению координатных осей x, y и z (Lt^{-1}); h –напор (L); W – объемный поток на единицу объема, представляет источники и/или стоки воды (t^{-1}); S_s – коэффициент водоотдачи пористого материала (L-1); t – время (t). В общем случае функции S_s, K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} могут быть функциями пространственных координат ($S_s= S_s(x,y,z)$, $K_{xx}(x,y,z)$ и т.д.) и W – функцией пространственных координат и времени ($W= W(x,y,z,t)$); $H_0(x,y,z)$ – известное распределение напора в начальный момент времени; Ω – моделируемая область; $H(x,y,z,t)$ – значение напора вдоль границы Γ_1; Γ_1 – граница с заданным напором; K_n – коэффициент фильтрации по нормали к границе Γ_2; $Q(x,y,z,t)$ – расход воды на единицу объема; Γ_2 – граница с заданным расходом воды; λ – коэффициент, характеризующий взаимосвязь с внешней фильтрационной средой; h_B – уровень воды во внешней фильтрационной среде; Γ_3 – граница, по которой задана зависимость между расходом и градиентом напора [25].

Обратная нестационарная задача решалась на период 1960-2014 гг. В процессе ее решения подбирались емкостные параметры модели и уточнялись граничные условия. На модели имитировалось высыхание Аральского моря – уменьшение уровня воды, сокращение акватории и изменение подземного стока. Учитывалась работа более 2000 самоизливающихся скважин. Воспроизводилось изменение величины испарения с уровня грунтовых вод в зависимости от глубины его залегания. Водоотбор из неоген-четвертичного и мелового водоносных комплексов имитировался с помощью граничных условий типа Wells с изменяющимся во времени дебитом.

Для выполнения калибровки модели были использованы сведения более чем по 4500 скважинам, большая часть которых приурочена к неоген-четвертичному и верхнетурон-сенонскому водоносным комплексам. Качество решения контролировалось по совпадению фактических уровней подземных вод с уровнями, рассчитанными на модели (рисунок 6).

На откалиброванной модели были решены два варианта прогнозных задач сроком на тридцать лет (до 2044 г.). Первый вариант предполагал сохранение отбора подземных вод водозаборными сооружениями на весь прогнозный период на уровне фактического на конец 2014 г. Второй вариант предусматривал задание с начала 2015 г. водоотбора в объемах утвержденных ГКЗ запасов подземных вод по сумме категорий A+B+C_1. Учитывалась также работа водозаборов, действующих на неутвержденных запасах. Суммарный водоотбор на исследуемой территории по состоянию на 2014 год оценивался примерно в 2500 тыс. $м^3$/сут или 29 $м^3$/с.

В результате решения прогнозных задач были рассчитаны абсолютные отметки уровней подземных вод в соответствии с заданным временным вектором для каждого слоя модели. На рисунке 7 представлены схематические карты гидроизопьез, а на рисунке 8 – схематические карты понижений уровней подземных вод верхнетуронского водоносного комплекса, построенные по результатам моделирования на различные моменты времени.

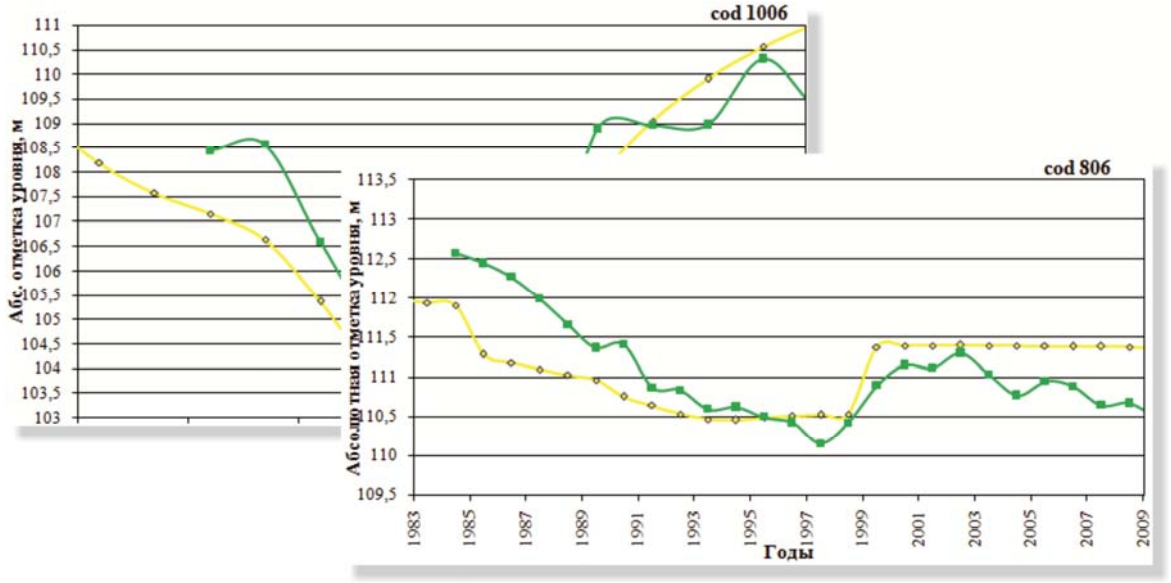


Рисунок6 – Совмещенные графики уровней подземных вод, построенные
по результатам решения обратной нестационарной задачи

Figure 6 – Combined graphs of groundwater levels constructed from the results of solving the inverse stationary task

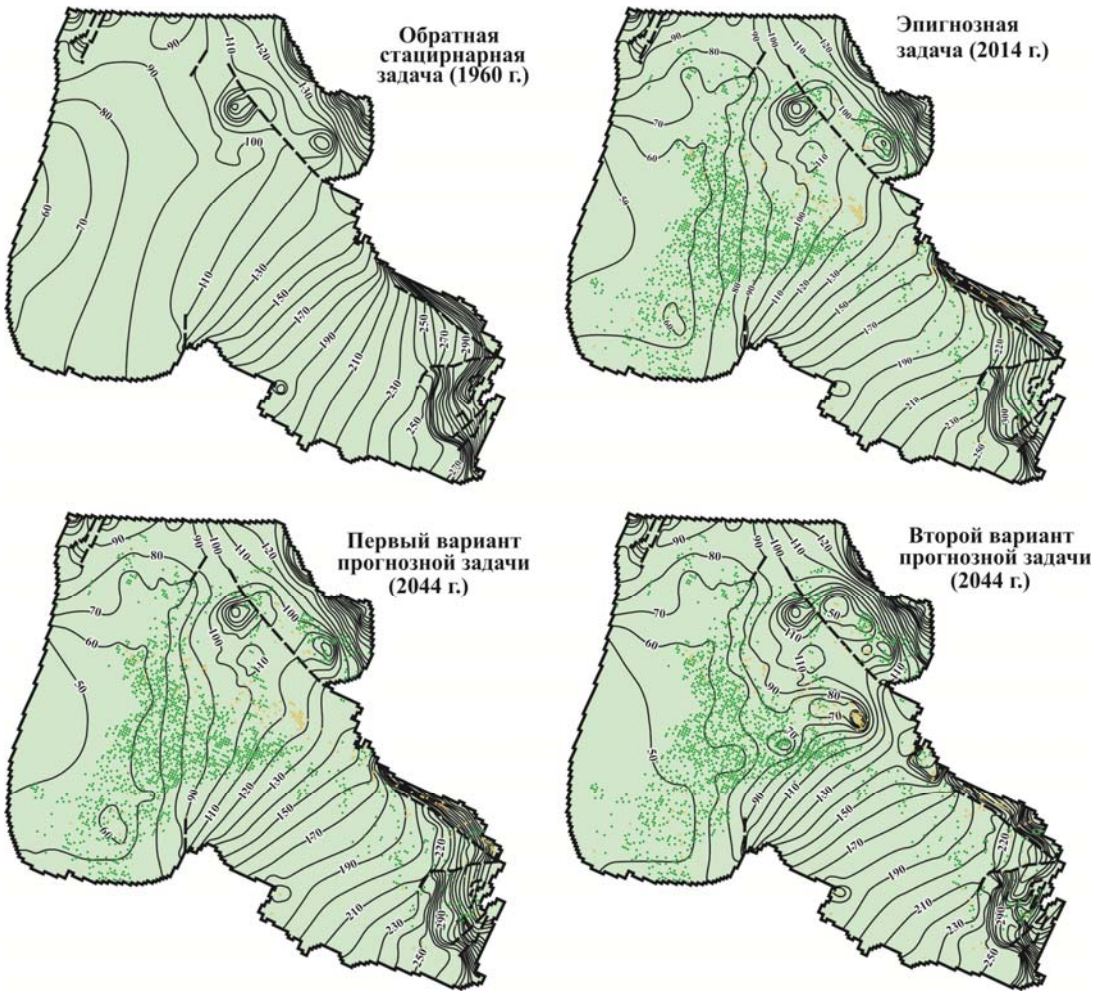


Рисунок 7 – Схематические карты гидроизопьез верхнетуронского водоносного комплекса

Figure 7 – Schematic maps of hydroisopiezes of the Upper Turonian aquifer

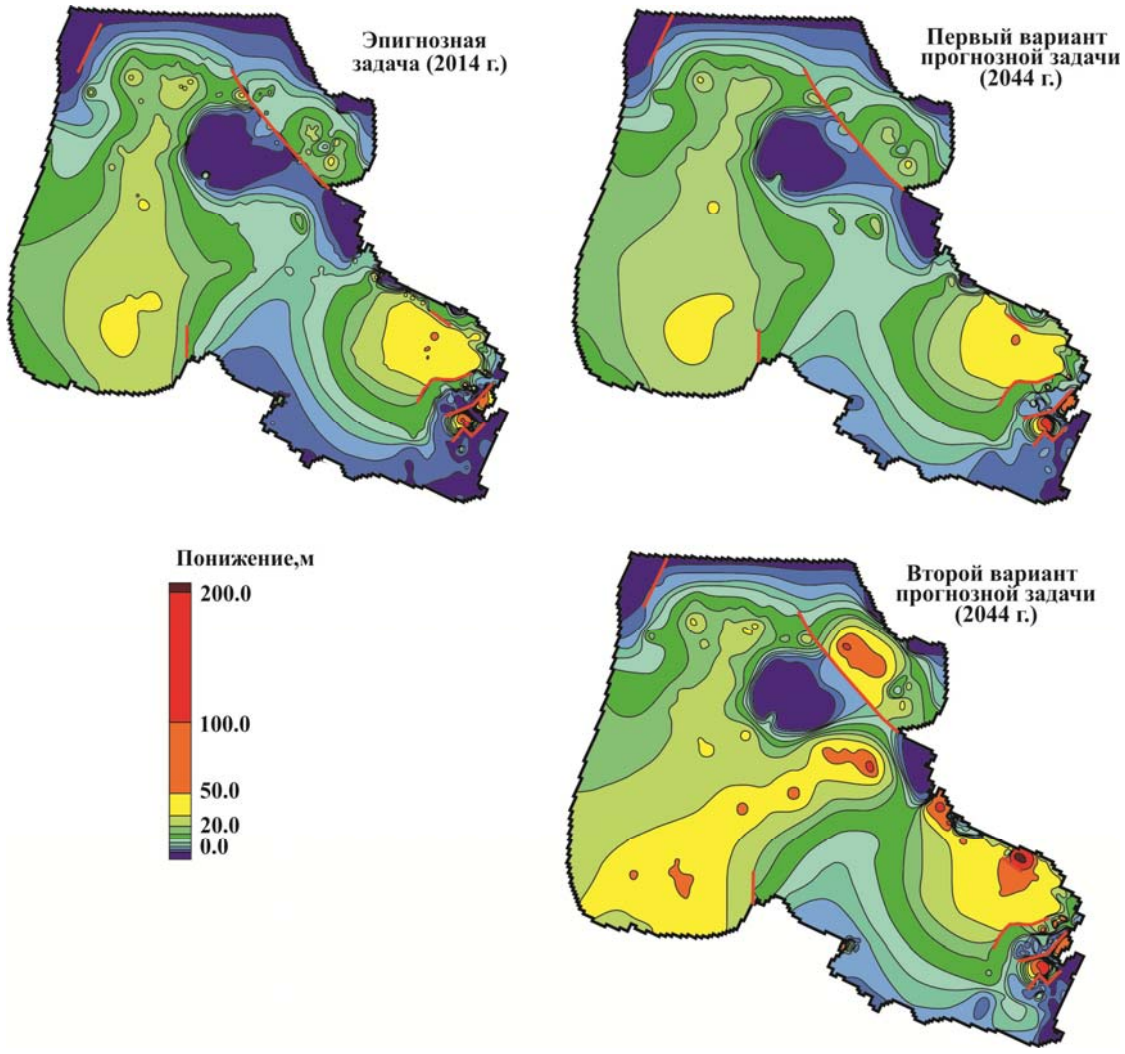


Рисунок 9 – Схематические карты понижений уровней подземных вод верхнетуронского водоносного комплекса

Figure 9 – Schematic maps of groundwater levels lowering of the Upper Turonian aquifer

По результатам моделирования можно сделать вывод, что начиная с 1960 г. на территории Сырдарьинского артезианского бассейна техногенные факторы (эксплуатация подземных вод, забор воды из рек) оказывают существенное влияние на гидрогеологические условия, сопоставимое или превосходящее естественные факторы.

Большая часть месторождений подземных вод приурочена к неоген-четвертичным и верхнемеловым отложениям. Подземные воды неоген-четвертичных отложений могут быть подвержены загрязнению. Их интенсивная эксплуатация часто приводит к потерям речного стока. Подземные воды меловых отложений хорошо защищены от загрязнения. Но их массированный водоотбор может привести к перетеканию солоноватых вод из смежных водоносных горизонтов и комплексов и увеличению минерализации воды в эксплуатируемых водоносных комплексах.

Водоотбор в объемах утвержденных ГКЗ запасов приведет к значительным понижениям уровней подземных вод, уменьшению вплоть до полного прекращения дебита ряда самоизливающихся скважин и родников. Увеличение глубины залегания уровня грунтовых вод может привести к высыханию некоторых видов растительности.

Представляется целесообразным на основе созданной региональной модели создание детальных моделей-врезок крупных эксплуатирующих месторождений подземных вод, участков загрязнений подземных вод, орошаемых массивов и других гидрогеологических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]Anderson M.P., Woessner W.W., Hunt R.J. Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport. – Elsevier, Academic Press, 2015. – 564 p. –ISBN: 978-0-12-058103-0

[2]Zhou Y., Li W. A review of regional groundwater flow modeling //Geoscience Frontiers. – 2011. – N 2(2). – P.205-214. –DOI:10.1016/j.gsf.2011.03.003

[3] Robins N.S., Rutter H.K., Dumpleton S., Peach D.W. The role of 3D visualisation as an analytical tool preparatory to numerical modelling //Journal of Hydrology. – 2005. – N 301. – P.287–295. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.05.004

[4] Cox M.E., James A., Hawke A., Raiber M. Groundwater Visualisation System (GVS): A software framework for integrated display and interrogation of conceptual hydrogeological models, data and time-series animation //Journal of Hydrology. – 2013. – N 491. – P.56–72. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2013.03.023

[5]Mazor E. Large-scale artesian systems – Great Artesian Basin, Australia //Journal of Hydrology. – 1995. – N 173. – P.219 -240. – SSDI 0022-1694(95)02706-8

[6] Love A.J., Shand P., Fulton S., Wohling D., Karlstrom K., Crossey L., Rousseau-Gueutin P., Priestley S.C. A reappraisal of the hydrogeology of the Western margin of the Great Artesian Basin: chemistry, isotopes and groundwater flow // Procedia Earth and Planetary Science. – 2017. – N 17. – P.428 – 431. – DOI: 10.1016/j.proeps.2016.12.108

[7]Kornelsen K.C., Coulibaly P. Synthesis review on groundwater discharge to surface water in the Great Lakes Basin. Review Article //Journal of Great Lakes Research. – 2014. – Vol. 40, Issue 2. – P.247-256.

[8]Long A.J., Valder J.F. Multivariate analyses with end-member mixing to characterize groundwater flow: Wind Cave and associated aquifers //Journal of Hydrology. – 2011. – N 409. – P.315–327. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2011.08.028. Elsevier

[9]Szalkaia A.R., Kovacs L.O. Hydrogeochemical changes in thermal waters of the Western Pannonian Basin //Energy Procedia. – 2019. – N 97. – P.226 – 232. – DOI: 10.1016/j.egypro.2016.10.061

[10]Andre L., Franceschi M., Pouchan P., Atteia O. Using geochemical data and modelling to enhance the understanding of groundwater flow in a regional deep aquifer, Aquitaine Basin, south-west of France //Journal of Hydrology. – 2005. – N 305. – P.40–62. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.08.027

[11]Zammouri M., Ribeiro L. Analyzing the effect of transmissivity uncertainty on the reliability of a model of the northwestern Sahara aquifer system //Journal of African Earth Sciences. – 2017. – Vol. 129. – P.910–922.

[12] Крашин И.И., Полшков Е.А., Федотов Е.В. Опыт построения системы постоянно-действующих моделей артезианских бассейнов //Численное моделирование процессов фильтрации и тепло-массопереноса в подземных водах. Сборник научных трудов. – М., 1981. – С. 71-80.

[13] Язвин А.Л. Ресурсный потенциал пресных подземных вод России (решение современных проблем геологического изучения): Дис. … доктор геол.-мин. наук. – Гидрогеологическая и геоэкологическая компания «ГИДЭК». – Москва, 2015. – 323 с.

[14] Крашин И.И., Полшков Е.А., Орфаниди Е.К., Федотов Е.В. Автоматизированные сеточные модели бассейнов подземных вод. – М.: Недра, 1992. – 176 с.

[15] Крашин И.И., Алексеева Л.И., Полшков Е.А., Шин Г.А. Методологические вопросы создания постоянно действующей модели центральной части Московского артезианского бассейна //Бюллетень Моск. общества испыт. природы. Отд. геолог. – М., 1987. – С. 89-96.

[16] Щербуль З.З. Гидрогеологические особенности и геоэкологические последствия многолетней эксплуатации Северо-Дагестанского артезианского бассейна: Дис. … канд. геол.-мин. Наук. – Махачкала, 2008. – 163 с.

[17] Геолинк. – http://www.geolink-consulting.ru/projects/index2.html

[18]Веселов В.В., Паничкин В.Ю. Геоинформационно-математическое моделирование гидрогеологических условий Восточного Приаралья. – Алматы: «Комплекс», 2004. – 426 с.

[19]Сырдарьинский артезианский бассейн: математическое моделирование ресурсов подземных вод в условиях техногенеза /Под ред. Ж.С.Сыдыкова. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – 200 с.

[20] Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Концепции геоинформационно-математического моделирования гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна для оптимизации использования ресурсов подземных вод //Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2012. – № 6. – С. 82-87.

[21]Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Методика создания математической модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна для решения задач рационального использования ресурсов подземных вод // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2014. – № 2. – С. 91-97.

[22]Першиков В.П., Савинков В.М. Толковый словарь по информатике. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 543 с.

[23] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – Conceptual Model Approach. – http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:MODFLOW_Conceptual_Model_Approach

[24] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – DRT Package. – http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:DRT_Package

[25] GMS User Manual (v9.0). – http://gmsdocs.aquaveo.com/GMS_User_Manual_v9.0.pdf

REFERENSES

[1] Anderson M.P., Woessner W.W., Hunt R.J. Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport. *Elsevier, Academic Press*, **2015**. 564 p. ISBN: 978-0-12-058103-0

[2] Zhou Y., Li W. A review of regional groundwater flow modeling,*Geoscience Frontiers*,**2011**. N 2(2). P.205-214. DOI:10.1016/j.gsf.2011.03.003

[3] Robins N.S., Rutter H.K., Dumpleton S., Peach D.W. The role of 3D visualisation as an analytical tool preparatory to numerical modelling. *Journal of Hydrology*. *2005*. N 301. P.287–295. DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.05.004

[4] Cox M.E., James A., Hawke A., Raiber M. Groundwater Visualisation System (GVS): A software framework for integrated display and interrogation of conceptual hydrogeological models, data and time-series animation. *Journal of Hydrology*. **2013**. N 491. P.56–72. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.03.023

[5] Mazor E. Large-scale artesian systems – Great Artesian Basin, Australia.*Journal of Hydrology*. **1995**. N 173. P.219 -240. SSDI 0022-1694(95)02706-8

[6] Love A.J., Shand P., Fulton S., Wohling D., Karlstrom K., Crossey L., Rousseau-Gueutin P., Priestley S.C. A reappraisal of the hydrogeology of the Western margin of the Great Artesian Basin: chemistry, isotopes and groundwater flow.*Procedia Earth and Planetary Science*. **2017**. N 17. P.428 – 431. DOI: 10.1016/j.proeps.2016.12.108

[7] Kornelsen K.C., Coulibaly P. Synthesis review on groundwater discharge to surface water in the Great Lakes Basin. Review Article.*Journal of Great Lakes Research*. **2014**. Vol. 40, Issue 2. P.247-256.

[8] Long A.J., Valder J.F. Multivariate analyses with end-member mixing to characterize groundwater flow: Wind Cave and associated aquifers. *Journal of Hydrology*. **2011**. N 409. P.315–327. DOI:10.1016/j.jhydrol.2011.08.028. Elsevier

[9] Szalkaia A.R., Kovacs L.O. Hydrogeochemical changes in thermal waters of the Western Pannonian Basin.*Energy Procedia*. **2019**. N 97. P.226 – 232. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.10.061

[10] Andre L., Franceschi M., Pouchan P., Atteia O. Using geochemical data and modelling to enhance the understanding of groundwater flow in a regional deep aquifer, Aquitaine Basin, south-west of France.*Journal of Hydrology*. **2005**. N 305. P.40–62. DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.08.027

[11] Zammouri M., Ribeiro L. Analyzing the effect of transmissivity uncertainty on the reliability of a model of the northwestern Sahara aquifer system.*Journal of African Earth Sciences*. **2017**. Vol. 129. P.910–922.

[12] Krashin I.I., Polshkov E.A., Fedotov E.V. Opyt postroeniia sistemy postoianno-deistvuiushchikh modelei artezianskikh basseinov.*Chislennoe modelirovanie protsessov fil'tratsii i teplo-massoperenosa v podzemnykh vodakh. Sbornik nauchnykh trudov*. M., 1981. S. 71-80.

[13] Iazvin A.L. Resursnyi potentsial presnykh podzemnykh vod Rossii (reshenie sovremennykh problem geologicheskogo izucheniia): Dis. … doktor geol.-min. nauk. Gidrogeologicheskaia i geoekologicheskaia kompaniia «GIDEK». Moskva, 2015. 323 s.

[14] Krashin I.I., Polshkov E.A., Orfanidi E.K., Fedotov E.V. Avtomatizirovannye setochnye modeli basseinov podzemnykh vod. M.: *Nedra*, 1992. 176 s.

[15] Krashin I.I., Alekseeva L.I., Polshkov E.A., Shin G.A. Metodologicheskie voprosy sozdaniia postoianno deistvuiushchei modeli tsentral'noi chasti Moskovskogo artezianskogo basseina.*Biulleten' Mosk. obshchestva ispyt. prirody. Otd. geolog*. M., 1987. S. 89-96.

[16] Shcherbul' Z.Z. Gidrogeologicheskie osobennosti i geoekologicheskie posledstviia mnogoletnei ekspluatatsii Severo-Dagestanskogo artezianskogo basseina: Dis. … kand. geol.-min. Nauk. Makhachkala, 2008. 163 s.

[17] Geolink. http://www.geolink-consulting.ru/projects/index2.html

[18] Veselov V.V., Panichkin V.Iu. Geoinformatsionno-matematicheskoe modelirovanie gidrogeologicheskikh uslovii Vostochnogo Priaral'ia. *Almaty: «Kompleks»*, 2004. 426 s.

[19] Syrdar'inskii artezianskii bassein: matematicheskoe modelirovanie resursov podzemnykh vod v usloviiakh tekhnogeneza /Pod red. Zh.S.Sydykova. *Alma-Ata: Gylym, 1992*. 200 s.

[20] Panichkin V.Iu., Miroshnichenko O.L. Kontseptsii geoinformatsionno-matematicheskogo modelirovaniia gidrogeologicheskikh uslovii Syrdar'inskogo artezianskogo basseina dlia optimizatsii ispol'zovaniia resursov podzemnykh vod.*Izvestiia NAN RK. Seriia geologii i tekhnicheskikh nauk*. 2012. № 6. S. 82-87.

[21] Panichkin V.Iu., Miroshnichenko O.L. Metodika sozdaniia matematicheskoi modeli gidrogeologicheskikh uslovii Syrdar'inskogo artezianskogo basseina dlia resheniia zadach ratsional'nogo ispol'zovaniia resursov podzemnykh vod.*Izvestiia NAN RK. Seriia geologii i tekhnicheskikh nauk*. 2014. № 2. S. 91-97.

[22] Pershikov V.P., Savinkov V.M. Tolkovyi slovar' po informatike. *M.: Finansy i statistika*, 1991. 543 s.

[23] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – Conceptual Model Approach. http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:MODFLOW_Conceptual_Model_Approach

[24] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – DRT Package. http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:DRT_Package

[25] GMS User Manual (v9.0). http://gmsdocs.aquaveo.com/GMS_User_Manual_v9.0.pdf

В. Ю. Паничкин, О. Л. Мирошниченко, Л. Ю. Трушель

У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Алмыты, Қазақстан

СЫРДАРИЯ АРТЕЗИАН БАССЕЙНІНІҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ТАЛАПТАРЫНЫҢ АЙМАҚТЫҚ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІСІН ҚҰРУ

Аннотация. Қоршаған ортаның жәй-күйіндегі теріс өзгерістер салдарынан және жер үстіндегі су сапасының үдемелі нашарлауы салдарынан Сырдария артезиан бассейнінің жер асты сулары аймақты шаруашылық ауызсумен жабдықтаудың негізгі көзіне айналып отыр. Сонымен қатар бақыланбайтын су іріктеу жағдайды тығырыққа тіреуі мүмкін – жер асты сулары қорларының жұтаңдауына және жер үсті суларының сапасын нашарлатуға алып келуі мүмкін және топырақ пен өсімдік жабынының жәй-күйіне теріс әсер етуі мүмкін, медициналық санитарлық және т.б. мәселелерді өршіте түседі. Сондықтан Сырдария артезиан бассейнінің жер асты суларының қорларын тиімді пайдалану, оларды жұтаңдау мен ластанудан қорғау міндеттері ерекше өзектілікке ие болады. Гидрогеологиялық нысанның жәй-күйіне әсер ететін көптеген табиғи және техногенді факторларды есепке алу қажеттілігі, сонымен қатар ауқымды әртүрлі ақпарат көлемі геоақпараттық және математикалық үлгілеуді осы мәселелерді шешудің жалғыз мүмкін әдісіне айналдырады. Көзделген міндеттерді шешу үшін У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкономика институтында Сырдария артезиан бассейнінің гидрогеологиялық талаптарының математикалық үлгісі құрылды. Калибрлеу мақсатымен онда кері стационарлық (1960 жылғы жағдайы бойынша) және эпигноздық гидродинамикалық міндеттер шешіледі. Нысанның гидрогеологиялық талаптарындағы өзгерістерді болжау түрлі су іріктеу сұлбалары үшін 30 жылдық кезеңге орындалды. Үлгілеу нәтижелері бойынша артезиандық бассейннің гидрогеологиялық талаптарына табиғи факторларға қарағанда техногенді факторлардың көбірек әсер ететіні туралы, үдемелі су іріктеу кезінде аралас деңгейжиектерден ащылау сулардың ағуы нәтижесінде бор түзілімдерінің жер асты суларының минералдарының ұлғаю мүмкіндігі, аймақтағы экологиялық аймақтың нашарлауы туралы қорытынды жасауға болады.

Түйін сөздер: жерастысуы, геоақпараттық жүйе, жерасты суларының қорлары, Оңтүстік Балкаш артезиан алабы.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 171 – 177

A. Abetov[1], A. Niyazova[1], Zh. Saurikov[2]

[1]Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,
[2]"Geoken" SPC" LLP, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: abetov.auez@mail.ru, niyazova.akma@mail.ru, zhanibek_saurikov@mail.ru

3D MODELING OF EULER'S POINTS FOR GEODENSITY AND GEOMAGNETIC MODELS OF NORTH USTYURT REGION IN GEOSOFT OASIS MONTAJ™ SOFTWARE

Abstract. The article describes the results of calculations of Euler's 3D deconvolution for geodensity and geomagnetic models of Northern Ustyurt, which, in the first approximation, allow estimating the occurrence depth of gravity and magnetic source bodies. In the density model, the main gravity-disturbing boundary is the zone of transition from Cretaceous to Jurassic sediments. In the geomagnetic field, the upper edge of magnetic source bodies**,** presumably**,** is confined to Permian-Triassic volcanogenic sedimentary deposits. It is recommended to consider these results when planning and carrying out geological prospecting works.

Key words: Euler's points, deconvolution, North Ustyurt basin, density model, geomagnetic model.

УДК 550.3 (574)

А. Е. Абетов[1], А. Т. Ниязова[1], Ж. Ж. Саурыков[2]

[1]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан,
[2]ТОО "НПЦ "Геокен", Алматы, Казахстан

ОБЪЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧЕК ЭЙЛЕРА ДЛЯ ГЕОПЛОТНОСТНЫХ И ГЕОМАГНИТНЫХ МОДЕЛЕЙ СЕВЕРО-УСТЮРТСКОГО РЕГИОНА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ GEOSOFT OASIS MONTAJ™

Аннотация. В статье рассмотрены результаты расчетов деконволюции Эйлера для геоплотностной и геомагнитной моделей Северного Устюрта, которые позволяют в первом приближении оценить глубину залегания грави-имагнитовозмущающих масс. В геоплотностной модели основной гравивозмущающей границей выступает зона перехода от меловых к юрским отложениям. В геомагнитном поле верхняя кромка магнитовозмущающих масс предположительно приурочена к вулканогенно-осадочным отложениям пермо-триаса. Эти результаты рекомендуется учитывать при планировании и проведении геологоразведочных работ.

Ключевые слова: точки Эйлера, деконволюция, Северо-Устюртская впадина, геоплотностная модель, геомагнитная модель.

Изучением морфологии, напряженности и глубины залегания аномалеобразующих объектов в гравитационных и геомагнитных полях Северо-Устюртского региона в разные годы занимались Абетов А.Е., Бабаджанов Т.Л., Башаев В.Н., Гарецкий Р.Г., Закиров А.Ш., Коврижных П.Н., Кунин Н.Я., Лук-Зильберман В.И., Макарова З.А., Матусевич А.В., Неволин Н.В., Фузайлов И.А., Таль-Вирский Б.Б., Шрайбман В.И. и др.

Вместе с тем, число работ, посвященных количественному моделированию потенциальных полей Северо-Устюртского региона, крайне ограничено. Среди них можно назвать диссертационное исследование Закирова А.Ш., посвященная моделированию Узбекской части Северо-Устюртского региона (2011).

Количественное моделирование геофизических потенциальных полей Северо-Устюртского региона до настоящего времени не проводилось.

В целях предварительной оценки глубины залегания аномалеобразующих объектов в геомагнитном и гравитационном полях Северного Устюрта авторами настоящей работы выполнена пространственная деконволюция Эйлера, которая базируется на анализе амплитудного спектра этих полей в скользящих окнах.

В основу данного метода положена зависимость однородной плотности или намагниченности от глубины [1-3].

Деконволюция Эйлера или способ локализации особых точек, впервые была предложена американцем Д. Томпсоном в 1982 г. в профильном варианте. В 1990 г. А. Рэйдом и др. разработан ее трёхмерный вариант, нашедший широкое практическое применение. Основой методики является так называемое уравнение Эйлера для однородных функций [4].

Надо отметить, что способ деконволюции Эйлера является достаточно эффективным и легко реализуемым на современных компьютерах, что и послужило причиной его широкого распространения для решения разнообразных геологических задач [4].

Данный метод позволяет получить оценки местоположения и глубины эквивалентных источников (эйлеровых решений) аномалий потенциальных геофизических полей. Все расчеты реализованы в модуле Grav/MagInterpretationпакета Geosoft Oasis Montaj^{TM}.

Результаты расчетов точек Эйлера (лентообразной формы) визуализированы в виде цветных точек, цвет которых характеризует глубину источника.

При этом особые точки гравитационного и магнитного полей приурочены к изломам поверхности магнитоактивных объектов, контактам блоков пород с разной намагниченностью и дифференциацией плотностных масс.

Положительным фактором при построении интерпретационных моделей способом деконволюции Эйлера можно считать эффективность технологии при минимуме априорной информации о параметрах среды.

Полученные результаты свидетельствуют, что источники гравитационного и магнитного полей расположены в разных структурно-формационных этажах и на разных глубинах.

При этом, одной из основных задач, требующих решения при геологической интерпретации, является задача разделение полей от разных источников по глубине. Именно привязка аномалеобразующих объектов по глубине остается все еще наиболее критичным фактором в деконволюции Эйлера и требует дополнительного осмысления.

На первом этапе исследований глубины эквивалентных источников (эйлеровых решений) были рассчитаны для Северо-Устюртского региона в целом, а полученные результаты носят интегрированный характер.

При этом расчеты точек Эйлера были выполнены в диапазоне глубин 0.5–13.0 км (максимальная глубина погружения фундамента) с шагом через 500м (рисунок 1).

Наибольшее количество точек Эйлера в магнитном поле приходится на интервал глубин 2000–2500 м, тогда как в гравитационном поле они концентрируются на глубинах 1500–2000 м. Следовательно, можно предположить, что в Северо-Устюртском регионе в интегрированном виде верхние кромки магнитовозмущающих масс не совпадают с «геоплотностными максимумами».

Далее, по мере заглубления характер изменения количества точек Эйлера для магнитного поля уменьшается по непрерывно-градиентной или ступенчатой зависимости, тогда как для гравитационного поля эта зависимость носит «квазилинейный», более сглаженный характер (рисунок 1).

На этом фоне градиент уменьшения с глубиной точек Эйлерав гравитационном и геомагнитном полях резко различаются между собой до диапазона глубин 5500–6000 м (рисунок 2). В геологических разрезах приподнятых блоков Северного Устюрта этим глубинам соответствуют образования фундамента [5, 6].

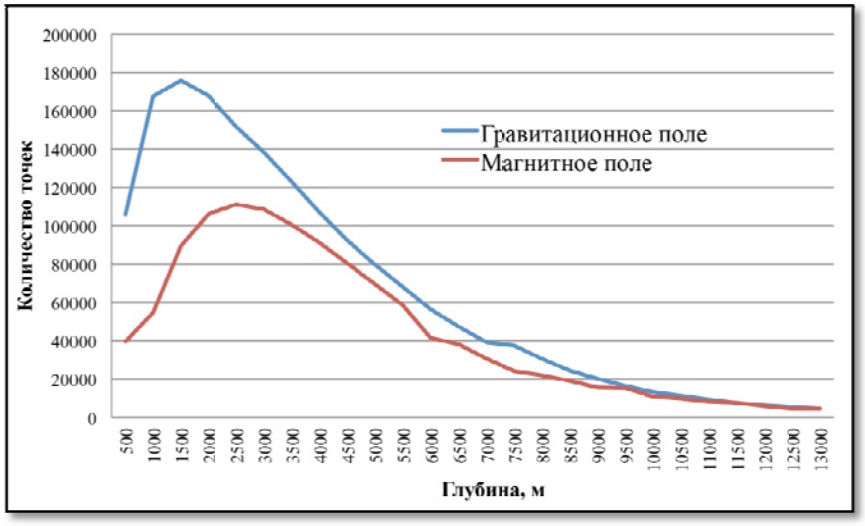


Рисунок 1 – Диаграмма распределения количества точек Эйлера с глубиной в гравитационном и магнитном полях

Figure 1 – Diagram of the distribution of the number of Euler's points with depth in gravitational and magnetic fields

Глубже, характерраспределения точек Эйлера в гравитационном и геомагнитных полях принимает близкие значения и на глубинах 10 500 м и более соответствующие им кривые практически не отличаются друг от друга (рисунок 2).

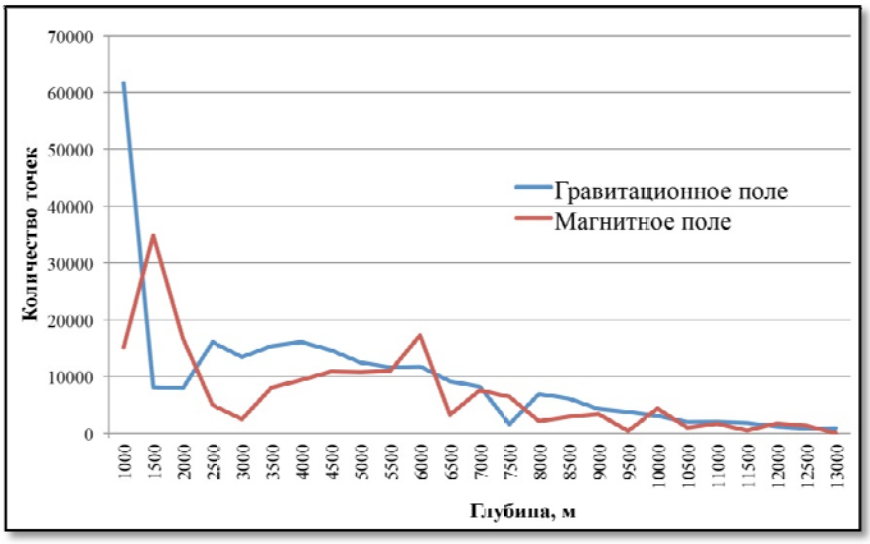


Рисунок 2 – Градиент изменения количества точек Эйлера с глубиной

Figure 2 – The gradient of change in the number of Euler's points with depth

Таким образом, результаты расчетов деконволюции Эйлера (в интегрированном виде) позволили оценить местоположение и глубины аномалий потенциальных геофизических полей увязать их с геологическим строением Северного Устюрта.

На втором этапе исследованийтерритория Северного Устюрта условно была разделена на три области, исходя из принципа глубины залегания фундамента.

Область 1 включила следующие тектонические элементы: Барсакельмесский и Челкарский прогибы, Байчагырский, Актумсукский, Аккуловский и Аманжол-Шелуранский выступы, Карабаурский и Арало-Кызылкумский валы, Центрально-Устюртскую систему дислокаций, площадь которых составила 174 492 км^2 (рисунки 3, 4). Глубина погружения фундамента здесь варьирует в интервале 2–7 км.

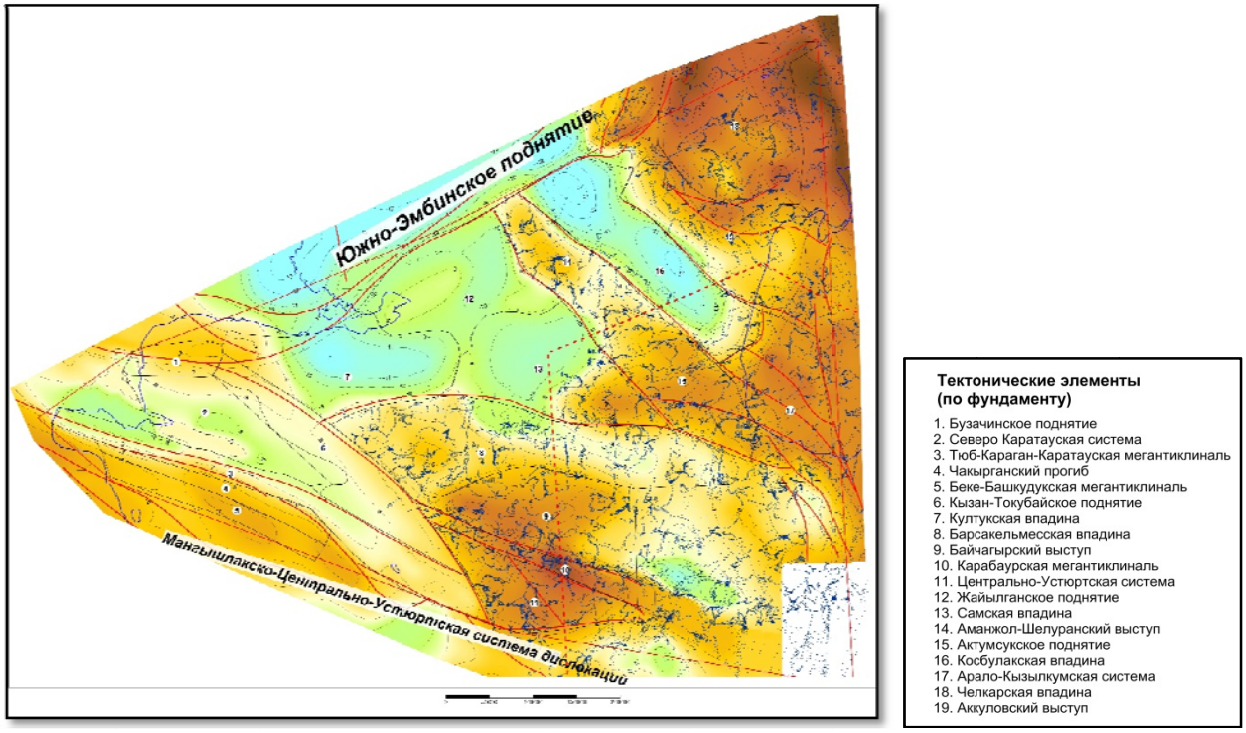


Рисунок 3 – Карта положения особых точек геоплотностной модели

Figure 3 – Map of the position of the singular points of the density model

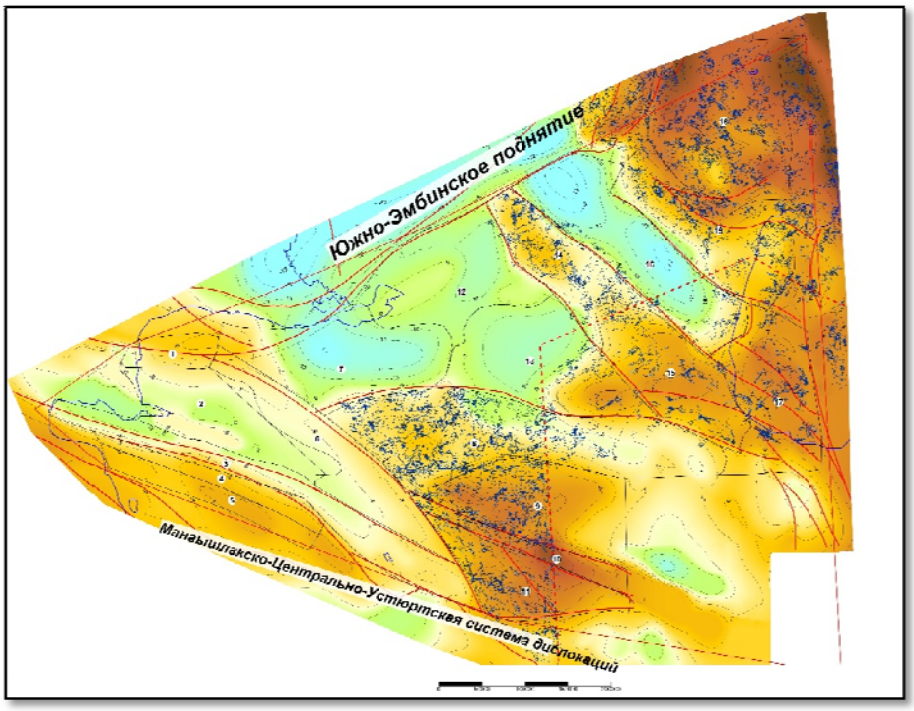


Рисунок4 – Карта положения особых точек геомагнитной модели. Тектонические элементы смотреть рисунок 3

Figure 4 – Map of the position of the singular points of the geomagnetic model. Tectonic elements (ref. figure 3)

Область 2 охватывает Бузачинское, Тюбкараган-Каратауское, Беке-Башкудукское и Кызан-Токубайское поднятия, Северо-Каратаускую систему прогибов и Чакырганский прогиб с общей площадью 70 297 км^2. Фундамент здесь погружен на глубины 6–9 км.

Область 3 включает Култукскую, Косбулакскую и Самскую впадины, Жайылганское поднятие, общая площадь которых составила 65 827 км^2, а фундамент здесь заглублен до 9–13 км и более.

Моделирование точек Эйлера в геоплотностных и геомагнитных моделях показало их резкую дифференциацию по количеству на разных срезах глубин.

В первую очередь обращает на себя внимание максимальная концентрация точек Эйлера в геоплотностных моделях на глубинах 1000–1500 м во всех вышеописанных областях (рисунок 5, таблица). На геологических разрезах Северного Устюрта этот диапазон глубин отвечает области перехода от слабо консолидированных и не консолидированных отложений мела-неогена к более уплотненным отложениям верхней юры [5, 6].

В связи с этим стоит отметить, что до настоящего времени в научных публикациях превалировало мнение, что основные геоплотностные границы расположены в подошве юрских отложений и на контакте палеозойских образований с фундаментом.

Распределение количества точек Эйлера по глубинам в геоплотностных и геомагнитных моделях

Distribution of the number of Euler's points with depth in gravitational and magnetic models

Глубина, м		Количество точек	
		гравитационное поле	магнитное поле
Область 1	0-500	44172	56353
	1000-1500	60491	45939
	3000-3500	39916	55275
	7000-8000	25719	14725
	11000-12000	5887	4422
Область 2	0-500	24056	7898
	1000-1500	36205	58089
	3000-3500	17145	31471
	7000-8000	4608	7741
	11000-12000	865	2067
Область 3	0-500	16614	9394
	1000-1500	21879	16163
	3000-3500	13706	29020
	7000-8000	9501	16289
	11000-12000	2209	1991

Распределение точек Эйлера в геомагнитном поле показало максимальную концентрацию в диапазоне глубин 3000–3500 м во всех вышеописанных областях. В геологических разрезах Северного Устюрта на этих глубинах залегает зона перехода от юрских отложений к пермо-триасовым образованиям.

В связи с вышеизложенным надо сказать, что относительно повышенные значения магнитной восприимчивости характерны для алевролитов и глинистых пород верхнего палеозоя и нижнего триаса, среднее значение которой $\kappa = (25 – 30) \cdot 10^{-5}$ед. СИ, увеличиваясь до $300 \cdot 10^{-5}$ед. СИ в отдельных пропластках глинистых пород [7].

Подобный характер распределения особых точек Эйлера в геомагнитных полях требует дополнительного осмысления. Поскольку, в научных публикациях распространено суждение, в соответствии с которым магнитные аномалии в десятки – сотни нТл могут быть связаны с магмометаморфическими породами кристаллического фундамента, либо вулканогенными образованиями в составе промежуточного этажа, представленными, возможно, интрузивными, но более вероятно, жерловыми фациями, лавовыми и туфовыми потоками, покровами среднего и основного состава [7].

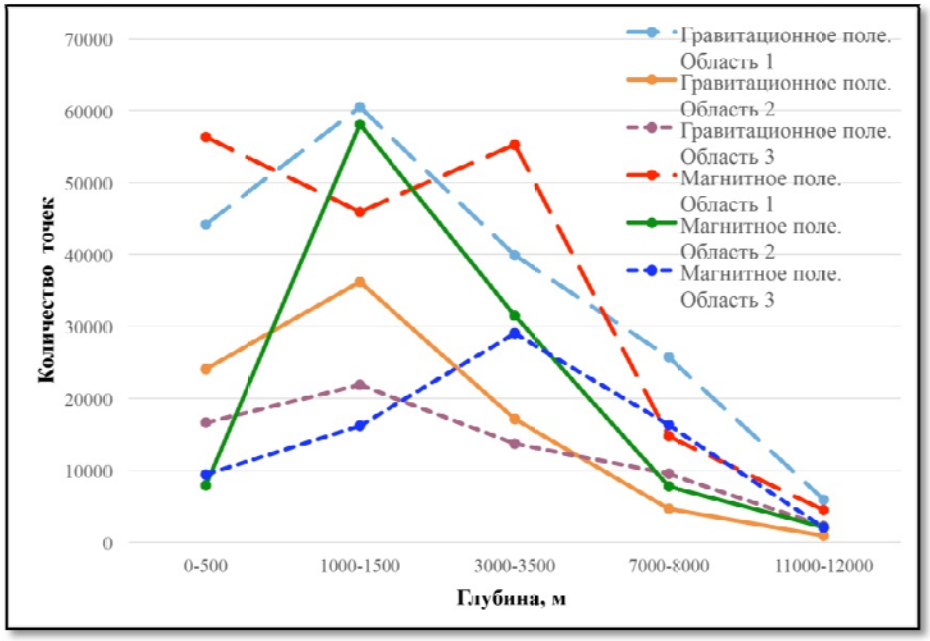


Рисунок 5 – График распределения особых точек Эйлера по областям в геоплотностных и геомагнитных моделях

Figure 5 – Graph of the distribution of the Euler's singular points by areas in density and geomagnetic models

Таким образом, можно говорить, что в первом приближении, на региональном этапе исследований можно применить моделирование точек Эйлера для определения положения основных границ раздела в образованиях осадочного чехла.

Безусловно, этот подход может быть применен только при условии строгойдифференциации для каждого тектонического элемента.

Градиент изменения точек Эйлера с глубиной еще один важный параметр при геоплотностном и геомагнитном моделировании.

В геоплотностных моделях для областей 1 и 3 при небольших вариациях наблюдается общий тренд – плавное уменьшение количества точек Эйлера с глубиной. Близкий характер проявляет кривая зависимости концентрации точек Эйлера от глубины в геомагнитной модели для 3 области (рисунок 5).

Не лишним будет сказать, что тектонические элементы области 1 испытали тектонические деформации, но палеозойский магматизм здесь сведен к минимуму.

В геомагнитных моделях для областей 1 и 2, а также для геоплотностной модели области 2 количество этих точек стремительно сокращается до глубин 7000–8000 м. И, далее, проявляет тенденцию к выполаживанию (рисунок 5).

Излом в кривой распределения количества точек Эйлера с глубиной приходится на поверхность фундамента, закартированной по данным сейсморазведки.

Надо отметить, что в этих областях пермо-триасовые отложения отличаются увеличенной дислоцированностью. На отдельных участках и присутствием на отдельных участках палеозойских магматических тел.

Для области 3 градиент изменения количества точек Эйлера на разных глубинах подвержен не значительным/слабым изменениям. В связи с чем не лишним будет сказать, что тектонические элементы данной области обладали длительными и устойчивыми прогибаниями в фанерозое и отсутствием интенсивных тектоно-магматических дислокаций.

В заключении необходимо отметить, что расчетыдеконволюции Эйлера для трехмерных геоплотностных и геомагнитных моделей Северного Устюрта показали их эффективность и геологическую значимость. Поскольку позволяют в первом приближении оценить глубину залегания грави-имагнитовозмущающих масс.

Так, в геоплотностных моделях основной гравивозмущающей границей выступает зона перехода от меловых к юрским отложениям. В геомагнитных полях верхняя кромка магнитовозмущающих масс предположительно приурочена к вулканогенно-осадочным отложениям пермотриаса[8].

Таким образом, результаты расчетов деконволюции Эйлера для трехмерных геоплотностных и геомагнитных моделей Северного Устюрта могут скорректировать планы по дальнейшим геологоразведочным работам в этом регионе.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Hood P. Gradient measurements in aeromagnetic surveying // Geophysics. – 1965. – Vol. XXX. – P. 891-902.

[2] Thompson D.T. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates for magnetic data // Geophysics. – 1982. – Vol. 47. – P. 31-37.

[3] Reid A.B., Allsop J.M., Grancer H. et al. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution // Geophysics. – 1990. – Vol. 55. – P. 80-89.

[4] Блох Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий: Учебное пособие. – 2009. – 232 с.

[5] Акрамходжаев А.М., Гринберг И.Г., Сухинин В.Г., Юлдашев Ж.Ю., Валиев А.А. Нефтегазоносность Северо-Устюртской впадины. – Ташкент: Издаво «Фан» УзССР, 1974. – 81 с.

[6] Алиев И.М., Аржевский Г.А., Григоренко Ю.Н. и др. Нефтегазоносные провинции СССР: Справочник. – М., Недра, 1983. – 272 с.

[7] Таль-Вирский Б.Б., Геофизические поля и тектоника Средней Азии. – М.: Недра, 1982. – 200 с.

[8] Даукеев С.Ж., Воцалевский Э.С., Шлыгин Д.А., Пилифосов В.М. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. – Т. 3: Нефть и газ. – Алматы, 2002. – 248 с.

REFERENCES

[1] Hood P. Gradient measurements in aeromagnetic surveying // Geophysics. 1965. Vol. XXX. P. 891-902.

[2] Thompson D.T. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates for magnetic data // Geophysics. 1982. Vol. 47. P. 31-37.

[3] Reid A.B., Allsop J.M., Grancer H. et al. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution // Geophysics. 1990. Vol. 55. P. 80-89.

[4] Blokh Yu. I. Interpretation of gravitational and magnetic anomalies: Tutorial. 2009. P. 232.

[5] Akramkhodzhaev A.M., Grinberg I.G., Sukhinin V.G., YuldashevZh. Yu., Valiev A.A. Oil and gas potential of the North Ustyurt basin. Tashkent: Publishing house «Fan», 1974. P. 81.

[6] Aliyev I.M., Arzhevsky G.A., GrigorenkoYu.N. and etc. Oil and gas provinces of the USSR: Manual. M.: Nedra, 1983. P. 272.

[7] Tal-Virsky B.B.,Geophysical fields and tectonics of Central Asia. M.: Nedra, 1982. P. 200.

[8] DaukeevS.Zh., Vocalevskiy E.S., Shlygin D.A., Pilifosov V.M. Deep structure and mineral resources of Kazakhstan. Vol. 3: Oil and gas. Almaty, 2002. P. 248.

А. Е. Абетов[1], А. Т. Ниязова[1], Ж. Ж. Саурыков[2]

[1]Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зертеу университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]ЖШС “Геокен” ҒӨО”, Алматы, Қазақстан

СОЛТҮСТІК ҮСТІРТ ӨҢІРІНІҢ ГРАВИКАЛЫҚ ЖӘНЕ МАГНИТТІК ӨРІСТЕРІНІҢ ЭЙЛЕР НҮКТЕЛЕРІН GEOSOFT OASIS MONTAJ™ БАҒДАРЛАМАСЫНДА КӨЛЕМДІ МОДЕЛЬДЕУ

Аннотация. Мақалада Солтүстік Үстірт өңірінің гавикалық және магниттік өрістерінің Эйлер деконволюция есептеулерінің нәтижелері қарастырылған, бұл алғашқы шамалауларда грави және магниттік массалардың жатыс тереңдігін бағалауға мүмкіндік береді. Гравикалық модельде басты гравиқоздырушы шекарасы ретінде бор және юра шөгінділерінің ауысу зонасы болады. Магниттік өрісте магниттіқоздырғыш массаның жоғарғы жиегі болжаумен вулканогенді-шөгінді пермо-триас қабатына тән. Бұл нәтижелерді геологиялық барлау жұмыстарды болжау мен орындауда ескеру ұсынылады.

Түйін сөздер: Эйлер нүктелері, деконволюция, Солтүстік Үстірт, гравикалық модель, магниттік модель.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 178 – 185

UDC 541.13; 546.74

A. B. Bayeshov, M. Zh. Zhurinov, U. A. Abduvaliyeva,
A. A. Adaibekova, T. E. Gaipov, B. E.Myrzabekov

Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D. V. Sokolskiy, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: bayeshov@mail.ru,abdumida14@gmail.com, tulkinjon.gaipov@gmail.com, myrzabekbegzat@mail.ru

RESEARCH OF REGULARITIES OF ELECTROREDUCTION OF NICKEL POWDERS AT POLARIZATION BY THE CATHODIC IMPULSE CURRENT IN THE ULTRASONIC FIELD

Abstract. The process of formation of nickel powders by the electrochemical method has beeninvestigated. The regularity of electroreduction of nickel at polarization by cathodicimpulse current in an ultrasonic field (frequency 35 kHz) is studied. Under these conditions, the effect of the titanium current density on the reduction of nickel ions has been investigated. It is shown that, depending on the current density values, nickel coatings or powders of gray or black color may be produced. At low current densities of the titanium electrode, the nickel powders of gray color and a metal coating are formed. At high current densities of the titanium electrode, black powders are formed. It is established that the total current output of nickel powders and coatings is 83.5%. The effect of the nickel current density on the current output of the formation of its powder has been investigated. It is shown that the maximum current output (64.4%) is observed at a current density of 1000 A/m^2 on nickel. Photomicrographs of the obtained powders and coatings of nickel have beenmade. It is shown that the formed powders consist of dendritic and globular particles. The effect of the concentration of the solution ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$+NaCl) on the current output ofnickel recovery has been investigated. It was found that with increasing of $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ concentration from 1 to 20 g/l, the current output of nickel powder formation increases from 7.47 to 46.6%. With increasing of concentration of sodium chloride, the current output of nickel powder formation also increases.

Keywords: electrochemistry, nickel, powder, reduction, cathode, impulse, ultrasound, polarization, micro-photograph, frequency.

The growing interest in metallic nickel and its powders is due to the continuous increase in the consumption of this metal in new fields of technology [1-5]. Nickel, as a cheaper metal than palladium and platinum, is widely used as a catalyst in hydrogenation processes [6-8]. For these purposes, it is reasonably to use nickel in the form of a powder. Powdered nickel is also consumed in the production of nickel alloys and as a binder in the manufacture of solid and supersolid materials [9]. Nickel electrodes made of the finest powders are also used in fuel cells.

There are a lot of methods for obtaining metallic powders. Such methods are atomization, restitution in the combustion regime, and others [10, 11]. However, all of them are multi-stage, labor-intensive and sometimes expensive. Therefore, the development of new alternative, more economical and simple methods for producing metallic powders is of great interest.

The production of nickel powders by the electrochemical method has a number of advantages such as minimal energy (the process is carried out at room temperature), and other costs (the use of readily

available reagents), the simplicity of the equipment used, and the relatively high environmental friendliness of the process.

In the proposedpaper we investigated the process of formation of nickel powders by an electrochemical method. In our previous papers in the study of the formation of platinum powders under the influence of alternating current, the efficiency of using the electrochemical method for this purpose is shown [12-19].

The goal of this paper was to study the regularities of electroreduction of nickel powders at polarization by cathodic impulse current in an ultrasonic field.

Experimental technique. Titanium and nickel electrodes were used for the experiments. The impulse current is connected to the electrochemical circuit using diodes of ED 214A brand. A mixed solution of the following compounds was used as the electrolyte: $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$and NaCl. A ultrasonic bath with a frequency of 35 kHz, Proskit SS-803 F brand, was used to create an ultrasonic field. The current output (CO) of nickel powder formation under cathodic polarization is calculated for the cathodic half-cycle of alternating current. Photomicrographs of the produced nickel powders were taken with a JEOL JSM-6610LV scanning electron microscope.

Experimental procedure. The influence of the titanium electrode current density on the reduction of nickel ions with the subsequent formation of its powders at polarization by the cathode impulse current in an ultrasonic field has been investigated.

Table 1 provides the results obtained from the investigation of the influence of the titanium electrode density on the reduction of nickel ions polarized by a cathodic impulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz

With a constant current density on the nickel electrode of 4000 A/m^2, when the current density on the titanium electrode varies from 4,000 to 30,000 A/m^2, the bright coatings form on the surface of the electrode, the CO of which decreases with increasing the current density. With increasing the current density up to 40000 A/m^2, the formation of coatings on the electrode is not observed.

In the range of current densities of the titanium electrode, equal to 4000-40000 A/m^2, along with the coatings, the gray powders are formed, the CO of which, with increasing the current density, passes through a maximum. The highest CO is observed at i_{Ti} = 20,000 A/m^{2}and is equal to 34.0%. The results of elemental analysis showed that the purity of the obtained gray nickel powder is 84.85%.

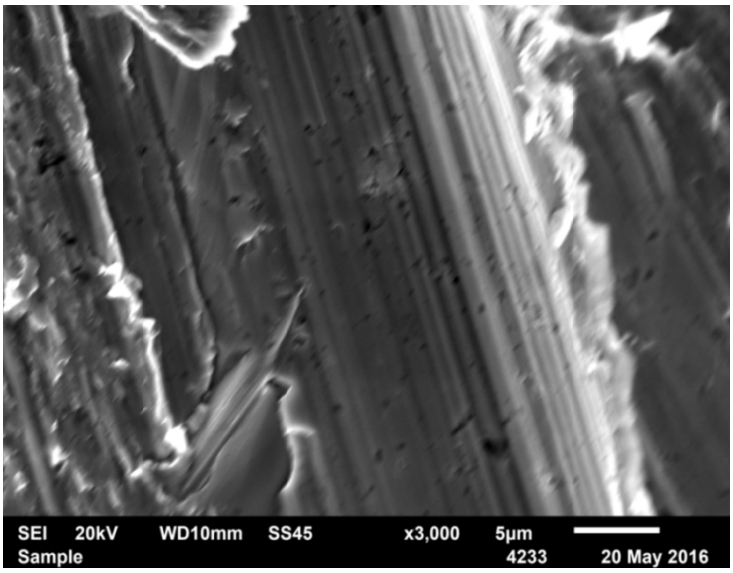
Beginning with i_{Ti} = 20000 A/m^{2}black nickel powders are formed, CO of which increases linearly with increasing the current density on titanium. Based on the purity elemental analysis of the produced nickel powders, it is found that it is 93.36%.

Thus, the total CO of formation of coatings and nickel powder is 83.5%.

Table 1 – Effect of the titanium current density on the CO reduction of nickel polarized by the cathode impulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz: t = 25°C; i_{Ni} = 4000 A/m^2; C (20 g/l $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ + 20 g/l $(NH_4)_2SO_4$+ 10 g/L NaCl)

i_{Ti}, A/m^2	Cathodic CO, %			Total cathodic CO, %
	Coating of CO	Gray powder CO	Black powder CO	
4000	74,5	9,0	–	83,5
7500	41,48	14,9	–	56,4
10000	26,8	27,0	–	53,8
20000	8,0	34,0	17,0	59,0
30000	3,0	28,0	18,2	49,2
40000	–	26,6	20,0	46,6

JEOL JSM-6610 LV scanning electron microscope tookthe microphotographs of produced nickel coatings and powders. Figure 1 shows the enlarged 3000-fold microphotographs of nickel coatings produced by polarization with a cathodic impulse current. As was mentioned above, in this case, the bright nickel coatingsare formed ontitanium surface.

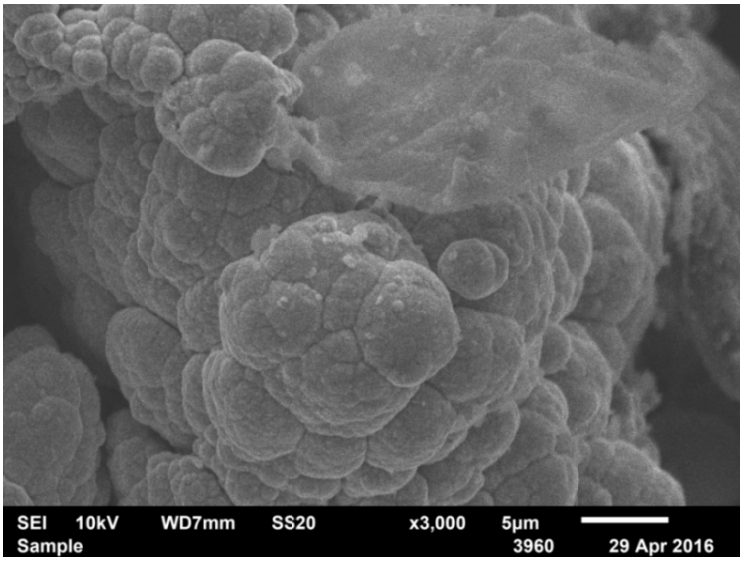


t = 25 ºC; i_{Ni}= 4000 A/m^2; i_{Ti}= 20000 A/m^2; C (20 g/l $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ + 20 g/l $(NH_4)_2SO_4$ + 10 g/l NaCl)

Figure 1 – A microphotographof nickel coatings producedat polarization with aimpulse cathodic current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz

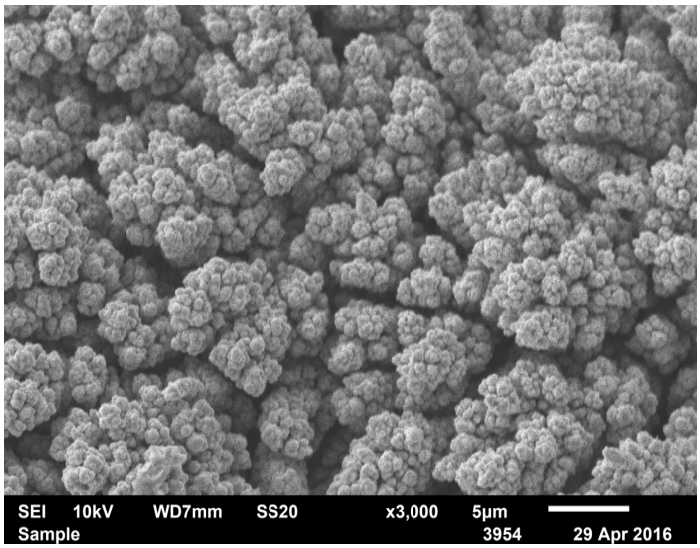
Figures 2 and 3 show the microphotographsof nickel powders, also producedat polarization with a cathodic impulse current in an ultrasonic field with a frequency of 35 kHz. It should be noted again that the nickel powders formed in the electrolyzer space are black (Figure 3), while the powders formed on the surface of the electrode are gray (Figure 2). In this case, the nickel products formed after electrolysis (coating, powders of gray and black color) are easily separated from each other.

In order to establish the optimal parameters for the reduction of nickel with the formation of a powder, the influence of the current density of a nickel electrode on the CO of metal powder formation at polarization by a cathodicimpulse current in a ultrasonic field with a frequency of 35 kHz was investigated (Table 2). With a titanium constant current density of 40,000 A/m^2 and varying the nickel current density from 500 A/m^{2}to 6000 A/m^2, the CO curve of the formation of metal powders passes through a maximum.



t = 25 ºC; i_{Ni}= 4000 A/m^2; i_{Ti}= 20000 A/m^2; C (20 g/l $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ + 20 g/l $(NH_4)_2SO_4$+ 10 g/l NaCl)

Figure 2 – A microphotographof a gray nickel powder producedat polarization with impulse cathodic current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz



t = 25 ºC; i_{Ni}= 4000 A/m^2; i_{Ti}= 20000 A/m^2; C (20 g/l $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ + 20 g/l$(NH_4)_2SO_4$+ 10 g/l NaCl)

Figure 3 – A microphotographof black nickel powder producedat polarization with impulse cathodic current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz

Table 2 – Effect of the nickel current density on the CO of its reduction at polarized by a cathodic impulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz C (20 g/l $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, 20 g/l $(NH_4)_2SO_4$, 10 g/l NaCl); t = 25 ºC , i_{Ti}= 40000 A/m^2

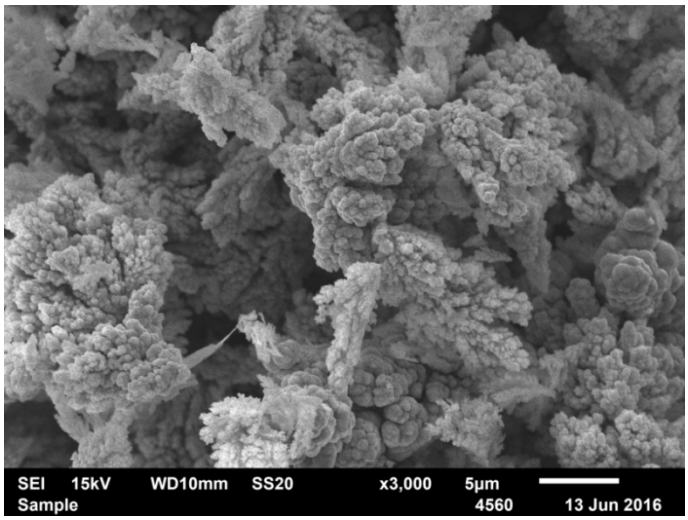
i_{Ni} , A/m^2	500	1000	2000	4000	6000
BT, %	31,1	64,4	48,6	48,7	48,7

The maximum CO is observed at i_{Ni}= 1000 A/m^{2}and is equal to 64.4%. It should be noted that at densities of the current on the nickel electrode of 500-1000 A/m^2, a bright black nickel powder is formed, distinguishing in metallic luster. With increasing the current density i_{Ni}> 1000A/m^2, the powder brightness gradually disappears. Apparently, at low current densities, plate powdersare formed, while at high densities, flake powders are formed. With increasing current density on the nickel, the main part of the current is consumed for gas evolution, which leads to a decrease in the CO.

Figure 4 shows a microphotographof a black bright nickel powder producedat polarizationof nickel electrode with a cathode impulse current (i_{Ni} = 1000 A/m^{2}and i_{Ti} = 40000 A/m^2) in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz. Analysis of the microphotographof the produced powders showed that they consist of dendritic and globular particles. The results of elemental analysis showed that the metal powders obtained at i_{Ni} = 1000 A/m^{2}and i_{Ti} = 40000 A/m^2 correspond to 94.43% of nickel.

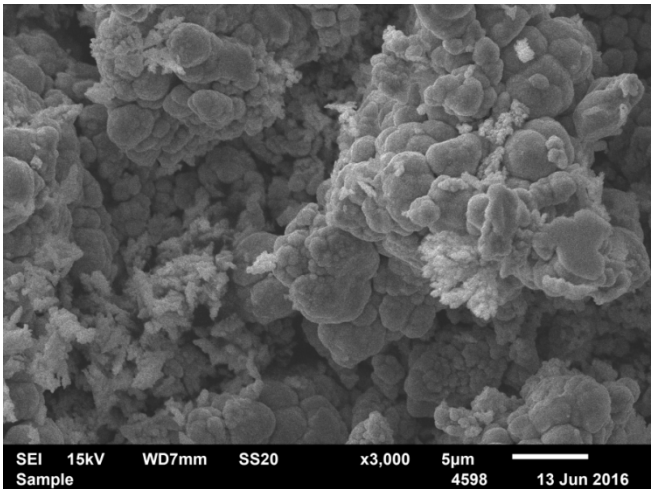
Figure 5 shows a microphotographof a black but not bright nickel powder producedat polarization of the nickel electrode with a cathode impulse current (i_{Ni}= 6000 A/m^{2}and i_{Ti}= 40000 A/m^2) in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz. In this case, the formation of a powder consisting of dendritic and globular particles is also observed. It should be noted that in this case an increase in the number of globular particles is observed. According to elemental analysis, the metal powders produced at i_{Ni} = 6000 A/m^2 и i_{Ti} = 40000 A/m^{2}correspond to 94.43% of nickel.

The effect of the concentration of the solution ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$+NaCl) on the COof recovery of a nickel electrode polarized by the cathode impulse current using an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz was studied. As can be seen from Figure 6, with increasing $NiSO_4 \cdot 6H_2O$concentration from 1 g/l to 20 g/l, an increase in the CO of nickel powder formation from 7.47% to 46.6%is observed. Further increase in concentration leads to a decrease in CO, because at high concentrations of the $NiSO_4 \cdot 6H_2O$solution, nickel $Ni(OH)_2$is also formed along with the metal powders, which confirms the coloration of the solution in green color.



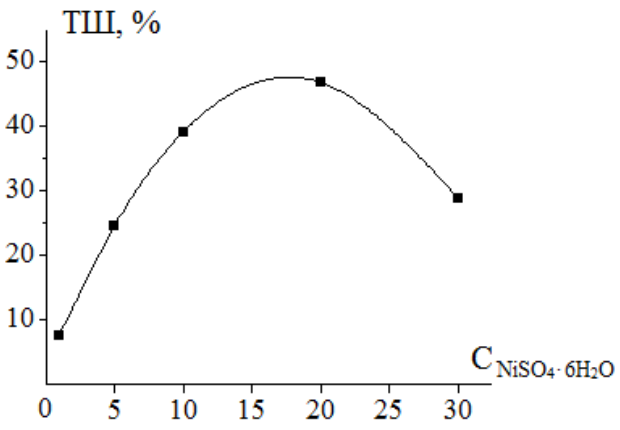
t = 25 ºC; i_{Ni}= 1000 A/m^2;i_{Ti}= 40000 A/m^2; C (20 g/l $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, 20g/l $(NH_4)_2SO_4$, 10 g/l NaCl)

Figure 4 – A microphotographof a black bright nickel powder producedat polarizationof nickel electrode with a cathodic impulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz



t = 25 ºC; i_{Ni}= 6000 A/m^2;i_{Ti}= 40000 A/m^2; C (20 g/l $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, 20g/l $(NH_4)_2SO_4$, 10 g/l NaCl)

Figure 5 – A microphotographof a black, not bright nickel powder producedat polarization ofnickel electrode with a cathodic impulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz



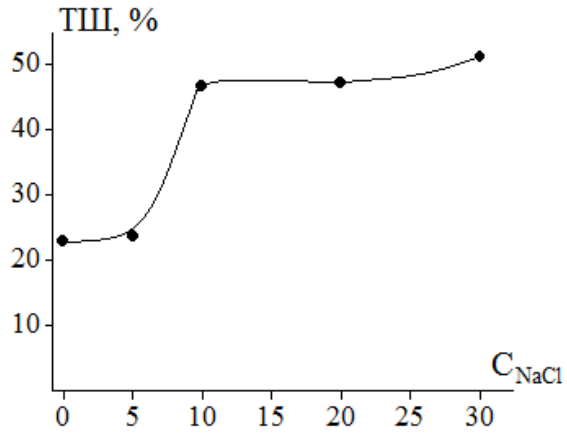
t = 25 ºC; i_{Ni}= 4000 A/m^2, i_{Ti} = 40000 A/m^2;
C, g/l (x $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ + 20$(NH_4)_2SO_4$ +10 NaCl)

Figure 6 – Effect of $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ concentration on the CO of nickel recovery at polarization by cathodic impulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz

Figure 7 shows the results of effect of the sodium chloride solution concentration on the CO ofnickel powder formation atpolarization ofelectrodes by cathodicimpulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz. With an increase in the concentration of sodium chloride, CO ofnickel powder formation also increases. The maximum CO of nickel powder formation is 51.1% and is observed at a NaCl concentration of 30 g/l. Such picture of the dependence of the current outputof the nickel powders formation on the concentration is observed in paper [20], where the positive effect of sodium chloride on the formation of metal powders is noted, which is expressed in an increase in the current outputof the nickel powders formation.

t = 25 ºC; i_{Ni}= 4000 A/m^2, i_{Ti} = 40000 A/m^2;
C, g/l (20 $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ + 20 $(NH_4)_2SO_4$ + x NaCl)

Figure 7 – Effect of NaCl concentration on the CO of nickel recovery at polarization by cathodic impulse current in an ultrasonic field at a frequency of 35 kHz



It should be noted that at current densities below 7500 A/m^2 the nickel coating is formed. At i_{Ti}> 30000 A/m^2, nickel hydroxide is formed along with the black nickel powder. As the results of X-ray phase analysis (Figure 8) showed, the reflexes 4.7; 2.70 and 2.34 Å of the product produced correspond to $Ni(OH)_2$, reflections 2.03Å correspond to Ni.

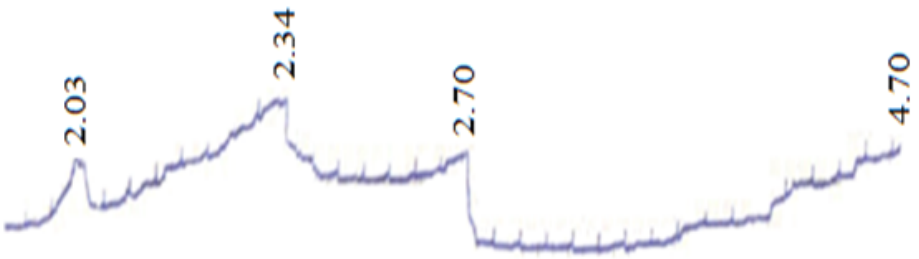


Figure 8 – X-ray photogram $Ni(OH)_2$

Thus, the results of the obtained data have shown the possibility of applying the transient current for producing nickel powder. It is shown that nickel powders of predominantly dendritic form are formed during electrolysis. It has been established that when using an ultrasonic field in the electrolysis process, the dentritic forms of the nickel powder are destroyed, which promotes the production of more dispersed forms of the said powder.

REFERENCES

[1] Beregovskiy V.I. Nickel and its significance for the national economy. Moscow: Metallurgiya, 1964. 405 p.

[2] Dodin D.A. The world market of non-ferrous metals and Russia's position in it // Non-ferrous metals. 2007. N 10. P. 10-13.

[3] Nitridation enhancement of $TiSi_2$ powders by addition of nikel / Roger J., Nouvian L., Le Petitcorps Y. et al. Journal of alloys and compounds. 2017. Vol. 724. P. 249-257.

[4] Kubassov V.L., Bannikov V.V. Electrochemical technology of inorganic substances / Textbook for technical schools of chemistry technological specialties. Moscow: Chemistry, 1989. 288 p.

[5] Gran T.V., Krylov A.S. Electrolytic refining of nickel. Publ. Metallurgiya, 1970. 96 p.

[6] Sabirova Z.A., Danilova M.M., Zaikovskiy V.I. et al. Nickel catalysts based on porous nickel for the reaction of methane vapor conversion // Kinetics and catalysis. 2008. Vol. 49, N 3. P. 449-456.

[7] Danilova M.M., Sabirova Z.A., Kuzin N.A., et al. Nickel and nickel-platinum-containing reinforced catalysts for conducting heat-combined reactions of methane vapor conversion and hydrogen oxidation // Kinetics and catalysis. 2007. Vol. 48, N 1. P. 123-131.

[8] TitovaYu.Yu., BelykhL.B., ShmidtF.K. Nickel hydrogenation catalystsof the Ziegler type: the effect of water content in the nickel precursor on the size and nature of the particles formed // Kinetics and catalysis. 2016. Vol. 57, N 3. P. 392. DOI:10.7868/S0453881116030138

[9] Nickel, its properties and alloys / http://www.cniga.com.ua/index.files/niccolum.htm

[10] Yamukyan M.A., Manukyan Kh.V., Kharatyan S.L. Production of powdered nickel by reduction of the basic nickel carbonate in the combustionregime // Chemical Journal of Armenia. 2008. Vol. 61, N 2. P. 159-166.

[11] LapsinaP.V., KagakinYe.I., DodonovV.G. et al. Nanostructured nickel powders: production and some properties // Polzunovsky News. 2014. N 3. P. 147-150.

[12] Platinum powder formation AT polarization indiced by impulse alternating current in the presence of quadrivalent titanium ions // Int. J. Chem. Sci.: 11(2), 2013, 825-832 / A.B. Bayeshov, B.E. Myrzabekov, N.S. Ivanov, A.K. Bayeshova, M.Zh. Zhurynov.

[13] Bayeshov A., Myrzabekov B.E., Zhurinov M.Zh.Reduction of platinum ions (IV) with the formation of ultradispersed powders in a solution of sulfuric acid by a cathodicimpulse current // Reports NAS RK. 2012. N 5. P. 19.

[14] Bayeshov A., Myrzabekov B.E. Ivanov N.S. Bayeshova A. Reduction of platinum ions (IV) with the formation of ultra-dispersed powders in sulfuric acid solution by impulse current // News of KazNU. Chemical series. 2011. N 1(61). P. 450-456.

[15] Bayeshov A., Zhurinov M.Zh. Nogerbekov B.Yu., Ivanov N.S. MyrzabekovB.E. Komashko L.V. Cathodic formation of platinum powder in phosphate electrolytes // News of NAS RK. 2011. N 1. P. 10-14.

[16] Bayeshov A., Myrzabekov B.E., Ivanov N.S. Electrochemical reduction of platinum (IV) with the formation of nano-sized powders // Abstracts of the XIX Mendeleyev Congress on General and Applied Chemistry. Volgograd, 2011. Vol. 3. P. 35-36.

[17] Bayeshov A., Myrzabekov B.E. Influence of various parameters on the composition and structure of platinum powders // Proceedings of the "Heterogeneous processes in enrichment and metallurgy" International Scientific and Practical Conference. Karaganda, 2011. P. 198-200.

[18] Bayeshov A., Myrzabekov B.E., Ivanov N.S. Electrochemical method for the reduction of platinum (IV) at polarization by an impulse current with the formation of ultradisperse powder // Proceedings of the I-Russian-Kazakhstan Conference on Chemistry and Chemical Technology. Tomsk, 2011. P. 8-11.

[19] Bayeshov A., Myrzabekov B., Ivanov N.S., Zhurinov M.Zh. Investigation of the formation of nanosized platinum powders in the sulfuric acid medium // Reports of NAS RK. 2010. N 6. P. 46-51.

[20] Kudra O., Gitman E. Electrolytic production of metallic powders. Kiev, 1952. 144 p.

Ә. Б. Баешов, М. Ж. Журинов, У. А. Абдувалиева,
А. А. Адайбекова, Т. Э. Гаипов, Б. Э. Мырзабеков

Д. В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Казахстан

УЛЬТРАДЫБЫСТЫ ӨРІСТЕ КАТОДТЫ ИМПУЛЬСТІ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ НИКЕЛЬ ҰНТАҚТАРЫНЫҢ ЭЛЕКТРОТОТЫҚСЫЗДАНУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Электрохимиялық әдіс арқылы никель ұнтақтарының түзілу процессі зерттелді. Ультрадыбысты өрісте (5 кГц) катодты импульсті токпен поляризациялау кезінде никельдің электртотығу заңдылықтары зерттелді. Аталған шарттарда никель иондарының тотықсызданууына титандағы ток тығыздығының әсері зерттелді. Ток тығыздығының әр түрлі көрсеткіштерінде никельдің қаптамалары немесе қара және сұр түсті ұнтақтарын алуға болатындығы көрсетілді. Титан электродының төменгі ток тығыздықтарында никельдің сұр түсті ұнтақтары және никель қаптамасы түзілетіндігі көрсетілді. Титан электродының жоғарғы ток тығыздықтарында никельдің қара түсті ұнтақтары түзілетіндігі көрсетілді. Никельдің қаптамалары және ұнтақтары түзілуінің ток бойынша шығымдарының қосынды мәні 83,5 %-ға тең болатындығы анықталды. Никель ұтақтарының түзілуіне никельдегі ток тығыздығының әсері зерттеліп, оның максималды ток бойынша шығымы 1000 А/м^2-де 64,4-ға жететіндігі көрсетілді. Алынған қаптама және ұнтақтардың микрофотосүреттері түсірілді. Түзілген ұнтақтар дендритті және глобула түріндегі бөлшектерден тұратындығы анықталды. Никельдің тотықсызданууының ток бойынша шығымына ерітінді ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$+NaCl) концентрациясының әсері зерттелді. $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ ерітіндісінің концентрациясының 1 г/л-ден 20 г/л-ге дейін өсуі никельдің ұнтақтарының түзілуінің ток бойынша шығымының 7,47 %-дан 46,6 %-ға дейін өсуіне алып келді. Натрий хлориді концентрациясының өсуімен никельдің ұнтақтарының түзілуінің ток бойынша шығымы да өсетіндігі көрсетілді.

Түйін сөздер: электрохимия, никель, ұнтақ, тотықсыздану, катод, импульс, ультразвук, поляризация, микрофотография, жиілік.

А. Б. Баешов, М. Ж. Журинов, У. А. Абдувалиева,
А. А. Адайбекова, Т. Э. Гаипов, Б. Э.Мырзабеков

Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЯ НИКЕЛЕВЫХ ПОРОШКОВ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ КАТОДНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Аннотация. Исследован процесс образования никелевых порошков электрохимическим методом. Изучена закономерность электровосстановления никеля при поляризации катодным импульсным током в ультразвуковом поле (частота 35 кГц). В указанных условиях исследовано влияние плотности тока на титане на восстановление ионов никеля. Показано, что в зависимости от значений плотности тока можно получать никелевые покрытия или порошки серого либо черного цвета. При низких плотностях тока титанового электрода образуются никелевые порошки серого цвета и покрытие металла. При высоких плотностях тока титанового электрода формируются порошки черного цвета. Установлено, что суммарный выход по току образования порошков и покрытий никеля составляет 83,5 %. Исследовано влияние плотности тока на никеле на выход по току формирования его порошка. Показано, что максимальный выход по току (64,4 %) наблюдается при плотности тока на никеле 1000 А/м^2. Сняты микрофотографии полученных порошков и покрытий никеля. Показано, что образованные порошки состоят из дендритных и глобуловидных частиц. Исследовано влияние концентрации раствора ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$+NaCl) на выход по току восстановления никеля. Установлено, что с увеличением концентрации $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ от 1 до 20 г/л выход по току образования порошка никеля увеличивается с 7,47 до 46,6 %. С увеличением концентрации хлорида натрия выход по току образования порошка никеля также увеличивается.

Ключевые слова: электрохимия, никель, порошок, восстановление, катод, импульс, ультразвук, поляризация, микрофотография, частота.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 186 – 194

UDC 528.8

M. P. Zapletin[1], A. T. Zhakypov[1], B. M. Mazakova[2], A. S. Zhumakhanova[2]

[1]Lomonosov MSU, Moscow, Russia,
[2]S. Seifullin KazATU, Astana, Kazakhstan.
E-mail: zapletin_m@mail.ru, scipper92@mail.ru, bayan7080@mail.ru, guldana2002@mail.ru

THE WEB APPLICATION FOR PLANNING REMOTE SENSING OF THE EARTH

Abstract. This article describes a web application for constructing the orbit of a remote sensing (RS) satellite and for planning the survey of the specified territory on the Earth's surface. It is important for RS to select an appropriate satellite, taking into account such criteria as optical characteristics and frequency of surveys. The developed application offers a user-friendly interface and efficient calculation of the satellite position. With this application, the user will be able to see the trajectory of any available commercial ERS satellite for a specified period of time, calculate all the possibilities that meet the user's requirements for surveying a point or polygon on the Earth's surface and schedule a survey of the area of interest taking into account all the required restrictions. The algorithm is based on the SGP4 model, which uses public TLE data for Earth remote sensing satellites, formulas of celestial mechanics, analytical geometry, and heuristic methods for reducing computations. The program code is written in JavaScript and PHP programming languages using the Bootstrap, JQuery, and Cesiumjs libraries. JavaScript is the most common means of creating browser interfaces, new features are added to the language. The article contains screenshots of the program itself and the results of speed tests of calculations performance are presented in the article.

Key words: remote sensing of the Earth, survey planning, SGP4, TLE, the motion trajectory, web application.

Satellite methods of studying the Earth's surface have become important in recent decades. This is connected both with the further improvement of space technology, and with the curtailment of aviation and ground-based methods of monitoring. The main applications of satellite remote sensing of the Earth (RS) are obtaining information on the state of the environment and land use, studying plant communities, assessing crop yields and the consequences of natural disasters. Remote sensing tools are effective in studying soil and water pollution, ice on land and water, in oceanology. These facilities allow obtaining information about the state of the atmosphere, including on a global scale.

Whatever is the sphere of use of ERS imagery, there is always a need for operative provision of consumers with up-to-date data. In other words, the speed of the order execution is important for all users. Most of the time in the work to fulfill the order for space images is taken by the survey process itself. The duration of this process depends on the size and location of the ordered territory, the climatic conditions during the survey, as well as the optical characteristics and orbital parameters of the spacecraft itself. All this must be taken into account when forming a request for space imagery by both the supplier and the client, in order to correctly plan their further work.

At the same time, remote sensing services are provided by hundreds of satellites moving in low Earth orbits. In this regard, remote sensing service users have got the problem of choosing a suitable satellite. The selection criteria here are, firstly, optical characteristics, and secondly, the possible frequency of surveys with the desired parameters. If we conditionally allocate a class for the similarity of optical characteristics from a set of all available remote sensing satellites, then it is required for final decision-making to evaluate to what extent it is possible to execute an acquisition order by means of a particular spacecraft from this class. The program described in this article can help in solving these problems.

The software product considered in this paper allows solving the following tasks for any open commercial ERS spacecraft:

1) To construct a motion trajectory for a given time interval.
2) To estimate the frequency of passing in the vicinity of the territory of interest.
3) To see all the possibilities for surveying the ordered part of the Earth's surface for the specified date range, taking into account the customer's requirements.
4) To create a time-optimal plan of the survey of the requested area on the Earth surface.

Thus, a user can select with the help of this application an ERS spacecraft, that is the most suitable for its purposes and requirements, and estimate the time costs in order to take them into account.

The application itself is based on a number of mathematical algorithms, where SGP4 model [1] takes central part. SGP4 determines position and velocity of a satellite at a point in time by appropriate TLE data [2], which is in a free and public access for all commercial ERS spacecrafts. So it is enough to run SGP4 model with some time step in order to construct a motion trajectory for a given time interval.

The task of finding all the possibilities for surveying the ordered territory that satisfy all user's requirements expands previous one and includes next subtasks:

– Coordinate and date transformations [3, 4].
– Calculation of the Sun's angle on the terrain at a given time [5].
– The construction of a minimal convex hull of an arbitrary set of points in the plane [6].
– The determination of the intersection of a point or a convex polygon on the surface of the Earth with some neighborhood of the subsatellite point.

Thus, the algorithm for the second task consists of the solution of these subtasks. Also the formulas of spherical trigonometry [7] are used there.

The last task – planning the time-optimal process of shooting a polygon on the surface of the Earth – extends previous task with next subtasks:

– to cover polygon with shooting strips;
– to arrange the order of surveying strips so that it takes the least time to shoot the entire polygon.

These subtasks and the last one from the previous task have been solved by authors themselves.

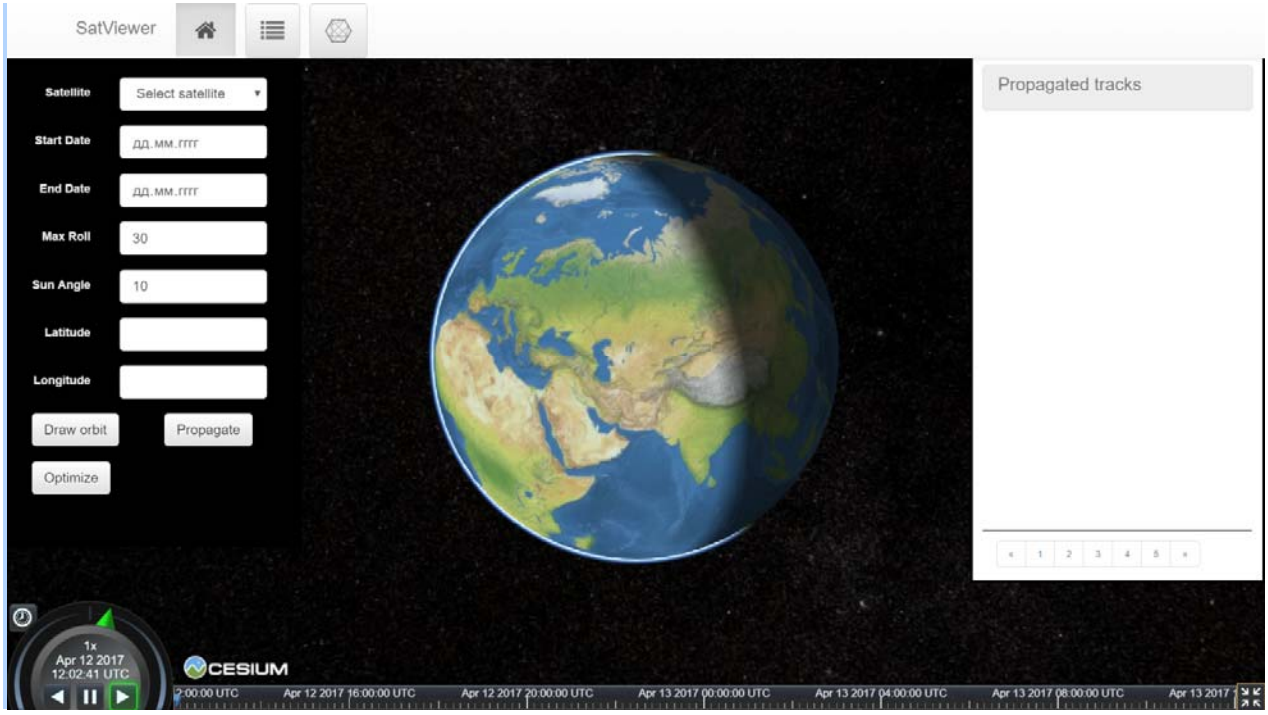
To solve the above tasks, a web application has been created. JavaScript and PHP programming languages, HTML with CSS were used to write its code. jQuery and Bootstrap libraries [8, 9] were involved in the interface; 3D visualization was realized with the help of Cesium library [10]. The application itself is deployed on an Apache server.

The consideration of the application would be started from an interface, which can be conditionally divided into five parts: the main layer, top, left, right and bottom panels.

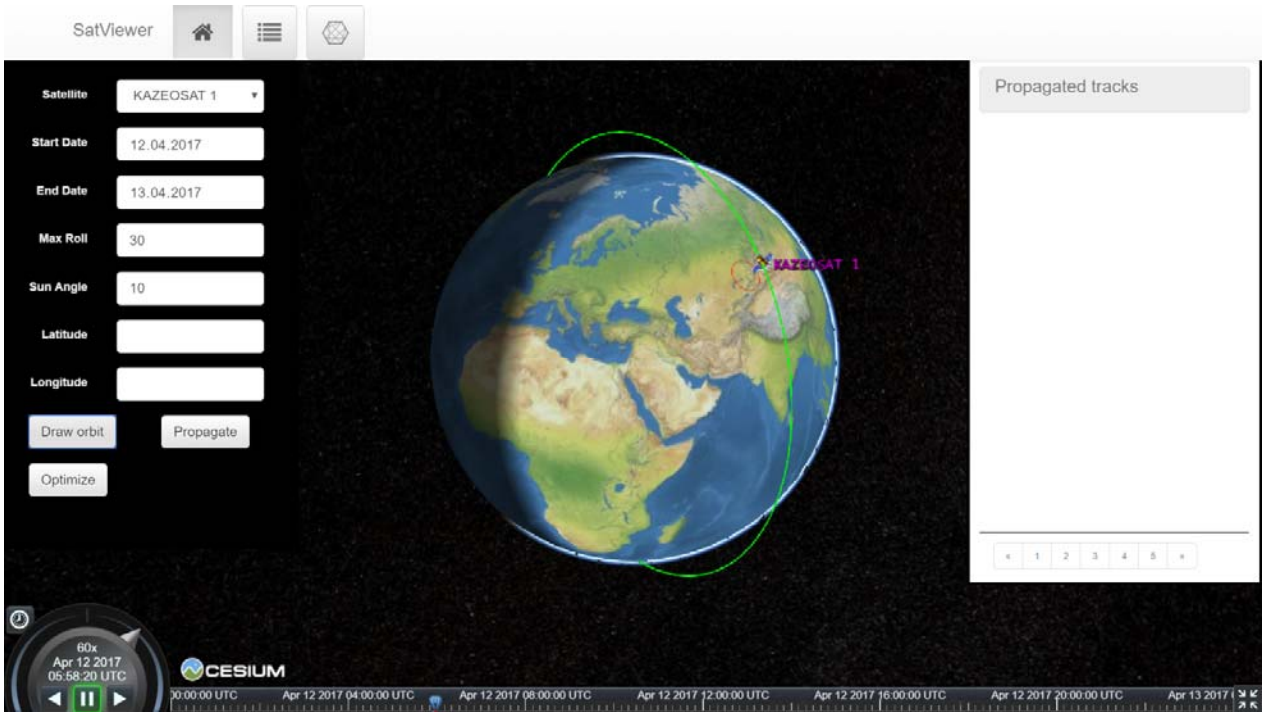
The main layer represents a three-dimensional model of the Earth. Here the user can specify an area of interest and see the satellite motion trajectory as a result of the program execution.

The left panel has two modes: input and output. In the input mode the user must select an ERS spacecraft, start and end dates from the dropdown menus, and enter maximal roll angle, minimal Sun height, latitude and longitude of the area of interest in degrees. If the user is interested in night shooting, he can set negative Sun angle, for example, -90. The territory of interest can either be entered into latitude and longitude fields, or drawn on the map, and then its coordinates will automatically appear in the corresponding fields. Besides, three buttons: "Draw orbit", "Propagate" and "Optimize" – are available. When you click the "Draw Orbit" button, a satellite trajectory is constructed for the given date range; an area of interest is unnecessary here (pic. 2). The "Propagate" button finds all possible passes that satisfy specified restrictions near the territory of interest in the required date range; the results are displayed in the right panel (pic. 3 and 4). The "Optimize" button creates an optimal plan for surveying a polygon on the Earth's surface beginning from the start date, taking into account the indicated limitations. In this case, the polygon is covered by shooting strips of a spacecraft with overlap. The resulting passes are also output in the right panel. The end date is ignored here (pic. 5).

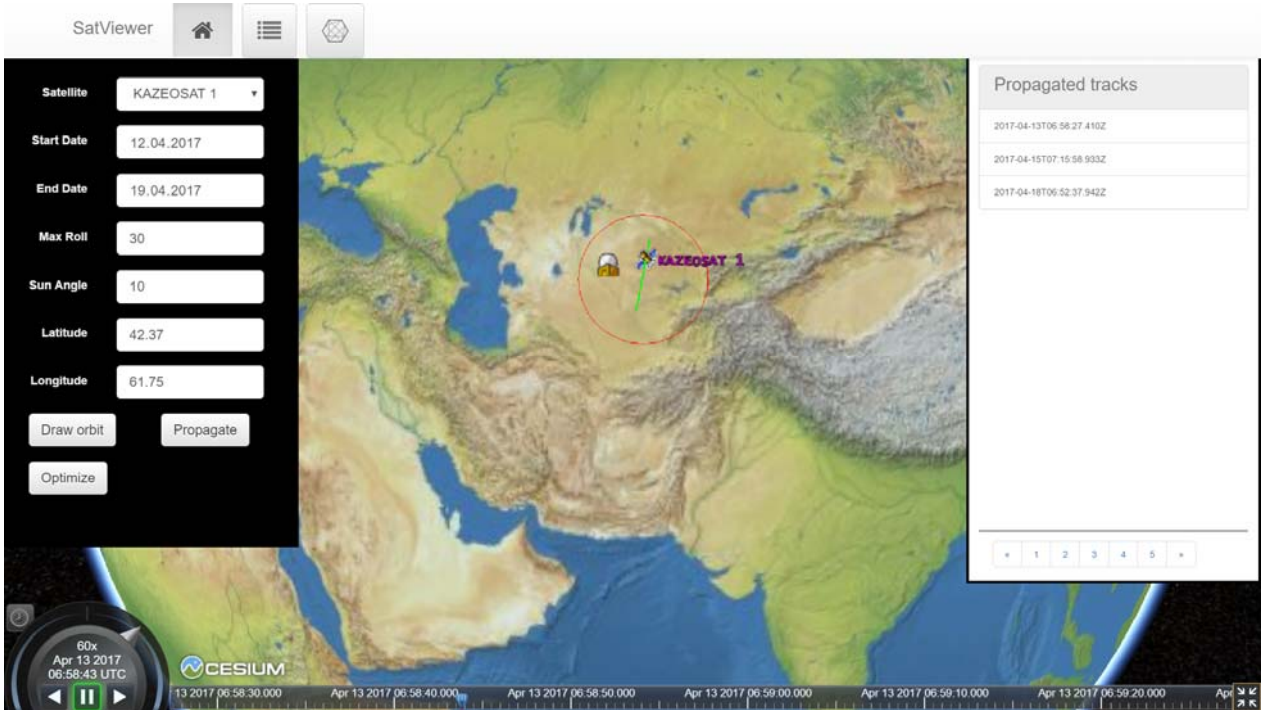
In the output mode the left panel is used for displaying and is unavailable for editing. The name of the ERS spacecraft, the start and end dates, a number of strips covering the area of interest and a necessary number of passes are output here. To draw the orbit, the last two fields are always zero, the start and end dates are the same as the input values. For "Propagate", the start and end dates indicate the dates of the first and last pass, the last two fields are also zero. For "Optimize", the start and end dates have the similar to "Propagate" meaning, strips and passes are shown in the amount that is necessary to cover the polygon.



Pic. 1 – The application interface



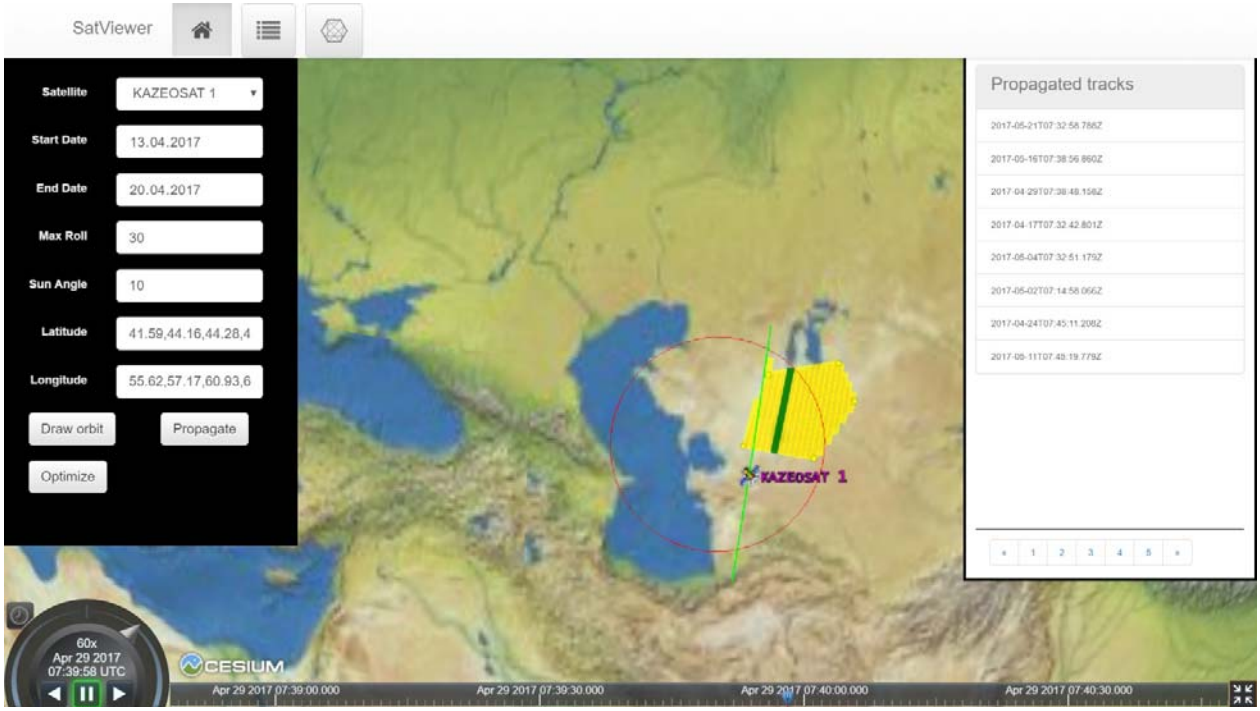
Pic. 2 – Satellite orbit



Pic. 3 – The pass near the point



Pic. 4 – The pass near the polygon



Pic. 5 – The surveying plan

The top panel consists of two buttons. The first one, with a “list” icon, is used to toggle the left panel between input and output modes. The other, with a “hexagon” icon, turn on the polygon drawing mode, which works as follows:

1. Switch on the polygon drawing mode by clicking the “hexagon” button. The old polygon will be erased, if there was one.
2. Place the dots on the Earth surface with the left mouse click.
3. After placing all required dots, right-click. The minimal convex hull of these dots will be drawn on the Earth model, and the latitudes and longitudes of its vertices will be listed by commas in the corresponding fields of the left panel.
4. Switch off the polygon drawing mode by clicking the “hexagon” button.

The single point can be placed on the Earth surface by double-clicking with the inactive polygon drawing mode. Its latitude and longitude values also appear in the left panel.

In the right panel the list of passes near the territory of interest appears after clicking the button “Propagate” or “Optimize”. Each item of this list indicates the beginning of the span. Clicking on any item of the list part of the spacecraft trajectory, with which it is possible to survey a given territory, will be drawn. For “Optimize” the strip, which will be shot from the selected pass, will be colored green (pic. 5). There is a pagination switch in the bottom of the right panel. The length of the list that can fit into the panel does not exceed 10 elements, so that the appropriate multi-page output is provided for demonstrating more passes. The pagination switch itself initially has next elements: “left” arrow, page numbers from 1 to 5, “right” arrow. By clicking on the “right” page numbers in the switch increase by 5, provided that the current five pages are not enough to show all results. For example, if you have received no more than 50 passes as a result of computations, nothing will happen after clicking on the “right”, otherwise page numbers will change as follows:

$$\{1,2,3,4,5\} \rightarrow \{6,7,8,9,10\},$$

and they will grow this way after every click on the “right” until the next five pages reach the end of the list. Clicking on the “left” decreases page numbers by 5, if there are not first five {1,2,3,4,5} in the switch, otherwise nothing happens.

The bottom panel consists of a multimedia control unit and a slider. Multimedia control unit allows you to pause the animation, adjust its speed and direction. The slider is used to rewind the animation back and forth.

The inner part of the application is based on solutions to the problems described in the beginning. The corresponding algorithms can be found in the references [1-8]. Some specific programmatical issues will be described here.

TLE data acquisition. Upon entering the application, a client sends the GET-request to the server for the list of ERS satellites and corresponding TLE. After receiving the request from a client, the server reads the contents of the file at http://www.celestrak.com/NORAD/elements/resource.txt, processes it and returns an ordered list of satellite names and TLE data. The server stores a copy of this file on its side in case it is unavailable, and the server can successfully process the request by reading data from this copy. The above URL contains actual ephemeris of all available ERS satellites, and they update every day.

The visualization of a satellite's trajectory. The Cesium library, written in JavaScript, is actively applied in 3D-visualization in the considered web-application. But it works with data of a certain kind, so the calculation results must be transferred to this kind. Thus the visualization of a trajectory occurs according to the following scheme:

1. The calculation results are sent to the server with a POST-request with the following data fields: the satellite name, the start and end time, the time step in seconds, the radius of visibility in meters, the array of time points and Cartesian coordinates.
2. After receiving the data from a POST-request, the server writes it to the czml file [11], and returns a link to this file.
3. The client downloads the contents of the czml-file from the received link using Cesium, thereby triggering a 3D-visualization of the satellite's motion.

Note that when drawing an orbit, one request is sent and one czml-file is generated accordingly. A bunch of POST-request are sent to visualize passes near the territory of interest and a separate czml-file, describing a certain part of the trajectory, is created for each pass.

Output of passes. As mentioned above, the list of passes is displayed in the right panel. Each element of this list is implemented through the HTML tag <a>. Its markup as a JavaScript string looks like

“<a href = \”#\” class = \”list-group-item track\”

id = \”track-“+id+”\”>” + tracks[id].date + “”

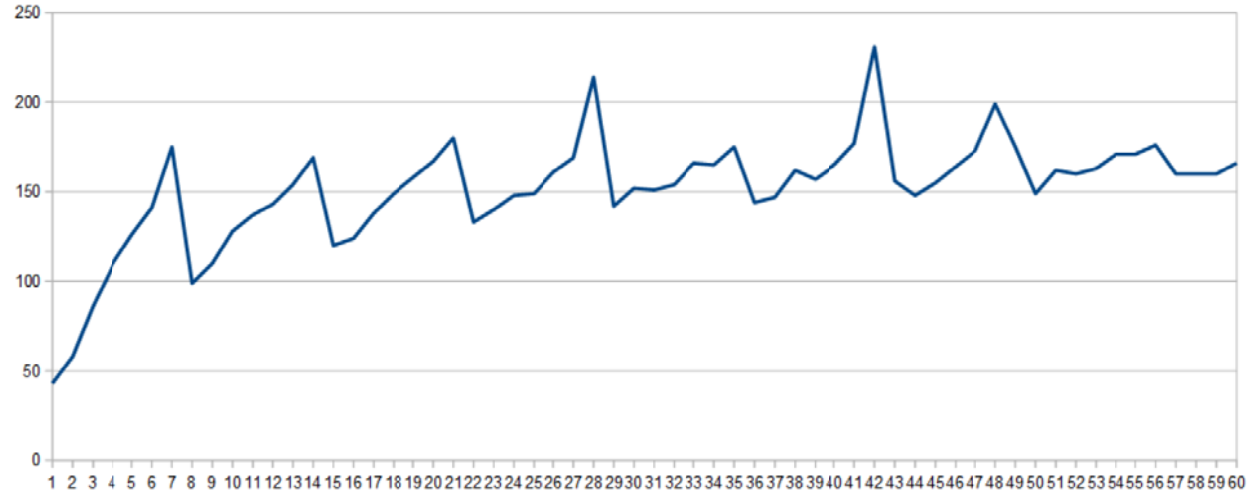
where id is a serial number of the pass in the array, tracks[id].date is a time of id pass start. In addition, the callback function, which loads czml-file associated with the selected id, and launches the animation, is attached to each element by means of JQuery. This function is invoked by clicking on any pass.

Further, the result of numerical experiments are presented. All tests was run on the computer with following features:

CPU	Intel Core(TM) i7-4500U CPU @ 1.80GHz 2.40 GHz
RAM	8GB
Video card	NVIDIA GeForce GT 750M, 2GB
OS	Windows 10, 64 bit

KazEOSat-1 ERS satellite was used in all tests.

The visual result of orbit construction is always as in the pic. 2. Below it as a graph of the computation time versus the planning horizon. The ordinates are in milliseconds, the abscissa is the days. The results are given for up to 60 days.



The table below shows the number of passes and the computation time, depending on the end date of planning for the search for passes near the coordinates point (47.24° N, 66.99° E). As the startting date is taken on 14/04/2017, the maximum roll angle is 30° and the minimum Sun height is 10°.

The end date	The number of passes	The computation time, ms
21/04/2017	3	19
28/04/2017	5	28
05/05/2017	8	47
12/05/2017	11	25
19/05/2017	14	70
26/05/2017	17	68
02/06/2017	20	71
09/06/2017	23	84
16/06/2017	26	77

The table below shows the number of passes and the computation time, depending on the end date of planning for the search for passes near the polygon. As the startting date is taken on 14/04/2017, the maximum roll angle is 30° and the minimum Sun height is 10°.

The end date	The number of passes	The computation time, ms
21/04/2017	4	12
28/04/2017	8	22
05/05/2017	12	40
12/05/2017	16	33
19/05/2017	20	42
26/05/2017	24	106
02/06/2017	28	122
09/06/2017	33	208
16/06/2017	27	158

The following table shows the results of planning the survey of the same territory by different ERS satellites with the same restrictions on roll at 30° and the Sun altitude at 10°. The start date is 14/04/2017. The computation time is in milliseconds.

Satellite	The end date	Strips	Passes	Comp. time
KazEOSat-1	13/06/2017	32	32	489
KazEOSat-2	31/05/2017	30	30	541
LANDSAT-7	16/06/2017	32	32	297
SENTINEL-3A	13/06/2017	32	32	416
WORLDVIEW-4	22/06/2017	32	32	732
RAPIDEYE 5	15/06/2017	31	31	377
PLEIADES-1B	11/06/2017	32	32	489
KANOPUS-V 1	09/06/2017	30	31	517
YAOGAN 29	02/06/2017	30	30	564

The presented results of numerical experiments demonstrate that the developed software product perfectly solves the task in a very short time at the rates of computing power, which any average computer can provide today.

REFERENCES

[1] Vallado D., Crawford P., Hujsak R., Kelso T. (2006) Revisiting Spacetrack Report #3. AIAA Paper No. 2006-6753. DOI: 10.2514/6.2006-6753.

[2] https://www.celestrak.com/NORAD/documentation/tle-fmt.asp

[3] Meeus J. (1998). Astronomical Algorithms. 2nd ed. Willmann Bell, Inc., Virginia, USA. ISBN: 978-0943396613.

[4] Seidelmann P. K. (1992) Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac. University Science Books, CA, USA. ISBN: 978-0935702682.

[5] http://stjarnhimlen.se/comp/tutorial.html

[6] Cormen T. H., Leiserson C. E., Rivest R. L., Stein C. (2009) Introduction to algorithms. 3rd ed. The MIT Press, Massachussets, USA. ISBN: 978-0262033848.

[7] G. R. van Brummelen. (2017) Heavenly Mathematics: The Forgotten Art of Spherical Trigonometry. Princeton University Press, NJ, USA. ISBN: 978-0691175997.

[8] Freeman A. (2013) Pro jQuery 2.0. 2nd ed. Apress, NY, USA. ISBN: 978-1430263883.

[9] Bhaumik S. (2015) Bootstrap Essentials. Packt Publishing, UK. ISBN: 978-1784395179.

[10] https://cesiumjs.org

[11] https://github.com/AnalyticalGraphicsInc/czml-writer/wiki

[12] Flanagan D. (2011) JavaScript: Definitive Guide, 6th Edition. O'Reilly Media, CA, USA. ISBN: 978-0596805524.

[13] Welling L., Thomson L. (2016) PHP and MySQL Web Development. 5th Edition. Addison-Wesley Professional, USA. ISBN: 978-0321833891.

[14] Mohammed J.K. (2002) Apache Server 2 Bible. Wiley, NY, USA. ISBN: 978-0764548215.

[15] Gade K. (2010). A non-singular horizontal position representation. The Journal of Navigation. Cambridge University Press. 63 (3): 395–417. DOI: 10.1017/S0373463309990415.

[16] Lane M.H., Cranford K.H. (1969) An Improved Analytical Drag Theory for the Artificial Satellite Problem. AIAA Paper No. 69-925. DOI: 10.2514/6.1969-925.

[17] Hoots F.R., Roehrich R.L. (1988) Models for Propagation of NORAD Element Sets. United States Department of Defense Spacetrack Report (3).

[18] Kelso T.S. (2007) Validation of SGP4 and IS-GPS-200D Against GPS Precision Ephemerides. 17th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Conference, USA, Arizona, Sedona. P. 15.

[19] Vallado D., Crawford P. (2008) SGP4 Orbit Determination. AIAA Paper No. 2008-6770. DOI: 10.2514/6.2008-6770.

[20] Beutler G., Mervart L., Verdun A. (2005) Methods of Celestial Mechanics. Volume I: Physical, Mathematical, and Numerical Principles. Springer, Germany. ISBN: 978-3-540-26870-3.

М. П. Заплетин[1], А. Т. Жакыпов[1], Б. М. Мазакова[2], А. С. Жумаханова[2]

[1]МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
[2]КазАТУ им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУҒА АРНАЛҒАН WEB ҚОЛДАНБА

Аннотация. Мақалада жерді қашықтықтан зондтау спутнигінің (ҚЗС) орбитасын салу және Жер бетінінің қажетті аумағын түсіруді жоспарлау веб-бағдарламасын құру қарастырылған. Қашықтан зондтау үшін, оптикалық сипаттамалар мен зерттеу жиілігі сияқты критерийлерді ескере отырып, қолайлы спутникті таңдау мәселесін шешу маңызды. Осы қолданба арқылы пайдаланушы кез-келген коммерциялық ҚЗС спутнигінің белгілі бір уақыт кезеңі үшін траекториясын көре алады, Жер бетіндегі нүкте немесе полигонды зерттеу үшін пайдаланушының талаптарын қанағаттандыратын барлық мүмкіндіктерді есептейді және барлық қажетті шектеулерді ескере отырып, қызығушылық аймағын шолуды жоспарлайды.

Әзірленген бағдарлама пайдаланушыға ыңғайлы интерфейсті және спутниктік орнын тиімді есептеуді ұсынады. Осы қосымшаның көмегімен пайдаланушы Жер бетіндегі зерттеу нүктесі немесе полигоны үшін қанағаттандыратын пайдаланушы барлық талаптар мүмкіндіктерін есептеуге және назарға барлық қажетті шектеулерді ескере отырып, қызығушылық аймақты түсіру үшін жоспарлау, алдын ала белгілі бір мерзімге кез келген қолда бар коммерциялық серігін траекториясы қашықтықтан зондтау көре аласыз. Алгоритм аспан механикасы формулаларын, аналитикалық геометрия және есептеуді азайтудың эвристикалық әдістерін, қоғамдық TLE деректерді пайдалана отырып SGP4 үлгісіне негізделген. Бағдарлама коды JQuery және Cesiumjs кітапханаларын пайдаланып JavaScript және PHP бағдарламалау тілдерінде жазылған. JavaScript – браузер интерфейстерін жасаудың ең кең таралған құралы, тілге жаңа мүмкіндіктер қосылады. Мақалада бағдарламаның скриншоты және есептерді орындау жылдамдығын тексеру нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: жерді қашықтықтан зондтау, түсірілімді жоспарлау, SGP4, TLE, траектория, веб-қосымшалар.

М. П. Заплетин[1], А. Т. Жакыпов[1], Б. М. Мазакова[2], А. С. Жумаханова[2]

[1]МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
[2]КазАТУ им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

ВЕБ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Аннотация. В статье описывается веб-приложение для построения орбиты спутника дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и планирования съемки указанной территории на поверхности Земли. Для ДЗЗ важно решение проблемы выбора подходящего спутника, с учетом таких критериев как оптические характеристики и частота съемок. Разработанное приложение предлагает удобный интерфейс для пользователя и эффективный расчет положения спутника. С помощью этого приложения пользователь сможет увидеть траекторию движения любого доступного коммерческого спутника ДЗЗ на заданный период времени, рассчитать все возможности, удовлетворяющие требованиям пользователя, для съемки точки или полигона на поверхности Земли и запланировать съемку области интереса с учетом всех требуемых ограничений. Алгоритм основан на модели SGP4, использующей общедоступные данные TLE для спутников ДЗЗ, формулах небесной механики, аналитической геометрии и эвристических методах сокращения вычислений. Код программы написан на языках программирования JavaScript и PHP с применением библиотек Bootstrap, JQuery и Cesiumjs. JavaScript является самым распространённым средством создания браузерных интерфейсов, в язык добавляются новые возможности. В статье приведены скриншоты самой программы и результаты тестов скорости выполнения расчетов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, планирование съемки, SGP4, TLE, траектория движения, веб приложение.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 195 – 200

UDC 577.4:550.41:66.097:661(004.8)

Zh. K. Shomanova[1], R. Z. Safarov[2], A. K. Tleulesov[3], Yu. G. Nosenko[4], A. S. Zhumakanova[5], V. V. Larichkin[6]

[1]Pavlodar State Pedagogical Institute, Pavlodar, Kazakhstan,
[2]L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
[3]S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan,
[4]Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan,
[5]D. V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electro chemistry, Almaty, Kazakhstan,
[6]Independent testing center of Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia.
E-mail: zshoman@yandex.ru ruslanbox@yandex.ru nosenko1980@yandex.ru a.jumakanova@ifce.kz

STUDY OF COMPOSITION OF WASTE FROM METALLURGY PRODUCTION AIMED IN USE THEM AS ACTIVE PHASES OF CATALYSTS FOR HYDROCARBON RAW MATERIALS REFINING

Abstract. Wastes from metallurgical production contain a significant amount of valuable elements such as iron, chromium, manganese, titanium, aluminum. The introduction of small and dispersed fractions in the smelting furnace leads to disturbances in the technological regime. Therefore, these wastes are accumulated in various types of storages. To increase the efficiency of the use of resources, it is necessary to utilize these wastes. The main ways of utilization are agglomeration, as well as the addition in building materials as additives. It is proposed to combine these ways with a new approach to utilization. Based on the data on the composition, it is proposed to use waste from ferrous metallurgy in the Pavlodar region as active phases of catalysts for processing hydrocarbon feedstocks. The obtained results showed that the waste: wet-scrubbing sludge and dry gas scrubbing of the Aktyubinsk Ferroalloy Plant, mixed waste from the ash-slime storage of the Aksu ferroalloy plant, red mud and ferrous sand of the Pavlodar aluminum plant contain significant amounts of Fe, Cr, Mn, Al, Ca. This allows us to predict the possibility of creating catalysts using these types of waste. Thus, it is proposed to study a new approach to solving the problem of utilization of waste products of the metallurgical industry with the production of valuable products - catalysts for processing hydrocarbon raw materials.

Keywords: industrial waste, metallurgical production, utilization, secondary resources, catalysts.

Introduction. In present time metallurgy industry produces great amount of waste. Non-ferrous and ferrous metallurgy take up one of the leading positions in amount of emissions by data given in [1]. Their amounts in the total volume of emissions are correspondingly 22.8 and 15%. Significant part of metallurgy industry of Kazakhstan is focused in Pavlodar region a large industrial center. Thus, by the data given in [2], more than 4 million tons of ferrous metallurgy waste and more than 50 million tons of non-ferrous metallurgy waste are accumulated in Pavlodar by 2013. By experts opinion [3] production of one ton of ferrous metal leads to accumulation of 5-17 tons of waste. Dumps and slime storages are often considered as secondary deposit of valuable metallic components by volumes of their reserves. It is noted, that slags of ferrous metal production contain about 15% of metallic and 27% of oxide iron. In the red mud of aluminium production, which is also stored in storages in great amounts, the presence of iron oxides is 45-50% [4]. About half of total mass of iron ore is conversed into waste called “tailings”, which are quartz-ferruginous sand represented by particles of 0.14-0.63 mm in diameter. The wastes are denser in comparison with natural sand because it contains large amounts of iron compounds.

Significant collected amounts of metallurgy wastes require in-depth consideration of opportunities of utilization of them. The involvement of these wastes in industrial processes is one of the most important

aspects of the effective use of mineral and energy resources, creation of waste-free and low-waste technologies and improvement of the environment in the area adjacent to the plant [5]. There are two main ways in this process - agglomeration of dispersed materials and return to the smelting process, as well as utilization by introducing as additives in various building materials. Each of these ways has advantages and disadvantages. So, in the work [5] it is pointed, that agglomeration allows the commercial use of dispersed and shredded waste. One of the simplest and most promising methods of agglomeration is briquetting using binding components. This technology makes it possible to obtain solid briquettes from almost any fine-grained waste [6]. Such briquettes are primarily used in the processes of smelting directly ferroalloys. Their use makes it possible to reduce the amount of accumulated waste, and also to improve the quality of the smelting of the product. Such technology was investigated in industrial conditions at the Aktobe ferroalloy plant in 2001. It is shown that the use of chrome ore briquettes led to a reduction in energy consumption in the production of a ton of product from 4196 kWh to 3742.58 kWh. The level of reduction of chromium reached 87.37-90.56% under conditions when 68.9% of briquettes were fed into the furnace. As a result, briquetting allows to reduce the energy and coke consumption, to increase the amount of reduced chromium and to reduce the amount of dust in gases discharged to the gas cleaning system [5].

On the other hand, a number of works show the use of waste from the metallurgical industry for the production of building materials [7-9]. Thus, in [10], the results of using calcium-containing waste of ferrous metallurgy as a diluent and flux and as a clay component, i.e. interlayer clay (shale oil waste), for reducing the drying time of brick raw materials are described. The use of these wastes in the production of ceramic bricks can reduce the consumption of natural raw materials, reduce the amount of industrial waste and reduce the burden on the environment. In addition, this leads to a reduction in the cost of the final product, provides an alternative raw material for the production of ceramic bricks, preserves irreplaceable resources and reduces energy consumption. The results of a study of the chemical and mineral composition, microstructure, and properties of the readily disintegrating aluminothermic slag of ferrochromium are shown in [11]. A fundamentally new high-efficiency technology for non-waste production of $Mg(Al,Cr)_2O_4$ spinel was developed. The resulting slag has binding properties. After the extraction of spinel, its lime-silicate-aluminate component can be used to produce more than ten forms of the product: cement, pigments, building materials and other materials.

At ferroalloy plants, ferromanganese, ferrosilicon, ferrochromium are produced. Industrial products determine the composition of waste. Thus, in slime of ferroalloys production, significant amounts of manganese and chromium are contained in addition to iron [12]. These elements are catalytically active and are included in the active phases of many catalysts [13-17]. Waste of aluminum production besides iron compounds also contains valuable components - aluminum and titanium. These metals are also actively involved in catalytic processes [18-21]. Thus, we see the potential for a third way of utilization of this type of mineral raw materials - by creating catalysts using these industrial wastes as an active phase. The proposed recycling path is the most cost-effective, as it offers the receipt of a new valuable product that is in demand on the market of catalysts for oil refining. In addition, any combination of the above approaches can be combined with a parallel use of the waste from the metallurgical industry to produce catalysts.

In order to determine the potential use of a material as an active phase, it is necessary to conduct a preliminary analysis of the elemental composition of the research object. In this paper, we present data on the elemental composition of waste metallurgical industry in the Pavlodar region (Kazakhstan), obtained by energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy.

Experimental. Investigation of the elemental composition of the obtained samples was performed by the method of energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy on the energy dispersive microanalysis system INCA Energy 450 mounted on a scanning electron microscope JSM 6610 LV ("JOEL", Japan). The device is equipped with the system of energy-dispersive (ED) microanalysis, a system of wave dispersion microanalysis, a system for analyzing the diffraction of backscattered electrons by a reflected electron detector, a secondary electron detector of Everhart-Thornley, a secondary electron detector for a low-vacuum regime and equipment for sample preparation. The spectra were obtained three times with the calculation of the average value.

Samples of wastes were used for the study: the wet gas scrubbing sludge of the Aktyubinsk Ferroalloy Plant (AFZ), the dust of the dry gas cleaning of the AFZ, the production waste from the ash sludge collector of the Aksu Ferroalloys Plant (ALF), red mud and ferruginous sand of the Pavlodar aluminum plant (PAZ).

Results and discussion. Figure 1 shows the standard spectrogram of the samples studied.

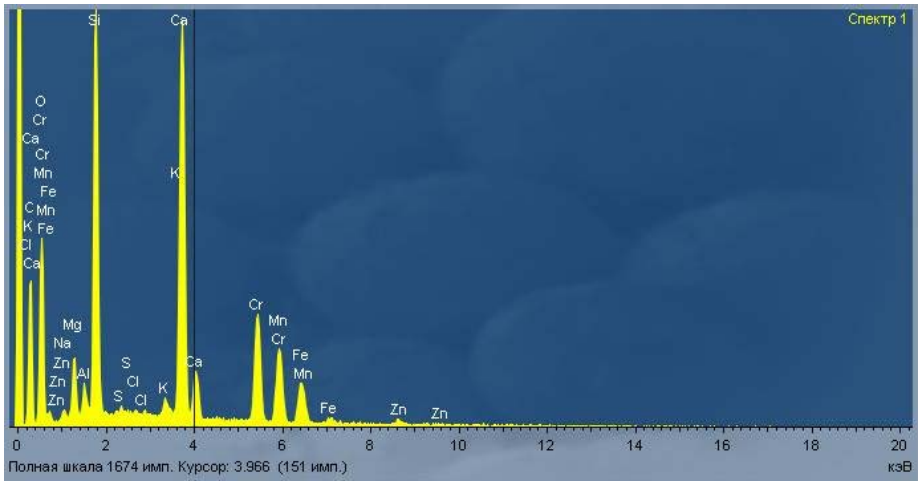


Figure 1 – Spectrogram of a sample of the waste produced by the AZF

Tables 1 and 2 show data on the elemental composition of waste samples of Pavlodar aluminum plant – ferrous sand and red mud. From the obtained data it is seen, that red mud in comparison with ferruginous sand has more homogeneous composition, since the scatter of the content of elements between sample spectra is small. Ferruginous sand, unlike red mud, also contains K and Mn in small amounts. The amount of iron in a sample of ferruginous sand is twice higher than in the composition of red mud. However, the scatter in its content between the spectra indicates a possible lower degree of dispersion of crystals containing Fe. At the same time, red mud contains a high amount of calcium (25-27%). This can affect the course of catalytic reactions, since it is known that in many cases calcium is added to modify the properties of the catalysts [22-24].

Table 1 – The elemental composition of the ferruginous sand sample of the Pavlodar aluminium plant

Spectrum	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Total
	wt.%											
spectrum 1	43,65	0,66	0,72	8,95	4,95	0,69	0,05	4,19	2,19	0,41	33,53	100
spectrum 2	44,5	0,7	0,11	9,12	18,18	0,26	6,31	1,7	0,6	0,1	18,42	100
spectrum 3	40	0,91	0,23	9,68	3,8	0,54	0,08	2,18	1,76	0,37	40,45	100
Average	42,72	0,76	0,35	9,25	8,98	0,5	2,14	2,69	1,52	0,29	30,8	100

Table 2 – The elemental composition of the red mud sample of the Pavlodar aluminum plant

Spectrum	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Ti	Fe	Total
	wt.%										
spectrum 1	44,77	1,91	0,16	2,45	7,99	0,55	0,09	25,7	1,97	14,39	100
spectrum 2	46,48	1,48	0,19	2,39	7,68	0,22	0,08	27,79	1,47	12,23	100
spectrum 3	45,69	1,6	0,18	2,47	7,99	0,24	0,05	27,05	1,57	13,16	100
Average	45,65	1,66	0,18	2,44	7,89	0,34	0,07	26,85	1,67	13,26	100

Tables 3 and 4 show data on the elemental composition of waste samples of the Aktyubinsk Ferroalloy Plant - dust of dry gas scrubbing and wet gas scrubbing sludge. Unlike previous samples, Ca is present in small amounts both in dust of dry gas scrubbing and in wet gas scrubbing sludge. However, the content of magnesium and chromium increases significantly. But, magnesium is mostly observed in the slime, and chrome in the dust of the gas cleaning system. The amount of iron in these samples is smaller, but the spread between the spectral indices is small, indicating a uniform distribution in the sample mass due to the rather high dispersion of the iron-containing components in these samples. In waste samples of the Aktobe ferroalloy plant, manganese is present in small quantities only in wet gas scrubbing sludge.

Table 3 – The elemental composition of dry dust sample of Aktobe ferroalloy plant

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Ni	Total
	wt.%												
spectrum 1	16,20	30,13	14,84	2,64	6,65	0,17	0,04	0,65	0,19	22,43	5,94	0,12	100,00
spectrum 2	16,88	31,54	16,28	2,68	8,03	0,08	0,08	0,45	0,09	18,67	5,04	0,17	100,00
spectrum 3	15,05	31,36	16,31	2,80	7,95	0,09	0,02	0,77	0,14	19,80	5,59	0,14	100,00
Average	16,05	31,01	15,81	2,71	7,55	0,11	0,05	0,62	0,14	20,30	5,52	0,14	100,00

Table 4 – The elemental composition of a sample of wet gas scrubbing sludge of the Aktyubinsk Ferroalloy Plant

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Zn	Total
	wt.%												
spectrum 1	15,55	31,84	29,35	1,32	7,15	1,22	0,08	0,29	6,95	0,30	5,73	0,22	100,00
spectrum 2	15,42	32,68	29,58	1,21	7,25	1,25	0,11	0,34	6,23	0,21	5,52	0,21	100,00
spectrum 3	14,62	31,94	29,90	1,09	7,35	1,21	0,08	0,34	7,05	0,28	5,85	0,27	100,00
Average	15,20	32,15	29,61	1,21	7,25	1,23	0,09	0,32	6,74	0,26	5,70	0,23	100,00

Table 5 shows the data on the elemental composition of the sample of mixed ash from the ash sludge storage of the Aksu ferroalloy plant. Table 6 shows the averaged data on the content of elements in 16 combined samples taken in different locations of the ash sludge storage of the Aksu ferroalloy plant. It is characteristically that titanium appears in these samples, although in small amounts. Chromium in these samples is also less, which may be due to differences in the output of the two plants products. On the other hand, in these wastes the manganese content is increased to 2%. The iron content here is the lowest and is 1 - 2%. The presence of zinc is becoming greater.

Table 5 – The results of elemental analysis of a sample of mixed waste taken from a local site of an ash sludge storage of the Aksu Ferroalloy Plant

Spectrum	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Zn	Total
	wt.%														
spectrum 1	43,34	0,41	6,67	1,70	36,94	0,31	0,14	1,30	0,81	0,06	2,76	2,04	1,70	1,82	100,00
spectrum 2	42,63	0,25	5,71	1,65	37,25	0,31	0,16	1,29	1,13	0,26	4,07	1,90	2,26	1,13	100,00
spectrum 3	41,29	0,68	3,11	5,37	36,64	0,30	0,14	1,42	0,91	0,19	4,43	2,16	2,04	1,31	100,00
Average	42,42	0,45	5,16	2,91	36,94	0,31	0,15	1,33	0,95	0,17	3,75	2,04	2,00	1,42	100,00

Table 6 – The average elemental composition of the ash sludge storage of the Aksu ferroalloy plant (averaged values for 16 combined samples taken in different locations of the ash sludge storage area)

Element	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Zn	Sn	Total
W, wt.%	46,18	0,54	5,01	1,23	34,16	0,40	0,26	1,41	4,44	0,01	1,73	2,18	1,01	1,38	0,06	100,00

Conclusion. Thus, based on the obtained data, it was established that all the studied samples contain catalytically active components in different amounts, which is determined by the production process. Therefore, they can be used as additives or active phases of catalysts with varying catalyst component ratios. When creating catalysts based on waste from the metallurgical industry, it is recommended to use clays or zeolites as a binder and a structure-forming component. The resulting catalysts must necessarily undergo a high-temperature treatment stage. Since the sources of origin of these components can be contaminated with organic impurities. In addition, the calcination step can lead to crystalline reorganization of the active phase filled with heterogeneous active elements. The received results allow considering dumps, tailing dumps and storages of metallurgical industries as secondary deposits of useful raw materials, suitable for obtaining active phases of non-specific industrial catalysts of hydrocarbon processing processes.

REFERENCES

[1] Bobovich B.B. Processing of industrial wastes. Textbook for high schools. *M.: SP Intermet Engineering,* **1999,** 445 p. (in Russ)

[2] Kornienko P.V., Gorshkova L.V., Gakshteter G.V. *Technologii betonov*. **2013,** 10, 29–33. (in Russ)

[3] Pyzhianova V., Aleksandrovich D. *Expert Ural*. **2012,** 32, 24–47. (in Russ)

[4] Kolesnikova M.P., Saigofarov S.S., Nikonenko E.A., Kalinichenko I.I., Kochneva T.P., Surkova N.A. *Glass and Ceramics.* **1998,** 3-4, 70–71. (in Eng.)

[5] Babanin V.I., Eremin A.Y. *Metallurgist*. **2006**, 5-6, 241–247. (in Eng.)

[6] Ryvkin I.Y., Eremin A.Y., Litvin E.M. *Koks Khim*. **2000**, 10, 36–44. (in Eng.)

[7] Leont'ev L.I., Zhuchkov V.I., Zhdanov A. V., Dashevskii V.Y. *Steel in Translation*. **2015**, 10, 773–777. (in Eng.)

[8] Abdrakhimov V.Z. *Refractories and Industrial Ceramics*. **2013**, 1, 7–16. (in Eng.)

[9] Tolochko M. V., Zabudchenko D. V., Sivachenko V.M., Kondakov E. V. *Steel in Translation*. **2008**, 9, 759–760. (in Eng.)

[10] Imangazin M.K., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z., Kairakbaev A.K. *Metallurgist*. **2017**, 1-2, 111–115. (in Eng.)

[11] Perepelitsyn V.A., Rytvin V.M., Gil'varg S.I., Ignatenko V.G., Kutalov V.G., Arzamastsev N.N. *Refractories and Industrial Ceramics.* **2009,** 5, 328–332. (in Eng.)

[12] Zhdanov A.V., Zhuchkov V.I., Dashevskii V.Y., Leont'ev L.I. *Steel in translation*. **2014**, 3, 236–242. (in Eng.)

[13] Li Y., Zhou R.-X., Lai G.-H. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*. **2006**, 1, 105–110. (in Eng.)

[14] Saeidi M., Hamidzadeh M. *Research on Chemical Intermediates*. **2017,** 4, 2143–2157. (in Eng.)

[15] Yang T., Chen W., Chen L., Liu W., Zhang D. *Energy Technology 2016. Springer, Cham*, **2016**, 173–180. (in Eng.)

[16] Nikoorazm M., Ghorbani-Choghamarani A., Noori N. *Research on Chemical Intermediates*. **2016,** 5, 4621–4640. (in Eng.)

[17] Rayati S., Sheybanifard Z. *Journal of the Iranian Chemical Society*. **2016**, 3, 541–546. (in Eng.)

[18] Lavrenov A. V., Saifulina L.F., Buluchevskii E.A., Bogdanets E.N. *Catalysis in Industry*. **2015,** 3, 175–187. (in Eng.)

[19] Lizama L.Y., Klimova T.E. *Journal of Materials Science*. **2009**, 24, 6617–6628. (in Eng.)

[20] Zhang H., Li X., Jiao Y., Wang Z., Zhu Q., Wang J., Li X. *Petroleum Chemistry*. **2017,** 8, 666–672. (in Eng.)

[21] Yashnik S.A., Salnikov A. V., Kerzhentsev M.A., Saraev A.A., Kaichev V. V., Khitsova L.M., Ismagilov Z.R., Yamin J., Koseoglu O.R. *Kinetics and Catalysis*. **2017,** 1, 58–72. (in Eng.)

[22] Ikeue K., Miyoshi N., Tanaka T., Machida M. *Catalysis Letters*. **2011**, 6, 877–881. (in Eng.)

[23] Khazdooz L., Zarei A., Ahmadi T., Aghaei H., Nazempour N., Golestanifar L., Sheikhan N. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*. **2017,** 1, 229–245. (in Eng.)

[24] Ma X., Sun H., He H., Zheng M. *Catalysis Letters*. **2007,** 1-2, 142–147. (in Eng.)

Ж. К. Шоманова[1], Р. З. Сафаров[2], А. К. Тлеулесов[3], Ю. Г. Носенко[4], А. С. Жумаканова[5], В. В. Ларичкин[6]

[1]Павлодар мемлекеттік педагогикалық институты, Павлодар, Қазақстан,
[2]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[3]С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар, Қазақстан,
[4]Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар, Қазақстан,
[5]Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан,
[6] Новосібір мемлекеттік техникалық университетінің тәуелсіз сынақтау орталығы, Новосібір, Ресей

МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ОЛАРДЫ КӨМІРСУТЕКТІ ШИКІЗАТ ӨҢДЕУ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫҢ АКТИВТІК ФАЗАСЫ РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУ МАҚСАТЫНДА ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Металлургиялық өндірістегі қалдықтар құрамында едәуір мөлшерде темір, хром, марганец, титан, алюминий тәрізді бағалы элементтер бар. Металлургиялық пешке кіші және дисперсті фракцияларды енгізу технологиялық режимнің бұзылуына әкеледі. Сондықтан, бұл қалдықтар әр түрлі сақтау жерлерінде

жинақталады. Ресурстарды кәдеге жаратудың тиімділігін арттыру үшін осы қалдықтарды пайдалану қажет. Кәдеге жаратудың негізгі тәсілдері агломерация болып табылады, сондай-ақ құрылыс материалдарына қоспа ретінде енгізу. Бұл тәсілдерді қайта өңдеуге жаңа тәсілмен біріктіру ұсынылады. Құрамы бойынша мәліметтер негізінде көмірсутек шикізатын өңдеуге арналған катализаторлардың белсенді фазалары ретінде Павлодар облысындағы қара металлургия қалдықтарын пайдалану ұсынылады. Алынған нәтижелер Ақтөбе ферроқорытпа зауытынан газды ылғалды тазалау шламында және газды құрғақ тазалау шаңында, Ақсу ферроқорытпа зауытының күл-қоқыс жинау қондырғысынан аралас қалдықтардында, Павлодар алюминий зауытының қызыл шламы мен темір құмында айтарлықтай Fe, Cr, Mn, Al, Ca бар екендігін көрсетті. Бұл қалдықтардың осы түрлерін қолдану арқылы катализаторларды жасау мүмкіндігін болжауға мүмкіндік береді. Осылайша, көмірсутек шикізатын өңдеуге арналған катализаторлар, құнды өнімдер алу арқылы металлургия өнеркәсібінде қалдықтарды кәдеге жарату мәселесін шешудің жаңа әдісін зерделеу ұсынылады.

Түйін сөздер: өндірістік қалдықтар, металлургиялық өндіріс, қайта өңдеу, қайталама ресурстар, катализаторлар.

Ж. К. Шоманова[1], Р. З. Сафаров[2], А. К. Тлеулесов[3], Ю. Г. Носенко[4], А. С. Жумаканова[5], В. В. Ларичкин[6]

[1]Павлодарский государственный педагогический институт, Павлодар, Казахстан,
[2]Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
[3]Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Павлодар, Казахстан,
[4]Инновационный Евразийский университет, Павлодар, Казахстан,
[5]Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан,
[6]Независимый испытательный центр Новосибирского государственного технического университета, Новосибирск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ АКТИВНЫХ ФАЗ КАТАЛИЗАТОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. Отходы металлургического производства содержат значительное количество ценных элементов, таких как железо, хром, марганец, титан, алюминий. Введение мелких и дисперсных фракций в печи выплавки приводит к нарушениям технологического режима. Поэтому эти отходы накапливаются в хранилищах различного типа. Для повышения эффективности использования ресурсов необходимо утилизировать эти отходы. Основные пути утилизации это агломерация, а также введение в строительные материалы в качестве добавок. Предлагается эти пути комбинировать с новым подходом к утилизации. Основываясь на данных по составу предлагается использовать отходы черной металлургии Павлодарской области в качестве активных фаз катализаторов переработки углеводородного сырья. Полученные результаты показали, что отходы: шлам мокрой газоочистки и пыль сухой газоочистки Актюбинского ферросплавного завода, смешанные отходы с золошламонакопителя Аксуского завода ферросплавов, красный шлам и железистый песок Павлодарского алюминиевого завода содержат в значительных количествах Fe, Cr, Mn, Al, Ca. Это позволяет прогнозировать возможность создания катализаторов с использованием указанных видов отходов. Таким образом, предлагается исследование нового подхода к решению проблемы утилизации отходов металлургической промышленности с получением ценных продуктов – катализаторов переработки углеводородного сырья.

Ключевые слова: промышленные отходы, металлургическое производство, утилизация, вторичные ресурсы, катализаторы.

Information about authors:

Shomanova Zhanat Kairollinovna – doctor of technical sciences, professor of the Geography and chemistry department, Pavlodar state pedagogical institute, zshoman@yandex.ru

Safarov Ruslan Zairovich – candidate of chemical sciences, the Acting Associate Professor of the Department of Management and engineering in the field of environmental protection, vice-dean in science at Natural Sciences Faculty, L.N. Gumilyov Eurasian national university, ruslanbox@yandex.ru

Tleulesov Askar Karimzhanovich - master of engineering and technology, senior lecturer, S. Toraigyrov Pavlodar State University

Nosenko Yuri Gennadievich - Candidate of Chemical Sciences, acting Associate Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies, Innovative University of Eurasia, nosenko1980@yandex.ru

Zhumakanova Ardak Sydykovna - candidate of chemical sciences, scientist secretary, D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, a.jumakanova@ifce.kz

Larichkin Vladimir Viktorovich - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Engineering Problems of Ecology, Director of the Independent Test Center of the Novosibirsk State Technical University

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 201 – 206

M. Zh. Zhurinov, A. B. Bayeshov, N. S. Ivanov, T. E. Gaipov,
U. A. Abduvaliyeva, A. E. Konurbaev, B. E. Myrzabekov, N. B. Sarsenbayev

D. V. Sokolsky Institute of Fuel Catalysis & Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: bayeshov@mail.ru, xumuk777@mail.ru, tulkinjon.gaipov@gmail.com, abdumida14@gmail.com, abibulla.kon@mail.ru, myrzabekbegzat@mail.ru

ELECTROCHEMICAL OXIDATION OF PHENOL ON LUMPY ELECTRODES AT A SURGE CURRENT POLARIZATION

Abstract. Phenol which one of the most abundant pollutants in industrial wastewater was investigated for purification. The selected wastewater was provided from the rest of the solution after petroleum producing. This is the major problem for regaining the water without including poisonous contaminants and it should be solved throughly. For this purpose lumpy electrodes and a surge current polarization were employed. Phenol oxidation in a stationary mode was carried out by four-sectional electrolyzer which each has 75 mL volume capacity. Anode chambers of purification vessel were equally filled with lumpy electrodes obtained from graphite and they were separated from cathode chambers by porous divisions. Cathode chambers were also completely filled with graphite cores which were used as cathodes. Research of the phenol containing solutions for modeling was selected 10-50 mg/L and sodium sulfate as a background was adjusted with the ratio of 0,25-2,0 g/L. Phenol concentration was defined photometrically. The direct oxidation of phenol on lumpy electrodes at polarization with a surge current has significant advantages when compared to the previous electrochemical methods.

Key words: phenol, electrochemical oxidation, lumpy electrodes, stationary mode, anode, electrochemical method.

Introduction. Phenol which is also called oxybenzene, monohydroxybenzene or phenyl hydroxide has a weak acidity ($K_a=10^{-10}$) and specific fragrance. Phenolic compounds exist in some plants' structure such thyme, carnation and anise. It has been using in multipurpose fields like pesticides, making synthetic resins, perfumes, solvents, pharmaceuticals, dyes, lubricating oils and synthetic tanning agents. It had also used as drug for itching treatments in earlier ages. On the other hand its higher doses have found quite harmful and toxic for the human health in the last decades. Due to the facile solubility in water at room temperature (approximately 9g/100mL) and being miscible with any percentages at more than 65 ^oC are the main problems for the running water, lakes, seas etc. contaminated by petroleum or any reasons [1-3].

The production of phenol in each year is over 3 million tons so its pollution can't be ignored at all. The human central nervous system, lungs and kidneys are being damaged because of the long-term exposure. Thus, the phenol is classified as a water hazard substance in many countries. The allowed concentration of phenol is only 0.5 mg/L in drinking water. [4]

Purification of wastewater from phenol and its derivatives has carried out by a great number of techniques in particular with chemical oxidation with hydrogen peroxide, ozone [1, 2]. There is a great number of researches devoted to electrochemical oxidation of phenol which cause water contamination for the demand of human being [5-8].

The basic process of purification of water has applied not with direct oxidation of phenol, but also the usage of hydrogen peroxide reagent as it is described as a Fenton's reagent [2, 9-11]. Phenol oxidation has researched on with various modified electrodes by scientists [12-14]. It has been difficult to provide deep cleaning to electrodes in direct oxidation process due to the small contact area with solution that cause decreasing of final installation amount phenol. In the case of application of lumpy electrodes for the purification, it facilitates the handicaps with the aid of using a surge current which essentially reduces the voltage and allows achieving without a rectifier [15]. The lumpy electrodes lead us to remove phenol and

its derivatives from wastewater with an efficient manner. Its structure and purification mechanism have significant and novel properties. The surface of electrodes has been increased and also the recycling of purification process has increased [16-20].

Despite the abundance of investigations on purification of phenol from wastewater, it is really difficult to conclude that the exact procedure has obtained. Because the water structure is unique in each specific case, and deep cleaning requires expensive reagents further recycling operations. So that it shows the all necessity of the further researches of accessible technologies about the purification treatments.

In the present paper, we report the construction of lumpy electrode system which newly used by our research team that provide an effective purification method for phenol from wastewater contaminants. Without requiring additional oxidizing reagents this procedure shows a durable and recyclable aspect.

Materials and Method. Phenol oxidation in a stationary mode was carried out in four-sectional electrolyzer with the each of 75 mL capacity. Anode chambers were equally filled with lumpy electrodes derived from graphite and were split from cathode section by porous partitions. Graphite cores were also completely added into cathode chambers to use as cathode. The construction of lumpy electrode packed system was depicted in Figure 1.

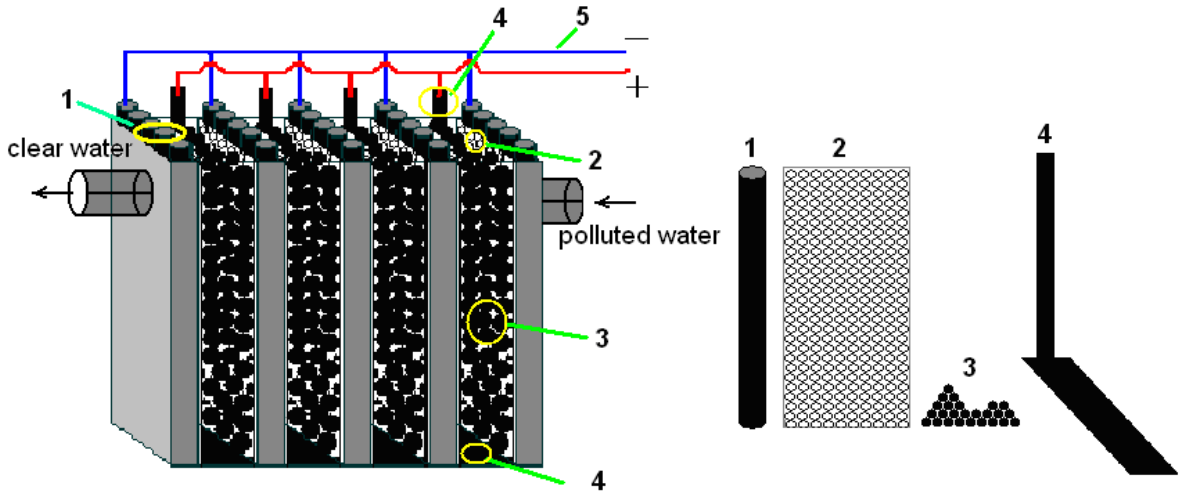


Figure 1 – Construction of lumpy electrode packed system for purification:
1 – Graphite rods/electrodes, 2 – Plastic walls with apertures, 3 – Lumpy graphite electrodes,
4 – Current supplier of graphite anode, 5 – Current supplier of cathode (stainless steel)

It is necessary to put free space between cathode and anode electrode chambers for exact cleaning in the given mode. The voltage was moved from an alternating current network through the laboratory auto transformer to adjust current in system. One rectifier diode was also integrated to the system that resulted a creation of the unidirectional pulsing anode current on lumpy electrodes in an anode chambers, and also on electrodes in cathode chambers. Demanded voltage for purification essentially increases when the electrodes connected in parallel type with consecutive connection (Figure 2).

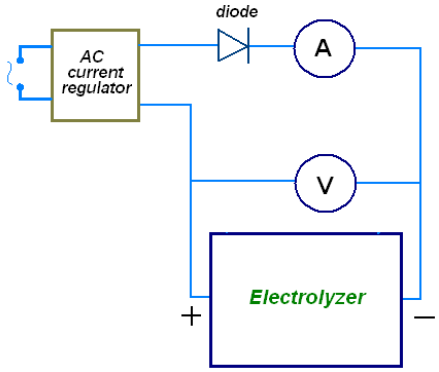


Figure 2 –
General representation of electrical circuit
for electrolysis of phenol purification

Phenol containing model solutions for research was prepared between the range of 10-50 mg/L and sodium sulfate was selected about 0,25-2,0 g/L. Phenol concentration was defined photometrically.

Result and Discussion. The influence of current density onto the anodic lumpy electrodes versus the degree of electrochemical destruction of phenol is illustrated in Figure 3. Prior to the current density 115 A/m^2 linear growth of degree of purification is observed. The current strength was 2A, for simplification of calculations the current density was calculated not on the volume area, but on the area of a surface of frontier electrodes.

However at using of lumpy electrodes it is possible to assume that they work as volume electrodes [11].

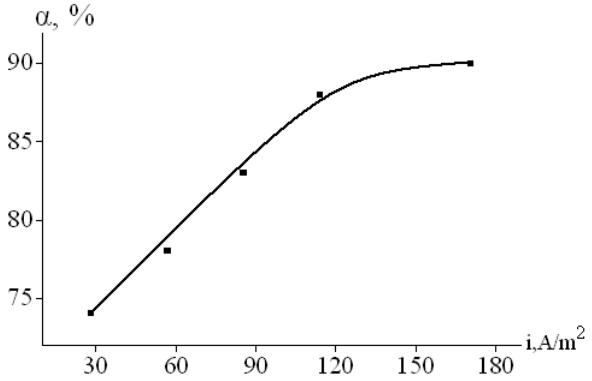


Figure 3 – The purification percentages of phenol at different current densities ($C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, Na_2SO_4 = 1 g/L, τ = 10 min)

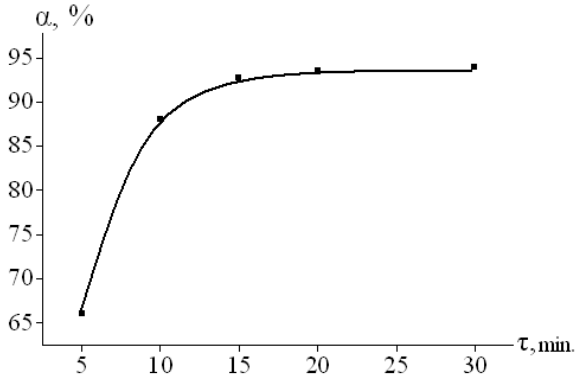


Figure 4 – Degree of purification from phenol from electrolysis duration. ($C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, Na_2SO_4 = 1 g/L, i = 115 A/m^2)

As it can be clearly seen in Figure 4, the amount of electrolysis degree of purification practically doesn't change after 15 minutes. The quick reduction of phenol concentration in a solution in first 10 minutes explains that full phenol destruction will be reached after longer time under purification conditions. So after that it will be more practical to clean residual concentration by other methods.

Influence of initial concentration of phenol onto the degree of purification under other constant conditions was investigated. According to Figure 5, as one would expect, increasing the maintenance of phenol in modeling solutions reduces the degree of purification.

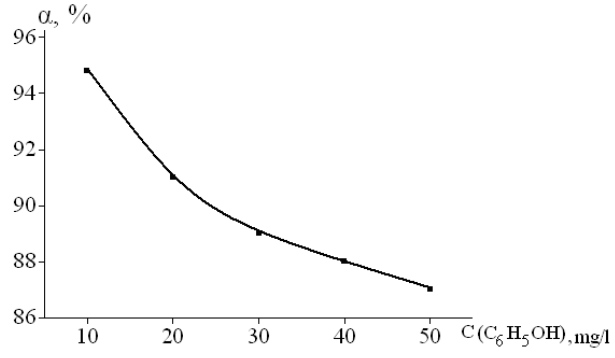


Figure 5 – Degree of purification ability at various initial phenol concentrations (τ = 10 min, Na_2SO_4 = 1g/l, i = 115 A/m^2)

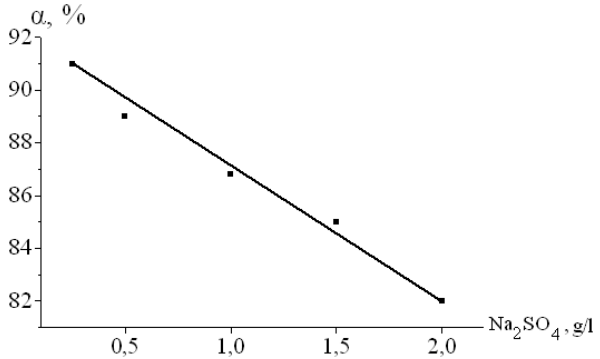


Figure 6 – Degree of purification from phenol at various sodium sulfate concentrations. (τ = 15 min, $C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, i = 115 A/m^2)

Since sodium sulfate has been chosen as a background, it was necessary to explore the effect of it for this employed process. Background concentration was changed in a range of 0,25-2,0 g/L, and as it is apparently seen from Figure 6, increasing the salt concentration reduces efficiency of process. However, the voltage between anode and cathode electrodes inherently decreases in the case of adding more sodium sulfate salt.

It is also mandatory to control one more important parameter that is known as pH value for purification of wastewater. Because aqueous solutions of phenols have acidic reaction, in particular it is adjusted to 5,5 of pH value for the purification of 50 mg/L phenol concentration. It is obtained that after electrolysis in first 10 minutes pH displaced to 3,3 in the sour medium. The influence of sodium hydroxide concentration in the range of 50-300 mg/L was studied for acidity adjustment. Table 1 shows the pH of the solution after electrolysis in the presence of alkali.

Table 1 – Influence of the sodium hydroxide concentration on the pH after electrolysis

NaOH, mg/L	50	100	150	200	300
pH	5,6	6,3	6,4	6,6	6,8
Note: τ=15min, $C_н(C_6H_5OH)$=50 mg/L, i=115 A/m^2.					

Thus, as it is shown in Figure 7, there was also a minor alteration for degree of purification, and the process was accompanied by voltage increasing on 0,5 B.

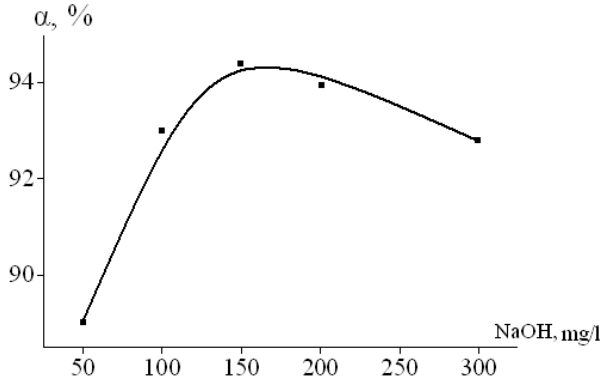


Figure 7 – Degree of purification of phenol from various concentrated sodium hydroxide solutions (τ = 15 min, $C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, i = 115 A/m^2, Na_2SO_4 = 1g/L)

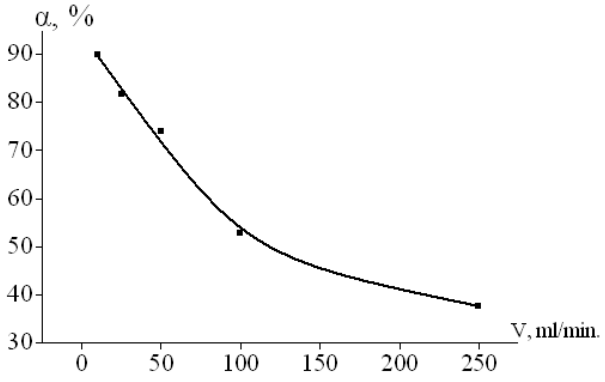


Figure 8 – Degree of phenol purification versus flowing speed ($C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, i = 115 A/m^2, Na_2SO_4 = 1g/L)

It was also enlightened that flowing speed of phenol during the purification process in the volume of 1,5 L from 9 sections. By the way, each chamber has also 75 mL volume. In addition electrode chambers were divided by impenetrable partitions to provide electrolyte passing completely through electrolyzer chambers, instead of through them. The amount of the modeling solution passing from was adjusted 1 liter. In appearance, the scale of the removing the phenol from water decreased proportionally (Figure 8).

Also phenol concentration has been measured in various sections of electrolyzer, and apparently from Figure 9, degree of purification grows proportionally to section numbers added.

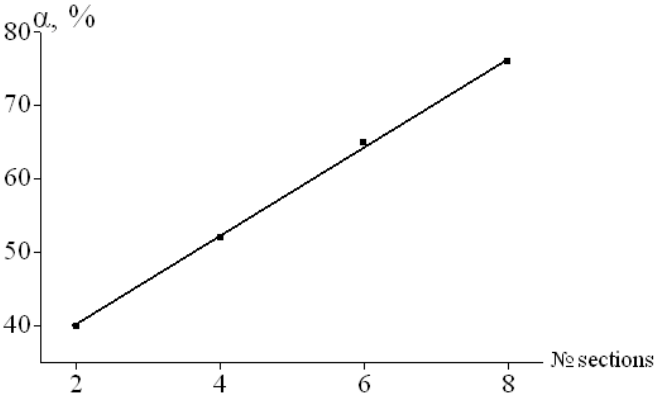


Figure 9 – Degree of purification from phenol in various sections in a flowing mode. ($C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, i = 115 A/m^2, Na_2SO_4 = 1g/L)

In table 2, it is summarized the information about influences of some parameters onto the electrolysis conditions such; voltage between electrodes, pHs after electrolysis, temperature change of electrolyte, degree of purification in a stationary mode.

Table 2 – Influence of various parameters for purification after electrolysis

i, A/m^2	28	56	84	115	140
$C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, Na_2SO_4=1 g/L, τ=10min	U=2V pH=5,0 Δt=2^{0}C α=74,6%	U=3,5V pH=4,4 Δt=4^{0}C α=78,3%	U=5,5V pH=3,7 Δt=6^{0}C α=83,3%	U=7,4V pH=3,7 Δt=7^{0}C α=88,0%	U=10,6V pH=3,5 Δt=10^{0}C α=90,0%
τ, min	5	10	15	20	30
$C_н(C_6H_5OH)$ = 50 mg/L, Na_2SO_4=1 g/L, i=115 A/m^2	U=8V pH=3,5 Δt=3^{0}C α=66,1%	U=7,4V pH=3,7 Δt=7^{0}C α=88,0%	U=8V pH=3,6 Δt=10^{0}C α=92,8%	U=8V pH=3,7 Δt=16^{0}C α=93,5%	U=8V pH=3,7 Δt=22^{0}C α=94,1%
$C_н(C_6H_5OH)$, mg/L	10	20	30	40	50
τ=10 min, Na_2SO_4=1 g/L, i=115 A/m^2	U=8,2V pH=4,8 Δt=13^{0}C α=94,8%	U=8V pH=3,7 Δt=12^{0}C α=91,0%	U=7,6V pH=3,6 Δt=14^{0}C α=89,3%	U=7,3V pH=3,5 Δt=13^{0}C α=88,0%	U=7,4V pH=3,7 Δt=7^{0}C α=88,0%
Na_2SO_4 g/L	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
τ=15 min, $C_н(C_6H_5OH)$ =50 mg/L, i=115 A/m^2	U=16V pH=3,6 Δt=24^{0}C α=91,1%	U=12V pH=3,3 Δt=19^{0}C α=89,0%	U=8,2V pH=3,4 Δt=13^{0}C α=86,8%	U=6,5V pH=3,4 Δt=14^{0}C α=85,8%	U=5,7V pH=3,9 Δt=11^{0}C α=82,7%
NaOH, mg/L	50	100	150	200	300
τ=15min, $C_н(C_6H_5OH)$=50 mg/L, i=115 A/m^2, Na_2SO_4=1 g/L	U=8,5V pH=5,0 Δt=13^{0}C α=89,0%	U=8,5V pH=6,3 Δt=12^{0}C α=93,6%	U=8,4V pH=6,4 Δt=12^{0}C α=94,4%	U=8,2V pH=6,6 Δt=13^{0}C α=93,6%	U=7,5V pH=6,8 Δt=13^{0}C α=92,8%
Note: These results are for a stationary mode.					

Conclusion. Thus, direct oxidation of phenol on lumpy electrodes at polarization by a surge current has following advantages before other electrochemical methods: it is not required additional oxidizing reagents, not spent cheap graphite electrodes are used, isn't required the straightening equipment, probably consecutive connection of several electrolyzers, if necessary.

REFERENCES

[1] C. Canton, S. Esplugas, J. Casado, Mineralization of phenol in aqueous solution by ozonation using iron or copper salts and light, Applied Catalysis B: Environmental, 43 (2003) 139-149.

[2] S. Esplugas, J. Gimenez, S. Contreras, E. Pascual, M. Rodríguez, Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation, Water Research, 36 (2002) 1034-1042.

[3] H. Shemer, Y.K. Kunukcu, K.G. Linden, Degradation of the pharmaceutical Metronidazole via UV, Fenton and photo-Fenton processes, Chemosphere, 63 (2006) 269-276.

[4] B. Iurascu, I. Siminiceanu, D. Vione, M. Vicente, A. Gil, Phenol degradation in water through a heterogeneous photo-Fenton process catalyzed by Fe-treated laponite, Water research, 43 (2009) 1313-1322.

[5] S. Ahmed, M.G. Rasul, W.N. Martens, R. Brown, M.A. Hashib, Heterogeneous photocatalytic degradation of phenols in wastewater: A review on current status and developments, Desalination, 261 (2010) 3-18.

[6] Q. Dai, L. Lei, X. Zhang, Enhanced degradation of organic wastewater containing p-nitrophenol by a novel wet electrocatalytic oxidation process: Parameter optimization and degradation mechanism, Separation and Purification Technology, 61 (2008) 123-129.

[7] U.D. Patel, S. Suresh, Electrochemical treatment of pentachlorophenol in water and pulp bleaching effluent, Separation and Purification Technology, 61 (2008) 115-122.

[8] M.L. Soto, A. Moure, H. Domínguez, J.C. Parajó, Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review, Journal of Food Engineering, 105 (2011) 1-27.

[9] R. Chand, N.H. Ince, P.R. Gogate, D.H. Bremner, Phenol degradation using 20, 300 and 520kHz ultrasonic reactors with hydrogen peroxide, ozone and zero valent metals, Separation and Purification Technology, 67 (2009) 103-109.

[10] V. Kavitha, K. Palanivelu, The role of ferrous ion in Fenton and photo-Fenton processes for the degradation of phenol, Chemosphere, 55 (2004) 1235-1243.

[11] V. Kavitha, K. Palanivelu, Degradation of nitrophenols by Fenton and photo-Fenton processes, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 170 (2005) 83-95.

[12] S. Andreescu, D. Andreescu, O.A. Sadik, A new electrocatalytic mechanism for the oxidation of phenols at platinum electrodes, Electrochemistry communications, 5 (2003) 681-688.

[13] A. Dabrowski, P. Podkościelny, Z. Hubicki, M. Barczak, Adsorption of phenolic compounds by activated carbon—a critical review, Chemosphere, 58 (2005) 1049-1070.

[14] Y. Wang, K. Chan, X. Li, S. So, Electrochemical degradation of 4-chlorophenol at nickel–antimony doped tin oxide electrode, Chemosphere, 65 (2006) 1087-1093.

[15] J. He, H. Yu, B. Fugetsu, S. Tanaka, L. Sun, Electrochemical removal of bisphenol A using a CNT-covered polyester yarn electrode, Separation and Purification Technology, 110 (2013) 81-85.

[16] C. Belaid, M. Khadraoui, S. Mseddi, M. Kallel, B. Elleuch, J.F. Fauvarque, Electrochemical treatment of olive mill wastewater: Treatment extent and effluent phenolic compounds monitoring using some uncommon analytical tools, Journal of Environmental Sciences, 25 (2013) 220-230.

[17] R. Berenguer, J.P. Marco-Lozar, C. Quijada, D. Cazorla-Amorós, E. Morallón, Electrochemical regeneration and porosity recovery of phenol-saturated granular activated carbon in an alkaline medium, Carbon, 48 (2010) 2734-2745.

[18] Y.-h. Cui, X.-y. Li, G. Chen, Electrochemical degradation of bisphenol A on different anodes, Water research, 43 (2009) 1968-1976.

[19] G. Gao, C.D. Vecitis, Electrocatalysis aqueous phenol with carbon nanotubes networks as anodes: Electrodes passivation and regeneration and prevention, Electrochimica Acta, 98 (2013) 131-138.

[20] H. Ma, X. Zhang, Q. Ma, B. Wang, Electrochemical catalytic treatment of phenol wastewater, Journal of Hazardous Materials, 165 (2009) 475-480.

М. Ж. Журинов, А. Б. Баешов, Н. С. Иванов, Т. Э. Гаипов, У. А. Абдувалиева, А. Е. Конурбаев, Б. Э. Мырзабеков, Н. Б. Сарсенбаев

Д. В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан

ИМПУЛЬСТІ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАНҒАН ФЕНОЛДЫҢ ТҮЙІРШІКТІ ЭЛЕКТРОДТАРДА ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҒУЫ

Аннотация. Өндірістік ағызынды суларда кеңінен таралған фенолдан тазалау процессі зерттелді. Мұнай бөліп алынғаннан соң қалған ерітінді зерттеу үшін ағызынды су ретінде қолданылды. Бұл ағызынды суда зиянды ластағыштар болғаны себепті он қайта қолдану барысында бір қатар қиындықтар туады, сол себепті бұл мәселе шешуді талап етеді. Бұл мәселені шешу үшін біз түйіршікті электродтарды қолдана отырып импульсті токпен поляризациялау әдісін қолдандық. Фенолдың тотығун стационарлы режимде, әр секцияның көлемі 75 мл болған төрт секциялы электролизерде жүргіздік. Анодты камералар графиттан тұратын түйіршікті электродтармен толтырылып, катодты камералардан кеуекті бөліктермен ажыратылған. Ал катодты камералар катод қызметін атқаратын графит таяқшаларымен толтырылды. Құрамында фенол бар ерітіндіні зерттеу мақсатында модельдеу үшін 10-50 мг/л натрий сульфаты фон ретінде алынып, 0,25-2,0 г/л-ге дейін келтіріліп отырды. Фенол концентрациясы фотометриялық әдіспен анықталды. Импульсті токпен поляризациялай отырып түйіршікті электродтар қатысында фенолдың тура тотығу әдісі бұдан алдыңғы электрохимиялық әдістермен салыстырғанда анағұрлым артықшылықтары бар.

Түйін сөздер: фенол, электрохимиялық тотығу, түйіршікті электродтар, стационарлы режим, анод, электрохимиялық әдіс.

М. Ж. Журинов, А. Б. Баешов, Н. С. Иванов, Т. Э. Гаипов, У. А. Абдувалиева, А. Е. Конурбаев, Б. Э. Мырзабеков, Н. Б. Сарсенбаев

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского», Алматы, Казахстан

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФЕНОЛА НА КУСКОВЫХ ЭЛЕКТРОДАХ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ

Аннотация. Исследован процесс очистки от фенола, являющегося одним из самых распространенных загрязняющих веществ в промышленных сточных водах. Отобранные сточные воды были получены из оставшейся части раствора после добычи нефти. Это является основной проблемой для повторного использования воды, так как она содержит ядовитые загрязнения, и это требует срочного решения. Для решения этой проблемы нами использовались кусковые электроды и поляризация импульсным током. Окисление фенола в стационарном режиме проводили с помощью четырехсекционного электролизера, каждый из которых имел емкость объемом 75 мл. Анодные камеры были одинаково заполнены кусковыми электродами, полученными из графита, и они были отделены от катодных камер пористыми делениями. Катодные камеры также были полностью заполнены графитовыми стержнями, которые использовались в качестве катодов. Для исследования фенолосодержащих растворов для моделирования было выбрано 10-50 мг/л сульфата натрия в качестве фона, и было отрегулировано в соотношении 0,25-2,0 г/л. Концентрацию фенола определяли фотометрически. Прямое окисление фенола на кусковых электродах при поляризации импульсным током имеет значительные преимущества по сравнению с предыдущими электрохимическими методами.

Ключевые слова: фенол, электрохимическое окисление, кусковые электроды, стационарный режим, анод, электрохимический метод.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 207 – 216

UDC 662.767.2

J. V. Karaeva[1], I. A. Varlamova[1], Y. V. Litti[2], D. A. Kovalev[3], G. E. Sakhmetova[4], M. I. Sataev[4]

[1]Federal State Budgetary Institution of Science Kazan Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia,
[2]Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Federal Research Center "Fundumentals of Biotechnology" Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
[3]Federal Government Budgetary Institution of Science "Federal scientific agroengeneering centre VIM", Moscow, Russia,
[4]M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakstan.
E-mail: julieenergy@list.ru, irenavarlam@gmail.com, litty-yuriy@mail.ru, kovalev_da80@mail.ru, 17-07-70@mail.ru

RAPID ASSESSMENT OF ORGANIC LOADING RATE FOR A SEMI-CONTINUOUS ANAEROBIC DIGESTER

Abstract. This paper presents a mathematical model for analysis of biogas yield in a semi-continuous anaerobic digester. The main criteria for monitoring and evaluating the effectiveness of anaerobic digestion of different substrates in a semi-continuous anaerobic digester are the cumulative biogas yield and biogas production rate in a batch reactor. Different organic loading rates (OLR) for mono-substrates and their mixtures were analyzed for obtaining the maximum specific biogas yield in a semi-continuous digester.

Keywords: biomass energy; semi-continuous digester, organic loading rate, mathematical model, modified Gompertz model.

Introduction. Organic Loading Rate (OLR) is an important operational parameter which represents the biological conversion capacity of an anaerobic digestion system [1]. It is indeed a control parameter in semi-continuous systems. It has been established that the anaerobic digester runs inefficiently with low OLR, while with high OLR, there exists a risk of system failure due to overloading [2]. Researches in this area indicate that the methanogenic processes can be intensified by increasing the OLR and decreasing the hydraulic retention time (HRT) [3, 4, 5]. In [6] OLR increased 6 times during the digestion of olive mill solid residue. This led to an increase in the biogas productivity of more than 400%. According to literature data, the optimum OLR depends on the type of the substrate being digested, and on the total solids concentration of the substrate [3, 5, 7 - 12].

Even in modern anaerobic processes the OLR value greatly affects the performance of the digester [13-16].

Determination of the optimal OLR value for effective anaerobic digestion process in a semi-continuous digester is always based on long-term experimental studies [9, 17]. For example, in the PhD thesis of Hassan, the experimental study lasted 150 days in order to determine the yield of biogas from co-substrates with an OLR in the range from 1 to 5 kg $VS \cdot m^{-3} \cdot day^{-1}$ [3]. In study [18] two different concentrations of OLR (0.7 and 1.4 kg $VS \cdot m^{-3} \cdot day^{-1}$) were investigated to examine the effect of the change in the organic loading rate on the efficiency of the biogas production from grass and cattle slurry. The experimental study lasted 26 week. The feasibility of spent mushroom compost as a co-substrate in anaerobic digestion was investigated for 90 days [19]. 140 days of continuous experiment were required to assess the impact of OLR in the range of 1.0-5.0 kg $VS \cdot m^{-1}$ day^{-1} on the biogas yield [1].

As can be seen from the above, long periods of time are required for carrying out these processes, which makes the experiment challenging. It should be noted that additional experimental studies are supposed to be conducted even for the same substrate, but with different content of volatile solids (VS). In addition, advance of the co-digestion process in biogas technology makes it necessary to study a variety of anaerobic digestion systems and assess the specific biogas yield, depending on the OLR. Thus, it becomes important to use simulation models to predict the operation of digesters. It is possible to estimate the time characteristics of the operational parameters of a biogas plant on the basis of a model for semi-continuous process for the various organic loading conditions without interfering with plant operation.

The aim of this work is to develop a mathematical model that allows to conduct a rapid assessment of the specific biogas yield in a semi-continuous digester at different OLRs, using experimentally derived equation of biogas production in a batch reactor.

Mathematical model. We consider the work of a semi-continuous digester under the following assumptions:

- continuous mechanical mixing is carried out in the digester assuming that in this case the mixing intensity allows us to neglect the spatial in homogeneity of concentration;
- loaded substrate has the same concentration as the liquid in the digester.

The biogas yield rate depends on the retention time in the digester. All calculating formulas are based on the function of biogas yield for batch digester $F(t)$ depending on retention time. $f(t) = dF/dt$ – function of biogas yield rate. The function $F(t)$ can be obtained experimentally or described by analytical function. For example, the Gompertz equation quite well describes the biogas yield.

Modified Gompertz model was used by many authors to describe the methane yield from various organic substrates in the batch systems [20-26]. The modified Gompertz equation has the form:

$$F(t) = P\exp\left\{-\exp\left[\frac{R_{max}\cdot e}{P}(\lambda - t) + 1\right]\right\} \quad (1)$$

Thus, the calculating formulas of the cumulative biogas yield in a batch digester are used to analyze the *uniform* and *non-uniform loading* of semi-continuous digester.

Initially, we consider the simplest case of a *uniform loading*: loading of even substrate volumes equal to $1/n$ part of the total anaerobic digester with a periodicity Δt equal to the time interval h_t (usually one day).

We get the recurrence formula for cumulative biogas yield of a semi-continuous digester $\widetilde{F}(t)$.

For t=0 $\quad \widetilde{F}(0) = \widetilde{F}_0 = F(0);$

For $t = h_t$ $\quad \widetilde{F}(1\cdot h_t) = \widetilde{F}_1 = \widetilde{F}(0) + \int_0^{h_t} f(t)dt = F(0) + F(h_t) - F(0) = F(h_t) = F_1;$

For $t = 2h_t$ fraction of the loaded portion of the total volume $V_1^2 = \frac{1}{n}$, and fraction of the substrate which is in an anaerobic digester for a period of time between h_t and $2h_t$ is equal to $V_2^2 = 1 - \frac{1}{n}$ then

$$\widetilde{F}(2h_t) = \widetilde{F}_2 = \widetilde{F}_1 + \frac{1}{n}\int_0^{h_t} f(t)dt + \left(1 - \frac{1}{n}\right)\int_{h_t}^{2h_t} f(t)dt = \widetilde{F}_1 + \frac{1}{n}(F_1 - F_0) + \left(1 - \frac{1}{n}\right)(F_2 - F_1) \quad (2)$$

For $t = 3h_t$ fraction of the loaded portion of the total volume $V_1^3 = \frac{1}{n}$; fraction of the substrate which is in an anaerobic digester for a period of time between h_t and $2h_t$ is equal to $V_2^3 = \left(1 - \frac{1}{n}\right)V_1^2$; fraction of the substrate which is in an anaerobic digester for a period of time between $2h_t$ and $3h_t$ is equal to $V_3^3 = \left(1 - \frac{1}{n}\right)V_2^2$ then

$$\widetilde{F}(3h_t)=\widetilde{F}_3=\widetilde{F}_2+\frac{1}{n}\int_0^{h_t}f(t)dt+\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)\int_{h_t}^{2h_t}f(t)dt+\left(1-\frac{1}{n}\right)^2\int_{h_t}^{2h_t}f(t)dt=$$

$$=\widetilde{F}_2+\frac{1}{n}(F_1-F_0)+\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)(F_2-F_1)+\left(1-\frac{1}{n}\right)^2(F_3-F_2) \quad (3)$$

and etc.

For $t=mh_t$ $\quad V_1^m=\frac{1}{n};\ V_i^m=\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-1}V_{i-1}^{m-1},\ i=2,3\ldots m$ or

$$V_i^m=\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-1},\ i=1,2\ldots m-1,\ V_m^m=\left(1-\frac{1}{n}\right)^{m-1} \quad (4)$$

$$\widetilde{F}_m=\widetilde{F}_{m-1}+\sum_{i=1}^{m-1}\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-1}(F_i-F_{i-1})+\left(1-\frac{1}{n}\right)^{m-1}(F_m-F_{m-1}) \quad (5)$$

We apply the principle of mathematical induction to verify the correctness of the obtained recurrence formulas (4)-(5).

1. $m=1$, $\widetilde{F}_1=\widetilde{F}_0+(F_1-F_0)=F_0+(F_1-F_0)=F_1$;

2. We get $\widetilde{F}_{m+1}$ from (3), (4):

$$V_1^{m+1}=\frac{1}{n};\ V_i^{m+1}=\left(1-\frac{1}{n}\right)V_{i-1}^m\ \ i=2,3\ldots m+1\ ,$$

or taking into account (4)

$$V_i^{m+1}=\left(1-\frac{1}{n}\right)\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-2}=\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-1},\ i=2,3\ldots m\ ,\ V_{m+1}^{m+1}=\left(1-\frac{1}{n}\right)^m \quad (6)$$

$$\widetilde{F}_{m+1}=\widetilde{F}_m+\sum_{i=1}^{m+1}V_i^{m+1}\cdot\int_{(i-1)h_t}^{ih_t}f(t)dt$$

Using (6) we finally obtain

$$\widetilde{F}_{m+1}=\widetilde{F}_m+\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-1}(F_i-F_{i-1})+\left(1-\frac{1}{n}\right)^{m}(F_{m+1}-F_m), \quad (7)$$

quod erat inveniendum.

If $\Delta t\neq h_t$ then by similar reasoning we can obtain the following recurrence formula for the biogas yield in the semi-continuous anaerobic digester.

$$\widetilde{F}_m=\widetilde{F}_{m-1}+\sum_{i=1}^{IN}\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-1}(F_{i+k-1}-F_{i+k-2})+(F_{IN+k}-F_{IN+k-1})\left(1-\frac{1}{n}\right)^{IN} \quad (8)$$

where $IN=\lfloor(m-1)/\Delta t\rfloor$, here $\lfloor\ \rfloor$ – denotes the operation of taking the greatest integer which is less than or equal to the number that is in parentheses.

The recurrence formula to determine the mean retention time in an anaerobic digester has the form

$$\widetilde{T}_m=\sum_{i=1}^{IN}\frac{1}{n}\left(1-\frac{1}{n}\right)^{i-1}((i-1)\Delta t+kh_t)+\left(1-\frac{1}{n}\right)^{IN}(IN\cdot\Delta t+kh_t), \quad (9)$$

here $\overline{T}_m$ – mean retention time in an anaerobic digester at the time $m\cdot h_t$.

We consider the case of *non-uniform loading* its volume and time are given in the tabular form. We denote the loading volume at the time $m\cdot h_t$ as $1/n_m$ part of the total digester volume. Then the recurrent formula for the cumulative biogas yield in the semi-continuous digester has the form

$$\widetilde{F}_m = \widetilde{F}_{m-1} + \sum_{i=1}^{m} (F_i - F_{i-1}) V_i^m \quad (10)$$

If the loading is not zero

$$V_i^m = V_{i-1}^{m-1} \left(1 - \frac{1}{n_m}\right),\ V_1^m = \frac{1}{n_m},\ V_1^1 = 1,\ i = 2,3...m \quad (11)$$

If the loading is zero

$$V_i^m = V_{i-1}^{m-1},\ V_1^m = 0,\ V_0^0 = 1,\ i = 1,2...m \quad (12)$$

The mean retention time at non-uniform loading is calculated by the following recurrence formula

$$\overline{T}_m = h_t \sum_{i=1}^{m} V_i^m \cdot i \quad (13)$$

where formulas (11) are used if the loading is not zero and if the loading is zero

$$\overline{T}_m = \overline{T}_{m-1} + h_t \quad (14)$$

For numerical calculations the program was written on Delphi. For the analysis of loading modes the function of cumulative biogas yield and biogas yield rate in the batch digester can be specified per kg of VS, kg of COD, kg of TS, kg of substrate and etc.

Verification of a mathematical model. For the validation of the obtained mathematical model we compared the calculated methane production rate with our experimental data and the reported by other authors [3, 17].

Verification of a model by comparison with obtained experimental data. For batch and semi-continuous experiments 12-liter continuously stirred laboratory digesters were used (fig. 1). The digesters had a cylindrical shape (inside diameter is 210 mm, height is 330 mm). Chicken wastes were collected from a Poultry Farm JSC "Kazan" (Russia). It was stored in a refrigerator at ±4 °C.

Volumetric biogas production was measured using MilliGascounters MGC-1 (Ritter, Germany). The concentration of the main components of biogas was analyzed with a GA2000 gas analyzer (Keison, UK). TS is defined as the mass which remains when the water content is removed by drying in an oven at 105°C until it maintains a constant mass. The determination of VS is achieved by heating the dry matter at 550°C for 3 hours.



Figure 1 – Lab-scale reactors (DBFZ, Germany)

The VS content of the substrates was adjusted at 10.5%. The results of the experiments under mesophilic batch conditions are demonstrated in Figures 2.

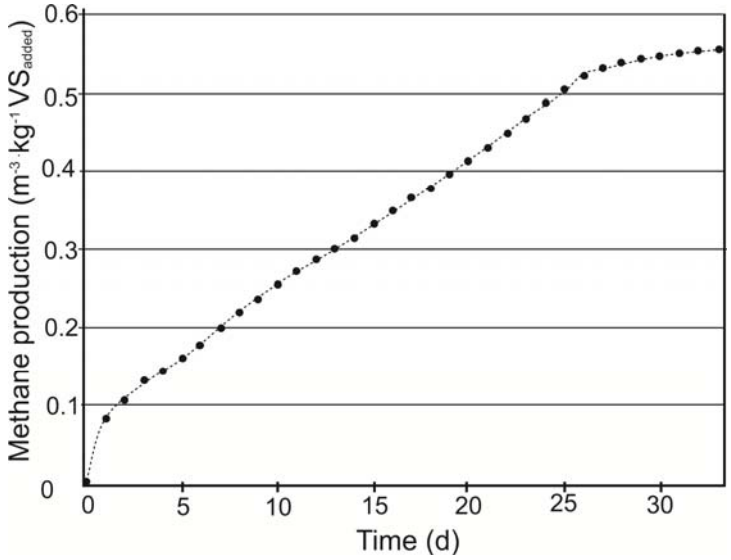


Figure 2 – Methane production potential of chicken manure

Methane production during the semi-continuous feeding experiment is shown in Figure 3.

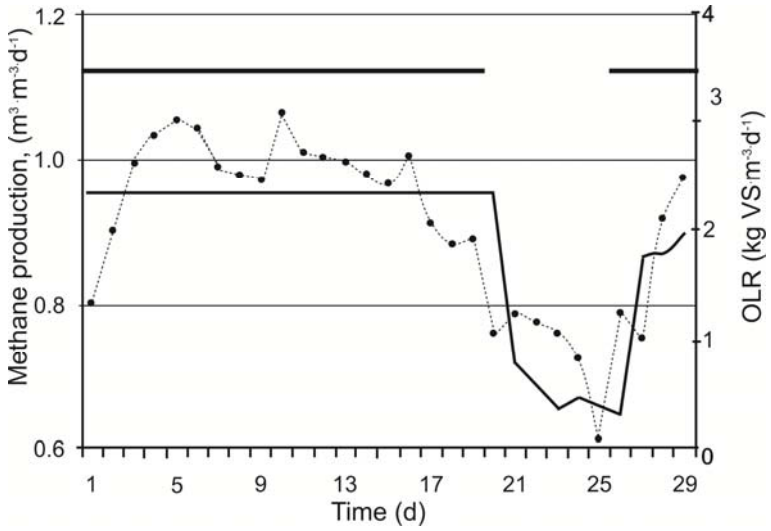


Figure 3 – Volumetric methane production: ── calculated; --●-- experimental; ▬ OLR

Experiment in a lab-scale semi-continuous digester lasted 33 days after steady-state biogas production was achieved. The organic loading rate was kept constant at 3.5 kg VS·m^{-3}·day^{-1}, except for the period from the 20th to 25th day of the experiment, when the substrate was not loaded.

The resulting calculated curve is in good agreement with the experimental curve.

Verification of a model by comparison with experimental data reported by other authors. Nayono (2009) published experimental data, where press water and food waste were used as substrates [17]. Meanwhile, the organic loading mode was non-uniform. Fig. 4 shows the experimental data and the theoretical curve obtained using a mathematical model. As can be seen from these results, the calculated curves agree with the experimental data.

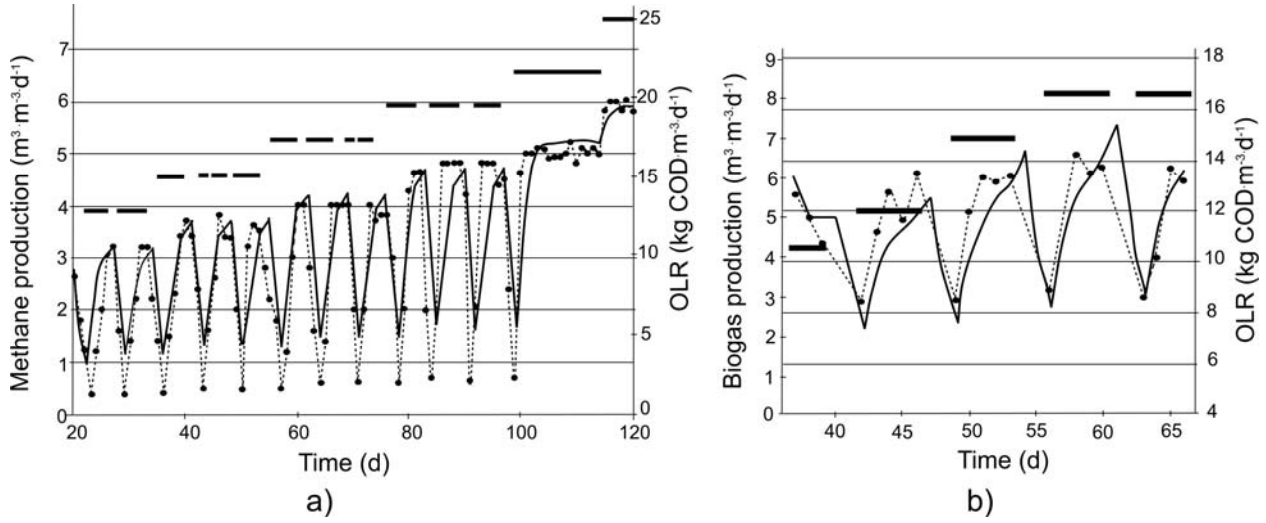


Figure 4 – Volumetric gas production:
—— calculated, --●— experimental (Nayono, 2009); ▬ OLR: (a) press water; (b) food waste

Forage beets silage and forage beets silage with manure were used as substrates in Hassan (2003) [3]. Experiments were carried out under thermophilic conditions. Experimental data and theoretical calculations are compared in Fig. 5.

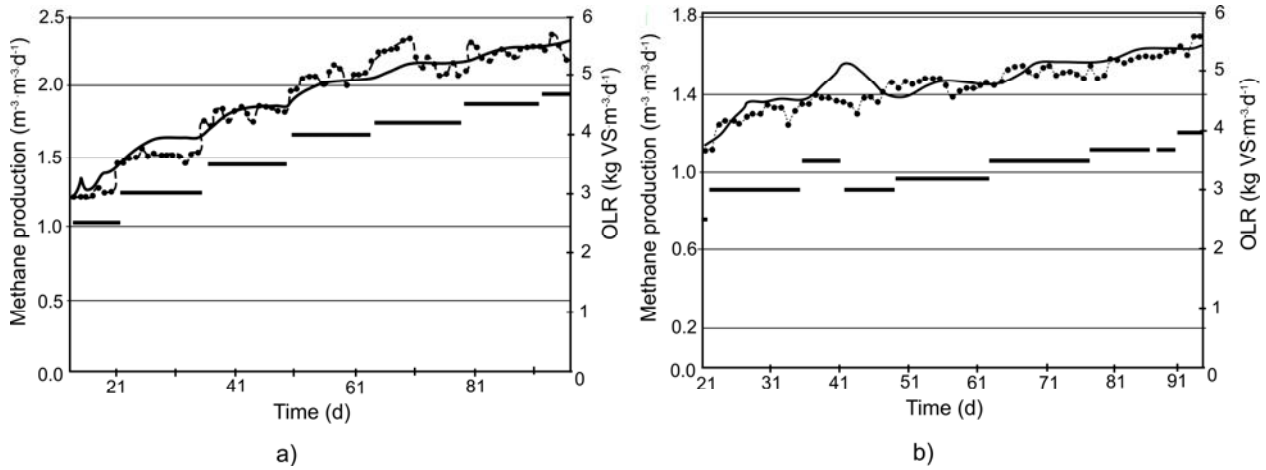


Figure 5 – Volumetric gas production:
—— calculated, --●— experimental (Hassan, 2003); ▬ OLR: (a) Forage beets silage; (b) Forage beets silage with manure.

Thus, as can be seen from these graphs, the calculated curves are in quite good agreement with the experimental data, which indicates the adequacy of the developed simulation model.

Results. Rapid assessment of specific biogas yield in a semi-continuous digester at different OLR was carried out on the basis of the proposed mathematical model and developed software.

The purpose of calculations was to determine the value of OLR for semi-continuous digester, which will provide the maximum specific biogas yield.

Biogas production rate and its yield from mono-digestion are defined by Gompertz modified model (Table 1). A study and optimization of methane production from mono-substrates in semi-continuous digester will help to develop the process procedure for operation of biogas plants.

Some substrates give higher yield of biogas then animal waste because they contain variety growth factors (such as amino acids and reducing sugars). Actually co-digestion allows increasing the yield of biogas. The yield of biogas is determined experimentally and specific to the various farms. Table 2 shows the parameters of the Gompertz model for multicomponent organic mixtures.

Table 1 – Parameters of the Gompertz model for mono-substrates

№	Substrate	VS, %	P, ml/g VS	R_m, ml/g VS/d	λ, d	Gas	Reference
1	Biological sludge (raw)	5.49	184	24	0	Methane	[27]
2	OFMSW (raw)	10.51	308	11.9	0	Methane	[27]
3	Grease waste (raw)	46.82	489	30.3	17.6	Methane	[27]
4	Spent grain (raw)	23.34	251	18.7	0.8	Methane	[27]
5	Cow manure (raw)	20.85	317	19.6	0	Methane	[27]
6	Food waste	24.67	613	80	0.9	Biogas	[28]
7	MSW	30.58	522	97	1.2	Biogas	[28]
8	Horse dung	6.8	254.5	37.87	9.03	Biogas	[29]
9	Swine manure	2	492.36	21.43	5.68	Methane	[30]
10	Food waste leachate	8.64	218.6	7.1	16.4	Methane	[30]
11	Chicken manure	6.97	383	36	1.67	Methane	[31]

Table 2 – Parameters of the Gompertz model for multicomponent mixtures

№	Substrate	VS, %	P, ml/g VS	R_m, ml/g VS/d	λ, d	Gas	Reference
1	Paper and biosolids	35.62	457	73	1.1	Biogas	[28]
2	MSW and paper	30.77	487	94	1.3	Biogas	[28]
3	MSW and biosolids	30.3	562	99	1.2	Biogas	[28]
4	Cow dung and horse dung	6.2	360	36.99	8.07	Biogas	[29]
5	Cow dung and horse dung	5.7	167.85	18.95	8.71	Biogas	[29]
6	Cattle manure and rumen fluids	10.495	172.51	3.89	7.25	Methane	[30]
7	Saw dust and cattle dung	6.75	579.3	20.74	6.22	Methane	[32]
8	Pig slurry and olive oil bleaching earth	7.37	334.21	13.15	14.45	Methane	[33]
9	Cattle dung and winemaking waste	3.83	338	14	11.58	Methane	[34]
10	Cattle dung and food waste	3.55	288	6	11.8	Methane	[34]
11	Cattle dung and biowaste	3.7	387	13	14.6	Methane	[34]

Period of calculation lasted 100 days, the organic loading rate ranged from 0.1 kg $VS \cdot m^{-3} \cdot day^{-1}$ to 15 kg $VS \cdot m^{-3} \cdot day^{-1}$. Table 3 shows the results of the calculation: the OLR value, providing the maximum specific biogas yield in semi-continuous digester; HRT; biogas production per fresh material (FM) and the biogas yield, $m^3 \cdot kg^{-1}$ VS.

As can be seen from Table 3, the optimal OLR values for various substrates vary over a wide range, from 0.6 to 10 kg $VS \cdot m^{-3} \cdot day^{-1}$. A variety of substrates and significant duration of the experiments lead to the need for using methods of rapid assessment of the specific biogas yield, depending on the OLR in a semi-continuous digester.

Table 3 – Mean results of the calculations for a semi-continuous digester

№	Substrate	OLR, kg VS·m^{-3}·d^{-1}	HRT, d	Biogas production, m^3·m^{-3} FM	Biogas yield, m^3·kg^{-1} VS
mono-digestion					
1	Biological Sludge (raw)	2	27	13.6	0.247
2	OFMSW (raw)	3	35	30.7	0.292
3	Grease waste (raw)	10	47	219.2	0.468
4	Spent grain (raw)	10	23	66.3	0.284
5	Cow manure (raw)	10	21	67.4	0.323
6	Food waste	10	25	121.7	0.493
7	MSW	10	31	140.3	0.459
8	Horse dung	3	23	10.0	0.147
9	Swine manure	0.6	33	9.7	0.486
10	Food waste leachate	3	29	10.8	0.125
11	Chicken manure	2	35	35.6	0.511
co-digestion					
1	Paper and biosolids	10	36	142.7	0.401
2	MSW and paper	10	31	131.6	0.428
3	MSW and biosolids	10	30	146.9	0.485
4	Cow dung and horse dung	3	21	11.9	0.192
5	Cow dung and horse dung	2	29	6.0	0.105
6	Cattle manure and rumen fluids	3	35	13.5	0.128
7	Saw dust and cattle dung	2	34	35.7	0.529
8	Pig slurry and olive oil bleaching earth	2	37	19.5	0.264
9	Cattle dung and winemaking waste	1	38	11.5	0.300
10	Cattle dung and food waste	1	36	6.5	0.183
11	Cattle dung and biowaste	1	37	10.7	0.290

Conclusion. A mathematical model was developed to analyze the biogas yield in a digester on the basis of the biogas yield in a batch reactor.

On the basis of the developed mathematical model and software, numerical calculations were carried out and OLR values, which provide maximum specific biogas yield in a semi-continuous digester, were obtained.

REFERENCES

[1] A.O. Adebayo, S.O. Jekayinfa, and B. Linke, "Effects of Organic Loading Rate on Biogas Yield in a Continuously Stirred Tank Reactor Experiment at Mesophilic Temperature", *British Journal of Applied Science & Technology*, vol. 11, pp. 1-9, **2015**. (in Eng.).

[2] J.F. Calzada, E. de Porres, A. Yurrita, M.C. de Arriola, F. de Micheo, C. Rolz, and J.F. Menchu, "Biogas production from coffee pulp juice: One and two-phase systems", *Agricultural Wastes*, vol. 9, pp. 217-230, **1984.**

[3] E.A. Hassan, *Biogas production from forage and sugar beets [Ph.D. dissertation]*, University of Kassel, Kassel, Germany, 170 p., **2003**.

[4] A. Karlsson, X.B. Truong, J. Gustavsson, B.H. Svensson, F. Nilsson, and J. Ejlertsson, "Anaerobic treatment of activated sludge from Swedish pulp and paper mills-biogas production potential and limitations", *Environ Technol*., vol. 32, pp. 1559-1571, **2011.**

[5] O. Pakarinen, *Methane and hydrogen production from crop biomass through anaerobic digestion [Ph.D. dissertation]*, University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland, 153 p., **2011.**

[6] B. Rincón, R. Borja, J.M. González, M.C. Portillo, and C. Sáiz-Jiménez, "Influence of organic loading rate and hydraulic retention time on the performance, stability and microbial communities of one-stage anaerobic digestion of two-phase olive mill solid residue", *Biochem. Eng. J.*, vol. 40, pp. 253– 261, **2008**.

[7] S.T. Ramesh, S. Jayanthi, and R. Gandhimathi, "Feasibility study on anaerobic digestion of garbage using lime pretreatment", *Jr. of Industrial Pollution Control*., vol. 24, pp. 123-128, **2008**.

[8] N. Sinbuathong, B. Sillapacharoenkul, R. Khun-Anake, and D. Watts, "Optimum organic loading rate for semi-continuous operation of an anaerobic process for biogas production from Jatropha curcas seed cake", *International Journal of Global Warming*, vol. 2, pp. 179 – 188, **2010**.

[9] Babaee A., and Shayegan J., "Effect of organic loading rates (OLR) on production of methane from anaerobic digestion of vegetables waste". *World Renewable Energy Congress*. Linköping, Sweden, 07 – 13 May **2011**.

[10] S. Tewelde, K. Eyalarasan, R. Radhamani, and K. Karthikeyan, "Biogas Production from Co-digestion of Brewery Wastes [BW] and Cattle Dung [CD]", *International Journal of Latest Trends in Agriculture and Food Sciences*, vol. 2, pp. 90-93, **2012**.

[11] S. Sarker, and H.B. Møller, "Boosting biogas yield of anaerobic digesters by utilizing concentrated molasses from 2nd generation bioethanol plant", *International Journal of Energy and Environment*, vol. 4, pp. 199-210, **2013**.

[12] P. Chetpattananondh, S. Chaiprapat, and C. Suksaroj, "Anaerobic digestion of pig manure and glycerol from biodiesel production", *International journal of energy and environment*, vol. 6, pp. 309-316, **2015**.

[13] Dareioti M., Vavouraki A.I., and Kornaros M., "Effect of organic loading rate on the anaerobic co-digestion of agroindustrial wastes in a two stage system", *3rd International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management.* Chania, Greece, 12-14 September **2012**.

[14] M.A. Latif, A. Ahmad, R. Ghufran, and Z.A. Wahid, "Effect of temperature and organic loading rate on upflow anaerobic sludge blanket reactor and CH4 production by treating liquidized food waste", *Environmental Progress & Sustainable Energy*, vol. 31, pp. 114–121, **2012**.

[15] P.G. Kougias, K. Boe, and I. Angelidaki, "Effect of organic loading rate and feedstock composition on foaming in manure-based biogas reactors", *Bioresource Technology*, vol. 144, pp. 1–7, **2013**.

[16] Y. Chen, B. Rößler, S. Zielonka, A.M. Wonneberger, and A. Lemmer, "Effects of Organic Loading Rate on the Performance of a Pressurized Anaerobic Filter in Two-Phase Anaerobic Digestion", *Energies,* vol. 7, pp. 736-750, **2014**.

[17] S. Nayono, *Anaerobic digestion of organic solid waste for energy production [Ph.D. dissertation],* Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany, 131 p., **2009.**

[18] P. Mähnert, M. Heiermann, and B. Linke, "Batch- and Semi-continuous Biogas Production from Different Grass Species", *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, vol. 7, pp. 1-11, **2005**.

[19] Ngan N.V.C., and Fricke K., "Improving the biogas application in the Mekong delta of Vietnam by using agricultural waste as an additional input material", *International Conference on Green Technology & Sustainable Development (GTSD 2012)*, Ho Chi Minh City, Vietnam, 29-30 September **2012**.

[20] V. Gadhamshetty, Y. Arudchelvam, N. Nirmalakhandan, and D.C. Johnson, "Modeling dark fermentation for biohydrogen production: ADM1-based model vs. Gompertz model", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 35, pp. 479–490, **2010**.

[21] B. Deepanraj, V. Sivasubramanian, and S. Jayaraj, "Kinetic study on the effect of temperature on biogas production using a lab scale batch reactor", *Ecotoxicol Environ Saf*., vol. 121, pp. 100 – 104, **2015**.

[22] L. Li, X. Kong, F. Yang, D. Li, Z. Yuan, and Y. Sun, "Biogas production potential and kinetics of microwave and conventional thermal pretreatment of grass", *Appl. Biochem. Biotechnol*., vol. 166, pp. 1183–1191, **2012**.

[23] A. Nopharatana, P.C. Pullammanappallil, and W.P. Clarke, "Kinetic and dynamic modelling of batch anaerobic digestion of municipal solid waste in a stirred reactor", *Waste Manage*., vol. 27, pp. 595–603, **2007.**

[24] J.D. Shin, S.S. Han, K.C. Eom, S. Sung, S.W. Park, and H. Kim, "Predicting methane production potential of anaerobic co-digestion of swine manure and food waste", *Environ. Eng. Res*., vol. 13, pp. 93–37, **2008**.

[25] D. Wu, Z. Yang, and G. Tian, "Inhibitory effects of Cu (II) on fermentative methane production using bamboo wastewater as substrate", *J. Hazard. Mater*., vol. 195, pp. 170-174, **2011**.

[26] I. Syaichurrozi, Rusdi, S. Dwicahyanto, and Y.S. Toron, "Biogas production from co-digestion vinasse waste and tofu-processing wastewater and kinetics", *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 6, №3, pp. 1057-1070, **2016**.

[27] R. Cano Herranz, *Pretreatment technologies to enhance solid wastes anaerobic digestion [Ph.D. dissertation]*, University of Valladolid, Valladolid, Spain, 197 p., **2014**.

[28] B. Zhu, P. Gikas, R. Zhang, J. Lord, B. Jenkins, and X. Li, "Characteristics and biogas production potential of municipal solid wastes pretreated with a rotary drum reactor", *Bioresour. Technol*., vol. 100, pp. 1122–1129, **2009.**

[29] M.O.L. Yusuf, A. Debora, and D.E. Ogheneruona, "Ambient temperature kinetic assessment of biogas production from co-digestion of horse and cow dung", *Res. Agr. Eng*., vol. 57, pp. 97–104, **2011**.

[30] T.A. Pozdniakova, J.C. Costa, R.J. Santos, M.M. Alves, and R.A. Boaventura, "Anaerobic biodegradability of Category 2 animal by-products: methane potential and inoculum source", *Bioresour. Technol.*, vol. 124, pp. 276 – 282, **2012**.

[31] Zh.K. Bakhov, K.U. Korazbekova, and A. Lemmer, "Simulation of methane production from agricultural waste using kinetic parameters of Gompertz", *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biological and medical*, vol. 5, pp. 92-98 (in Russian), **2013**.

[32] M.D. Ghatak, and P. Mahanta, "Comparison of kinetic models for biogas production rate from saw dust", *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 3, pp. 248–254, **2014**.

[33] Campos E., Flotats X., Casañé A., Palatsi J., and Bonmatí A., "Anaerobic codigestion of pig slurry with olive bleaching earth", *6th Workshop and Latin American Seminar «Anaerobic Digestion»*. Recife, Brazil, 5-9 November **2000.**

[34] K.U. Korazbekova, Zh.K. Bakhov, and A. Lemmer, "Investigation of kinetic parameters for methane production in organic waste treatment", News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biological and medical, vol. 6, pp. 18-24 (in Russian), **2013**.

Ю. В. Караева[1], И. А. Варламова[1], Ю. В. Литти[2],
Д. А. Ковалёв[3], Г. Е. Сахметова[4], М. И. Сатаев[4]

[1]Ресей ғылым академиясының Қазан ғылыми орталығы, Қазан, Ресей,
[2]С. Н. Виноградский атындағы микробиология институты, Мәскеу, Ресей,
[3] ВИМ агроинженерияның Федералдық зерттеу орталығы, Мәскеу, Ресей,
[4]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан

ЖАРТЫЛАЙ ҮЗДІКСІЗ МЕТАНТЕНК ҮШІН ОРГАНИКАЛЫҚ ЗАТТАР БОЙЫНША ЖҮКТЕУДЫҢ ЭКСПРЕСС-БАҒАЛАУ

Аннотация. Осы жұмыста жартылай үздіксіз анаэробты реактордан биогаздың шығуын талдауға математикалық моделі ұсынылған.

Жартылай үздіксіз метантенк жағдайында түрлі субстраттарды анаэробты ашытудың мониторингі мен тиімділігін бағалау үшін газдың шығуы және периодты әрекет ететін реакторда биогазды өндіру жылдамдығы болып табылады. Максималды меншікті биогазды алу үшін моно-субстраттар мен олардың қоспалары үшін жартылай үздіксіз реакторда әр түрлі органикалық жүктеу жылдамдығы талданды.

Түйін сөздер: биомасса энергиясы; жартылай үздіксіз реакторы, жүктеудын органикалық жылдамдығы, математикалық модель, модификацияланған Гомпертц моделі.

Ю. В. Караева[1], И. А. Варламова[1], Ю. В. Литти[2],
Д. А. Ковалёв[3], Г. Е. Сахметова[4], М. И. Сатаев[4]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Казанский научный центр
Российской академии наук, Казань, Россия,
[2]Федеральный исследовательский центр фундаментальных основ биотехнологии РАН
Институт микробиологии им С. Н. Виноградского, Москва, Россия,
[3]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
"Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ", Москва, Россия,
[4]Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

ЭКСПРЕСС ОЦЕНКА НАГРУЗКИ ПО ОРГАНИЧЕСКОМУ ВЕЩЕСТВУ ДЛЯ МЕТАНТЕНКА ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Аннотация. В работе представлена математическая модель, позволяющая анализировать выход биогаза в метантенке полунепрерывного действия. Основными критериями, которые используются для мониторинга и оценки эффективности анаэробного сбраживания различных субстратов в метантенке полунепрерывного действия, являются кумулятивный выход биогаза и скорость выхода биогаза в реакторе периодического действия. Проведен анализ различных вариантов нагрузки по органическому веществу (organic loading rate, OLR) для моно-субстратов и смесей, направленный на получение максимального удельного выхода биогаза в метантенке полунепрерывного действия.

Ключевые слова: энергия биомассы; полунепрерывного реактора, органические скорость загрузки, математическая модель, модифицированная модель Гомпертца.

Сведения об авторах:

Караева Юлия Викторовна – старший научный сотрудник лаборатории энергетических систем и технологий. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Казанский научный центр Российской академии наук (КазНЦ РАН), Казань, Россия

Варламова Ирина Александровна – младший научный сотрудник. лаборатории Энергетических систем и технологий. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Казанский научный центр Российской академии наук (КазНЦ РАН), Казань, Россия

Литти Юрий Владимирович – старший научный сотрудник лаборатории микробиологии антропогенных мест обитания, Федеральный исследовательский центр фундаментальных основ биотехнологии РАН Институт микробиологии им С.Н. Виноградского, Москва, Россия

Ковалев Дмитрий Александрович – ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией Биоэнергетических установок Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), Москва, Россия

Сахметова Гульмира Едиловна – PhD докторант по специальности: Технологические машины и оборудование. Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент, Сатаев Марат Исакович – д.т.н., профессор. Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, Казахстан, г.Шымкент, проректор по НР и МС, член-корреспондент НАН РК.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 217 – 224

UDC 004.855

L. Tereykovska[1], I. Tereykovskiy[2], E. Aytkhozhaeva[3], S. Tynymbayev[3], A. Imanbayev[3]

[1]Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine,
[2]Institute of Solid State Physics, National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine,
[3]Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: ait_djam@mail.ru, azekeee_92@mail.ru

ENCODING OF NEURAL NETWORK MODEL EXIT SIGNAL, THAT IS DEVOTED FOR DISTINCTION OF GRAPHICAL IMAGES IN BIOMETRIC AUTHENTICATE SYSTEMS

Abstract. Article is devoted to a problem of enhancement of technologies of application of neural network models for recognition of graphic images in the biometric authentication systems. It is shown that a significant shortcoming of modern technologies is the insufficient efficiency of training neural network models, which is associated with the insufficient quality of statistical data processing. One of the important reasons of it is absence of correlation between the expected output signal of educational examples and closeness of standards of the recognized classes. It is offered to increase quality of educational examples due to use of the procedure of neural network coding of value of the expected output signal of educational examples which allows to consider closeness of standards of the recognized classes in this signal. The coding procedure of the expected output signal providing use of a probable neural network is developed. Feasibility of application of a probable neural network is defined proceeding from low resource intensity of its training. Besides, in its educational examples the expected output signal can be provided not by number, but the name of the expected class. The appropriate mathematical apparatus is created. As a result of numerical experiments it is shown that application of the developed procedure allows to reduce by 30-50% the number of the computing iterations necessary for achievement of the given error of training of a multi-layer perceptron which is basic neural network model for recognition of graphic images in the systems of biometric authentication. It specifies prospects of use of the proposed solutions for increase in efficiency of the neural network technologies applied in the systems of biometric authentication.

Keywords: neural network model, training, educational example, biometric authentication.

Introduction. The proved ability of neural network models (NNM) to effectively approximate multivariate table valued functions provided their broad application for recognition of graphic images in the systems of biometric authentication (SBA) [1-3]. Though the practical experience of use of the known neural network systems and the analysis of sources [4-20] specifies rather powerful scientific and practical practices in this direction, but the same analysis specifies also insufficient learning efficiency of NNM which are a basis of the specified systems. We will mark that in the modern SBA the greatest distribution was gained by NNM like a two-layer perceptron, a convolution and deep neural network. In fact these NNM are modifications of a classical multi-layer perceptron. Key parameters which define learning efficiency of such models is time and an error of training [7-10, 21]. Values of these parameters directly depend on quality of educational examples which in case of the given statistical selection shall be provided due to different processing procedures of statistical data [15, 17].

Results [4, 6, 7, 16, 19] demonstrate that the majority of approaches to processing of statistics assume performing procedures which only adapt parameters of educational examples to the look suitable for application in NNM. At the same time [8] specify data that to reduce time and an error of training it is possible due to reflection in the expected output signal of educational examples of closeness of standards

of the recognized classes. In the same work [8] it is shown that it is possible to realize such display by means of the procedure of expert assessment of closeness of the specified standards. However use of the offered procedure is connected to need of involvement of highly qualified experts for specific application area that in many cases is impossible. Also it is possible to apply algorithmic criterion for evaluation of closeness of standards to implementation of display. However development of qualitative criterion requires the considerable efforts. At the same time the task of assessment of closeness of a limited set of standards can be considered in a perspective of use of low-resource neural networks for prospecting data analysis [5, 12]. It is necessary to mark that for coding of an output signal of educational examples of a multi-layer perceptron isn't found in the analyzed literature of researches of the low-resource neural networks directed to creation of the procedure of application. Besides it is possible to formulate an output that the majority of the modern scientific and practical operations are devoted or to questions of adaptation of neural network architecture to conditions of an objective of recognition or questions of formation of learning selection. So in robots [5, 10] the method of determination of optimum type of architecture of NNM is developed. This work [11] is devoted to the task of enhancement of structure and an algorithm of training of the multi-layer perceptron intended for use in systems of information security. The purpose of the work [7] is development of models and algorithms for creation neuro indistinct genetic systems of recognition of graphic images and its application for automation of operation of mail service. Within implementation of a goal the modified model of the indistinct neural network intended for image identification is developed and also it is developed modified genetic an algorithm of training of such network. It is shown that application of the proposed solutions allows to reduce time of training of a neural network. In work [4] is claimed that, the correct formation of learning selection often has crucial importance in tasks of machine training. It is also shown that in the modern literature on machine training in questions of formation of learning selection attention is almost not paid, the theoretical basis is practically absent. Further in article different methods of formation of a learning set are considered, their advantages and shortcomings are analyzed. The list of possible errors when forming a learning set is provided, methods of adding of data in a learning set are considered. On the example of training of decision trees importance of the correct formation of a learning set is shown. At the same time the question of coding of the expected output signal remains open. The work [13] is devoted to survey comparing of efficiency of image understanding by convolution deep neural networks, which parameters of educational examples were set by experts, or were calculated with the help of the formalized procedures. The hypothesis that when using multi-layer/deep neural networks, it is necessary to get rid of a row of the ideas inherited from the past about manual separation of signs is made. It is specified that beforehand it is necessary to initialize detectors of the first convolution layer algorithmically, in a special way analyzing all turned-out patches patterns of the small-sized size "cut" from all reference images. After that the found values of weight factors should be specified in together with training of the subsequent layers of a network. Article [6] is devoted to development of a method of formation of representative learning selection of images for training of a subsystem of automated recognition of objects of air reconnaissance. The method assumes use of a convolution neural network. It is claimed that application of the developed method allows providing a representativeness of learning selection at the expense of the accounting of the parameters influencing results of recognition of objects on aerial photographs. In this case the representativeness is understood as compliance of characteristics of learning selection to characteristics of population of statistical data in general. In the done researches the accent is delivered only on determination of the informative input parameters of educational examples.

Formulation of the problem. The purpose of the real research is development of the procedure of application of low-resource neural networks for coding an output signal of educational examples of a multi-layer perceptron, which at the expense of the accounting of closeness of standards of the recognized classes allows increase efficiency of its training.

Development of coding procedure of the expected output signal. We detail the task of reflection in an output signal of educational examples of closeness of standards on a specific example of neural network recognition of uppercase printing letters of the Russian alphabet which are displayed in black color on a white background. The classical coding procedure of parameters of standards of letters illustrated with Figure 1 consists in sequential implementation of five stages.

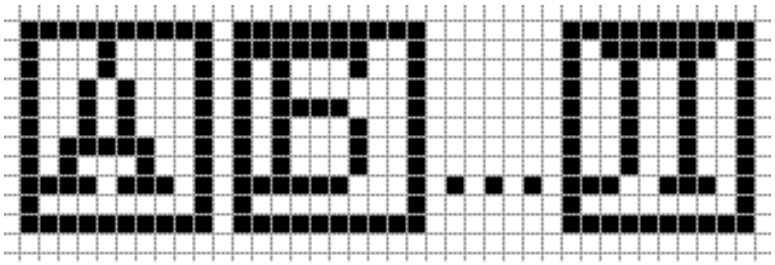


Figure 1 – Illustration of coding procedure

1. Every letter accommodates in a separate rectangle of the fixed size, which is partitioned into cells by a grid chart. The quantity of these cells determines the number of input parameters of neural network model. In Figure 1 this quantity is equal:

$$K = a \times b = 11 \times 10 = 110, \quad (1)$$

where *a* and *b* – height and width of a rectangle which describes a letter. Within a separate rectangle each cell assigned certain number which corresponds to number of the entering parameter of neural network model.

2. For a separate letter value of *i*-th input parameter is equal 1 if *i*-th a cell is filled in black color, and is equal 0 in case it is filled in white color.

3. Letters registered and numbered in alphabetical order.

4. Number of a letter in the alphabet defines the raw value of the expected output signal of neural network model. Thus, for a letter А the raw value of the expected output signal is equal 1, for a letter Б - 2, and for a letter Л - 13.

5. For each letter the raw value will be transformed to the look suitable for use in neural network model. Depending on structure of neural network model are possible two options of conversion.

Option 1. The output signal of neural network model is defined by one output neuron. In this case for a standard of *n*-th letter the expected output signal is determined using the following expression:

$$y(n) = \bar{y}(n) / N = n / N, \quad (2)$$

where $\bar{y}(n)$ – the raw value of an output signal of a standard *n*-th letters, *n* – number of a letter in the alphabet, *N* – quantity of letters in the alphabet.

Option 2. The output signal of neural network model is defined by a set of output neurons, which amount is equal to quantity of letters in the alphabet. Therefore, for an educational example of a standard *n*-th of a letter the expected output signal is defined so:

$$\begin{cases} y_n(n) = \bar{y}(n) / n = 1 \\ y_k(n) = \bar{y}(n) - n = 0, k = 1,..N, k \neq n \end{cases}, \quad (3)$$

where k - number of output neuron.

The basic lack of the described coding procedure is that the value of the raw expected output signal defined at the fourth stage badly corresponds to geometrical closeness of the recognized images.

To solve this disadvantage, it was proposed to use the probabilistic neural network PNN to estimate the proximity of the standards, in which educational examples the expected output signal represents not number, but the name of a class [21]:

$$\{x\}_K \rightarrow Name_Y, \quad (4)$$

where $\{x\}_K$ – a set of input parameters, $Name_Y$ – the name of a class to which this educational example belongs.

For an example in Figure 2 the structure of the PNN network which is intended for correlation of unknown graphic images to one of three classes - A, B or C is shown. It is supposed that each of graphic images is placed in a separate rectangle by the size of $a \times b$ pixels. The number of PNN inputs is equal to the number of class features and is determined using (1).

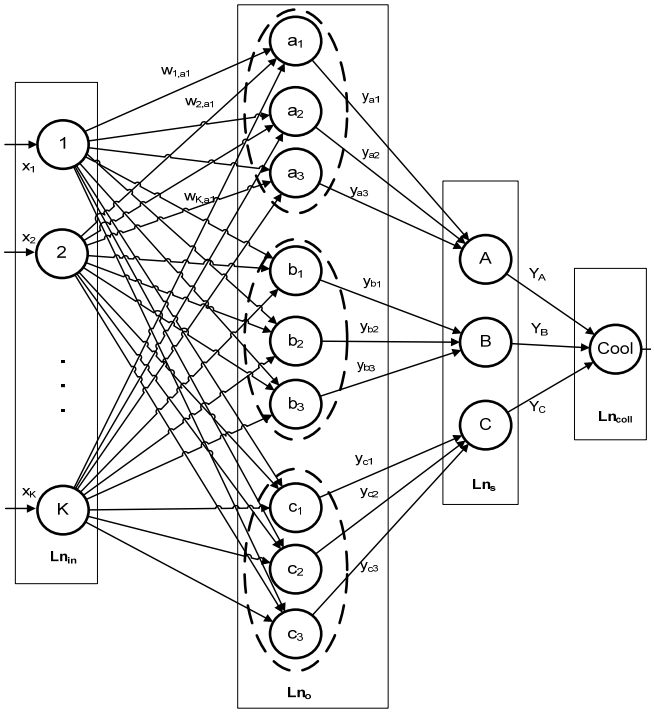


Figure 2 – Example of structure of the PNN network

The network consists of four layers of neurons: input - Ln_{in}, images – Ln_0, adding – Ln_s and a output – Ln_{coll}. The number of neurons in the layer of images is equal to the number of training examples, and the number of neurons of the summation layer is equal to the number of classes. The element of a layer of images is connected only to that element of a layer of summing to which corresponds the class of an image. When learning for links that are in the neuron of the image layer, the weight coefficients are set to the same as the constituent parts of the corresponding learning vector. The weight coefficients of the links entering the neurons of the summation layer and the output element are equal to 1. Thus, all PNN parameters are directly determined by the training data. The output signal of an arbitrary *j*-th neuron of the image layer is calculated as follows:

$$y_j = \sum_{k=1}^{K} \exp\left(\frac{-(w_{k,j} - x_k)^2}{\sigma^2} \right), \tag{5}$$

where x_k – *k*-th component of an unknown image, $w_{k,j}$ weight factor of communication between *k*-th input neuron and *j*-th neuron of a layer of images, *K* – quantity of components of an input image, σ – radius of function of Gauss.

In neurons of a summing layer the linear function of activation is used. The output signal of *n*-th neuron for summing layer (Y_n) is calculated so:

$$Y_n = \frac{\sum_{i=1}^{I} y_i}{I}, \tag{6}$$

where I – amount of neurons of the images layer of connected to *n*-th neuron of a summing layer, y_i – activity *i*-th neuron of the layer of images connected to *n* neuron of a summing layer.

The value of Y_n is equal to the probability of assigning the input image to a class that corresponds to a given neuron. The task of an output element is only determination of neuron of a layer of summing with the maximum activity. Although the result of PNN recognition is only the name of the most probable class, but the Y_n values indicate the probability that an unknown input example belongs to one of the recognizable classes.

The offered procedure of use of the PNN network for coding of the expected output signal is as follows:

– by means of expression (4) the set of educational examples which correspond to a set of standards of the recognized classes is created;

– learning of a network is implemented;

– on an input of the trained network standards of the recognized classes sequentially move. For each standard the help of expressions (5, 6) values of output signals of neurons of a layer of summing are calculated.

The scaled values of these signals will also be the expected output signal for an NNM based on a multilayer perceptron.

Will consider application of the developed coding procedure on a specific example of recognition of 8 abstract black-and-white figures shown in Figure 3.

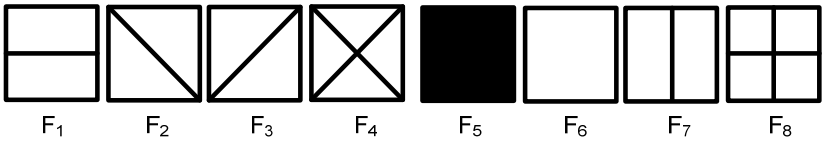


Figure 3 – Recognized figures

Each figure is written in a square 3x3 i.e. the number of input parameters of NNM is equal to 9. Each figure is accepted in the form of a standard of the recognized class. With the help of the expression (4), many input and output parameters of the training examples of these standards are formed. For example, $F_1 = \{0,0,0,1,1,1,0,0,0\}$. After that, the structure of the PNN network shown in Figure 4 was constructed. Accept $\sigma = 0{,}5$.

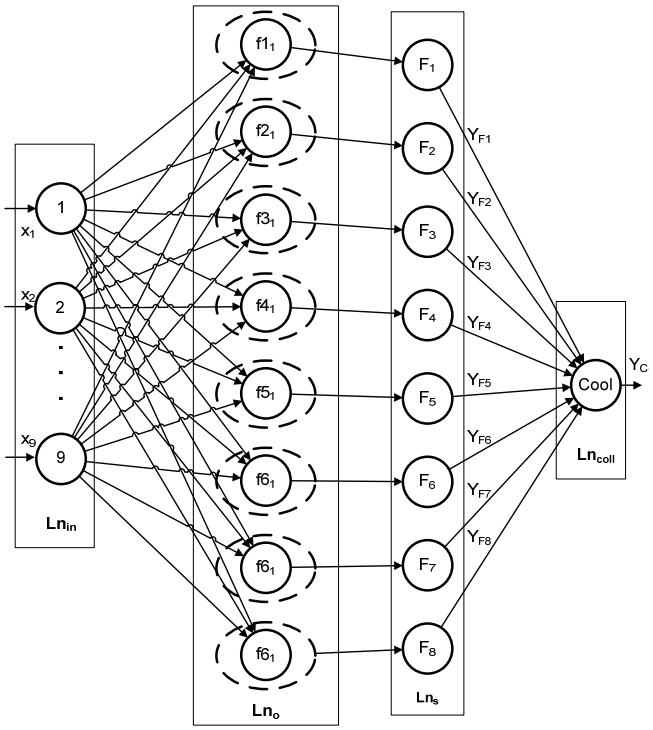


Figure 4 – Structure of the PNN network for recognition of the abstract figures

Application of the built network allowed is to carry out coding of an output signal for each of standards. Value of these signals are provided to table.

Value of the expected output signals

Output signal	Name of references							
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Y_{F1}	9,00	5,07	5,07	3,11	3,11	6,05	5,07	7,04
Y_{F2}	5,07	9,00	5,07	7,04	3,11	6,05	5,07	3,11
Y_{F3}	5,07	5,07	9,00	7,04	3,11	6,05	5,07	3,11
Y_{F4}	3,11	7,04	7,04	9,00	5,07	4,09	3,11	1,15
Y_{F5}	3,11	3,11	3,11	5,07	9,00	0,16	3,11	5,07
Y_{F6}	6,05	6,05	6,05	4,09	0,16	9,00	6,05	4,09
Y_{F7}	5,07	5,07	5,07	3,11	3,11	6,05	9,00	7,04
Y_{F8}	7,04	3,11	3,11	1,15	5,07	4,09	7,04	9,00

For use of the received results in the educational examples oriented on neural networks with sigmoidal function of activation it is necessary to carry out their scaling in the range [0,1]. It is for this purpose possible to use shown in [5, 6] expression:

$$y = \frac{y_{in} - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}, \tag{7}$$

where y - the scaled value of an output signal, y_{in} - original value of a signal, $y_{\max}$ and $y_{\min}$ - maximum and minimum value of the original output signal.

After carrying out the appropriate calculations using (7), the obtained scaled values of the expected output signals were used in the formation of training examples for a two-layer perceptron. The made comparative experiments showed that use of such educational examples allows reduce by 30-50% the number of computing iterations concerning examples in which the well-known coding is used. Thus, in a basic case, proved can read prospects of application of the developed coding procedure.

Conclusion. It is shown that one of important shortcomings of application of neural networks technology on the basis of a multi-layer perceptron for recognition of graphic images in systems of biometric authentication of users is insufficient quality of processing of statistical data which are used when forming parameters of educational examples.

It is offered to increase quality of educational examples due to use of the procedure of neural network coding of value of the expected output signal, which allows to consider closeness of standards of the recognized classes.

The coding procedure of the expected output signal providing use of a probable neural network is developed. As a result of numerical experiments, it is shown that the application of the developed procedure allows reducing by 30-50% the number of computational iterations necessary to achieve a given error in the training of neural networks intended for recognition of graphic images in biometric authentication systems.

REFERENCES

[1] Ciresan D C, Meier U, Masci J, et al (2011). Flexible, high performance convolutional neural networks for image classification[C] [IJCAI Proceedings-International Joint Conference on Artificial Intelligence] 22(1): 1237.

[2] Veeramachaneni K, Osadciw L A, Varshney P K (2005) An Adaptive Multimodal Biometric Management Algorithm [IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)] 35, 344-356.

[3] Yong S, Kin Lai W, Goghill G, Yong S (2004) Weightless Neural Networks for Typing Biometrics Authentication, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems 2004:284-293, DOI: 10.1007/978-3-540-30133-2_37.

[4] Kaftannikov I L, Parasich A V (2016) Problemy formirovaniya obuchayushchey vyborki v zadachakh mashinnogo obucheniya [Vestnik YUUrGU. Kompyuternye technologii, upravlenie, radioelectronika] T.16 No 3 s.15-24 (in Russian).

[5] Korchenko A, Tereykovskiy I, Karpinskiy N, Tynymbayev S (2016) Neyrosetevye modeli, metody i sredstva otsenki parametrov bezopasnosti Internet-oriyentirovannykh informatsionnykh system. Kiev: Nash Format, 275 s. (in Russian).

[6] Lavrov O Yu (2016) Metod formuvannya navchalnoi vibirki zobrazhen dlya navchannya pidsistemi avtomatizovannogo rospiznavannya obektiv povitryanoi rozvidki [Sistemi obrobki informatsii] Vipusk 8 (145) 29-32 (in Ukrainian)

[7] Mishchenko V A (2013) Modeli i algoritmy raspoznavaniya graficheskikh obrazov na osnove nechetkikh neironnykh setey [Avtoref. dis. na soiskanie nauch. stepeni kand. techn. nauk: spets 05.03.17 Teoreticheskie osnovy informatiki] Voronezh 16 s. (in Russian).

[8] Tereykovska L O (2016) Neyromerezhevi modeli ta metodi rozpiznavannya fonem v golosovomu signali v sistemi distantsiynogo navchannya [Dís. kand.tekhn. nauk] 05.13.06 Kyev 312 s. (in Ukrainian).

[9] Tereykovskiy I (2007) Neyronnimerezhi v zasobakh zakhistu kompyuternoi informatsii. Kyev: Poligraf Konsalting 209 s. (in Ukrainian).

[10] Tereykovskiy I A (2011) Optimizaciya architekturi neironnoi merezhi, priznachenoi dlya diagnostiki stanu kompyuternoi merezh [Naukovo-tekhnichniy zbirnik Upravlinnya rozvitkom skladnikh system Kiivskogo natsionalnogo universitetu budivnitstva i architekturi] Vipusk 6 155-158 (in Ukrainian).

[11] Tereykovskiy I A (2011) Optimizaciya strukturi dvochsharovogo perceptronu, priznachenogo dlya rospiznovannya anomal'nikh velichin ekspluatatsiinikh parametriv kompyuternoi merezhi [Naukovo-tekhnichniy zbirnik Upravlinnya rozvitkom skladnikh sistem Kiivskogo natsionalnogo universitetu budivnitstva i architekturi] Vipusk 5 128-131 (in Ukrainian).

[12] Tereykovskaya L, Petrov O, Aleksander M (2015) Prospects of neural networks in business models [TransComp] 30 November – 3 December, Zakopanem 1539-45.

[13] Tsaregorodtsev V G (2015) Sravnenie effektivnosti i zadannykh vruchnuyu detektorov priznakov na izobrazhenii [http://neuropro.ru/memo.shtml]

[14] Ahmadian K, Gavrilova M (2012) Chaotic Neural Network for Biometric Pattern Recognition, Advances in Artificial Intelligence, 2012:22-31. DOI: 10.1126/science.290.5500.2323.

[15] Gawande P S, Ladhake S A (2015) Artificial Neural Network based Electrocardiogram Classification for Biometric Authentication [International Journal of Computer Applications] 109 (2):6-9, DOI :10.5120/19158-0601.

[16] Jayaram M A, Fleyeh H (2013) Soft Computing in Biometrics: A Pragmatic Appraisal, American Journal of Intelligent Systems 3(3):105-112, DOI: 10.5923/j.ajis.20130303.01.

[17] Delac K, Grgic M A (2004) A survey of biometric recognition methods [Electronics in Marine. Proceedings Elmar 2004. 46th International Symposium. IEEE] 2004: 184-193.

[18] Gomathi P M, Nasira G M (2011) A Survey on Biometrics based Key Authentication using Neural Network [Global Journal of Computer Science and Technology] 11:53-58, ISSN: 0975-4172.

[19] Abernethy M, Rai S (2013) Complementary Feature Level Data Fusion for Biometric Authentication Using Neural Networks [14th Australian Information Warfare Conference] Western Australia: Edith Cowan University, Perth, 2nd-4th December, P.1-8, DOI:10.4225/75/57a846e5bef4.

[20] Woodward Jr (2000) Biometrics: Facing up to Terrorism [The Biometrics Consortium Conference] Arlington, February 2000, 362-369.

[21] Rudenko O G, Bodyanskiy E V (2006) Shtuchni neyronni merezhi [Navch. po-sib] Kharkiv: Kompaniya SMIT, 404 s. (in Ukrainian)

Л. Терейковская[1], И. Терейковский[2], Е. Айтхожаева[3], С. Тынымбаев[3], А. Иманбаев[3]

[1]Киев Ұлттық Құрылыс және Сәулет Университеті,
[2]Украина Ұлттық Техникалық Университеті, Киев, Украина,
[3]Қ.И.Сатпаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университеті, Алматы, Қазақстан

БИОМЕТРИЯЛЫҚ АУТЕНТИФИКАЦИЯ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ГРАФИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕРДІ ТАНУҒА АРНАЛҒАН НЕЙРОЖЕЛІЛІК МОДЕЛЬДЕГІ ШЫҒЫС СИГНАЛЫН КОДТАУ

Аннотация. Мақала ақпараттық жүйелердегі пайдаланушыларды биометриялық аутентификациялау жүйелерінде графикалық үлгілерді тануға арналған нейрожелілік модельдерді пайдалану технологияларын жетілдірудегі проблемаға арналған. Қазіргі заманғы технологиялардың негізгі кемшілігі, оқу мысалдарын қалыптастыру кезіндегі статистикалық деректердің сапасыз өңделуіне байланысты, нейрожелілік модельдерді оқыту кезінде тиімсіз екендігі көрсетілген. Мұның маңызды бір себебі, оқу мысалдарындағы күтілген шығыс сигналдарының арасындағы корреляцияның болмауы және танылатын класстардың эталондарының жақындығы. Оқу мысалдарының күтілген шығыс сигналының шамасын нейрожелілік кодтау рәсімі арқылы оқу мысалдарының сапасын арттыру ұсынылған, ол танылатын класстардың эталондарының жақындығын қарастыруға мүмкіндік береді. Ықтималды нейрондық желіні қолдануды қарастыратын күтілген шығыс сигналын кодтау рәсімі әзірленген. Ықтималды нейрондық желі қолдану мақсатына сәйкестігі, оның төмен ресурс сыйымдылығымен анықталған. Сонымен қатар, оқу мысалдарында шығыс сигналы санмен емес күтілген класс атауы түрінде болуы мүмкін. Сәйкесінше математикалық аппарат құрылды. Көптеген тәжірбиелер нәтежиесінде, әзірленген рәсімді қолдану графикалық үлгілерді тануға арналған биометриялық аутентификация жүйелері негізгі нейрожелілік модельдің көпқабатты персептронды оқытуға керекті тапсырылған қатені есептеу итерациясы көлемін 30-50% азайтуға болатынын көрсетті. Бұл ұсынылған шешімдердің биометриялық аутентификация жүйелерінде қолданылатын нейрожелілік технологиялардың тиімділігін арттыруға қолдану келешекті екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: нейрожелілік модель, оқу, оқу мысалдары, биометриялық аутентификация

Л. Терейковская[1], И. Терейковский[2], Е. Айтхожаева[3], С. Тынымбаев[3], А. Иманбаев[3]

[1]Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина,
[2]Национальный технический университет Украины КПИ им. Игоря Сикорского, Киев, Украина,
[3]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

КОДИРОВАНИЕ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ В СИСТЕМАХ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

Аннотация. Статья посвящена проблеме совершенствования технологий применения нейросетевых моделей для распознавания графических образов в системах биометрической аутентификации. Показано, что существенным недостатком современных технологий является недостаточная эффективность обучения нейросетевых моделей, связанная с недостаточным качеством обработки статистических данных. Одной из важных причин этого является отсутствие корреляции между ожидаемым выходным сигналом учебных примеров и близостью эталонов распознаваемых классов. Предложено повысить качество учебных примеров за счет использования процедуры нейросетевого кодирования величины ожидаемого выходного сигнала учебных примеров, которая позволяет учесть в этом сигнале близость эталонов распознаваемых классов. Разработана процедура кодирования ожидаемого выходного сигнала, предусматривающая использование вероятностной нейронной сети. Целесообразность применения вероятностной нейронной сети определена исходя из низкой ресурсоемкости ее обучения. Кроме того, в ее учебных примерах ожидаемый выходной сигнал может быть представлен не числом, а названием ожидаемого класса. Сформирован соответствующий математический аппарат. В результате численных экспериментов показано, что применение разработанной процедуры позволяет на 30-50% уменьшить количество вычислительных итераций, необходимых для достижения заданной ошибки обучения многослойного персептрона, который является базовой нейросетевой моделью для распознавания графических образов в системах биометрической аутентификации. Это указывает на перспективность использования предложенных решений для повышения эффективности нейросетевых технологий, применяемых в системах биометрической аутентификации.

Ключевые слова: нейросетевая модель, обучение, учебный пример, биометрическая аутентификация

Сведения об авторах:

Терейковская Людмила Алексеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры Кибернетической безопасности и компьютерной инженерии Киевского национального университета строительства и архитектуры, Украина, e-mail: terejkowski@ukr.net,

Терейковский Игорь Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры Системного программирования и специализированных компьютерных систем Национального технического университета Украины КПИ им. Игоря Сикорского, Украина, e-mail: terejkowski@ukr.net,

Айтхожаева Евгения Жамалхановна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры Информационной безопасности Казахского национального исследовательского технического университета имени К. И. Сатпаева, Казахстан, e-mail: ait_djam@mail.ru,

Тынымбаев Сахыбай Тынымбаевич – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры Информационной безопасности Казахского национального исследовательского технического университета имени К. И. Сатпаева, Казахстан, e-mail: s_tynym@mail.ru,

Иманбаев Азамат Жанатұлы – магистр технических наук, ассистент кафедры Информационной безопасности Казахского национального исследовательского технического университета имени К. И. Сатпаева, Казахстан, e-mail: azekeee_92@mail.ru.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 225 – 230

UDC 543.422.25

Zh.U. Myrkhalykov[1], T.S. Bazhirov[1], A.F. Kemalov[2], R.A. Kemalov[2], L.Kh. Fokeyeva[2], К.К. Syrmanova[1], Ye.T. Botashev[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation.
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 (BPC) 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 performs 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 (ODS), film-forming substances, petro chemistry, thermoplastic resins (TPR), sulfur, pigments, physical-mechanical, insulating properties of coatings.

Introduction. According to modern representations bitumen polymer compositions (BPC) are solution of polymer in bitumen. On this basis, large, branched polymer molecules, equally distributing along the mass of bitumen, as if reinforce it, give bitumen elasticity and resilience, as well as thermal resistance, which appear only at some optimal amount of polymer molecules, apparently when their concentration forms continuous net structure.

Preparation of the film-former [1-3], i.e. combination of special bitumen with components was carried out in two stages: a) preparation of polymer solution consisting of thermal polymer resins (TPR) sample, polymer plasticizer and aromatic solvent (o-xylene); b) combination of polymer solution with sample of special bitumen.

Research methods. Bitumen-insulating materials (BIM) were prepared for evaluation of protective properties of such polymers as divinyl-styrene thermoplastic elastomers (DSTE), low molecular sevilenes (LMS), polycyclopentadienes (PCPD), atactic polypropylenes (APP) [4]. It should be noted that the polymers were introduced in amount from 2 to 6 mass percent, after their distribution in the solvent they were applied to the substrates. Electrochemical studies, given in Table 1, were carried out on the fifth day.

Data of Table 1 show that LMS and DSTE polymers with critical concentration of structuring (CCS) 2 and 2-2,5 mass percent respectively have the most effective inhibiting characteristics. Special attention should be paid to the protective barrier that occurs when introducing 8 mass percent TPR, namely at 5 and 7 hour exposure in the electrolyte solution, when passivation of the substrate surface, isolated by bitumen-polymer film-former, occurs.

Table 1 – Change in the metal potential towards standard hydrogen electrode from time

Polymers / mass concentration		0 point	1 hour	3 hours	5 hours	7 hours
DSTE	2%	-325	-252	-178	-273	-169
	4%	-178	-153	-50	-148	-150
LMS	2%	-358	-283	-78	-103	-68
	4%	-313	-188	-62	-88	-158
PCPD	2%	-130	-138	-53	-118	-91
	4%	-178	-205	-120	-161	-148
APP	2%	-220	-194	-155	-168	-161
	4%	-228	-228	-168	-253	-252
TPR	2%	-214	-188	-133	-146	-129
TPR	4%	-225	-158	-160	-178	-158
	6%	-338	-183	-146	-123	-119

Research results

Influence of elemental sulfur as a plasticizer on inhibition of the bitumen-polymer film-former. When studying physical and mechanical properties of the bitumen-insulating materials (BIM), namely their adhesion-strength properties, it is possible to conclude about the need for their physicochemical modification for the purpose of plasticization and elimination of oxidative degradation, i.e. premature aging. Plasticizers introduced into the composition of BIM weaken the energies of intermolecular interactions in macroassociates of bitumen, significant part of which is destroyed and included according to the principle of intramicellar or supramycellular solubilization into the micellar structure of the inhibitor. Introduction of plasticizer into the composition of BIM, as a rule, slightly reduces strength and hardness of the film, but considerably improves its uniformity and elasticity, increases its elongation at break, increases its frost-resistance, i.e. reduces brittleness at low temperatures, but the main thing is that it improves insulation properties of polymer compounds. Mechanism of action of plasticizers consists in increasing the mobility of individual molecules or segments of macromolecules of polymers which are in the stable state of static, semi-rolled coil, by weakening their molecular interactions, or by increasing the mobility of associates (packets) of macromolecules due to weakening of interphase interactions or lowering the degree of crystallinity.

When choosing BIM's modifying component, we based on the fact that the agent should have both plasticizing effect and should stand against thermal oxidative breakdown, i.e. function as inhibitor-ageing retarder in exploitation of the bitumen material filled with a pigment. Elemental sulfur has these properties and requirements which correspond to GOST 126-79.

Sulfur content may form spatial structures in its certain, conjugated with available particles of the dispersed phase, due to formation of complex structural units (CSU) [5]. In this case, BIM's properties will be determined by this new spatial conjugate structure. Already at low concentrations this additive can have a structuring effect, and at large – plasticizing and vice versa; at low concentrations the effect will be plasticizing, and at large – the structuring effect. In the first case, obviously, this should be due to the fact that if the content is higher than the determined one, the additive cannot be distributed in the dispersion medium, and it will play the role of hinges in the shear. In the second case, with its certain content, it will be sufficient to form independent or spatial structure conjugate with the particles of the dispersed phase of the given system.

According to studies [4], it was shown that sulfur-containing compounds capable to decompose hydroperoxides are introduced to exclude the oxidative degradation of bitumen-polymer compositions (BPC). This leads to plasticization of BPC. Increase in the interplanar distance, characterized by the packing density of the condensed aromatic structures, was detected by X-ray diffraction analysis. Thus, the use of sulfur as a plasticizing agent of bitumen-polymer BIM significantly expands possibilities of their use under different conditions. It is well known that in aromatic and paraffin-naphthenic hydrocarbons, aromatic components oxidize much faster. Thermo-oxidative transformations of sulphurous oil residues proceed in the inhibited oxidation regime. The role of the inhibitor of oxidation of aromatic

hydrocarbons is performed by sulphide-type sulfide compounds, which destroy the intermediate oxidation products – hydroperoxides, and the oxidation process proceeds along the degenerate branching mechanism. Confirmation of the elemental sulfur's inhibitory effect is study of iodine numbers (Table 2).

It should be noted that the iodine number is the number of grams of iodine joining to 100 grams of the product. The procedure to determine the iodine number is given.

Table 2 – Polymer solutions iodine numbers indicators

Polymer solution composition		Iodine number, ml/g
1	OPR-8%, APP-2% OPR-8%, APP -2% + Sulfur 1,5%	19,05 2,8713
2	OPR-8%, DSTE-2% OPR-8%, DSTE-2% + Sulfur 2%	19,177 5,9266
3	OPR-8%, LMS-2% OPR-8%, LMS-2% + Sulfur 2,5%	20,701 2,8575
4	OPR-8%, LMS-4% OPR-8%, LMS-4% + Sulfur 2 %	17,5683 2,7214
5	OPR-8%, PCPD-2% OPR-8%, PCPD-2%+ Sulfur 2 %	18,542 1,1641
6	OPR-8%, PCPD-2% OPR-8%, PCPD-2%+ Sulfur 1%	18,542 2,6554

Analysis of Table 2 shows effect of the elemental sulfur on the iodine numbers indications in the polymer solutions. Thus, the sulfur interacts with double bonds of polymers, and will also interact with free bonds and radicals, contained in the bitumen and formed during thermal and solar irradiation, under chemical and mechanical action.

Coatings were prepared to evaluate protective properties that the sulfur impacts when combined with BIM. It should be noted that the sulfur was introduced in amount of 0,5 to 3 mass percent. After its distribution in the polymer solution, it was applied to the substrates, then electrochemical studies were carried out on the 5^{th} day, their results are given in Table 3.

Table 3 – Change in the metal potential towards the standard hydrogen electrode from time

Name		0 point	1 hour	3 hours	5 hours	7 hours
DSTE	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
	S-3%	-148	-98	-98	-53	-93
APP	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
	S-2,5%	-224	-118	-118	-142	-133
	S-3%	-170	-185	-148	-110	-105
LMS	S-0,5%	-313	-178	-53	-87	-88
	S-1%	-223	-158	-163	-153	-150
	S-1,5%	-108	-228	-203	-193	-191
	S-2%	-268	-157	-101	-163	-146
	S-2,5%	-228	-68	-138	-128	-133
	S-3%	-123	-63	-168	-168	-167
PCPD	S-0,5%	-338	-168	-158	-147	-131
	S-1%	-243	-128	-168	-158	-143
	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

Based on the carried out complex studies, the most optimal concentration of the elemental sulfur in the film-forming agents is 2,5 mass percent.

Development of physical and chemical technology of pigmentation of bitumen-polymer materials. Presence of pigments and fillers in organic polymer compounds causes significant change in deformation-strength properties. Thus pigmentation of BIM along with increase in optical properties of the polymer compounds leads to increase in the insulating capacity, internal stresses, modulus of elasticity, and also adhesion-strength properties. Thus, we prepare composition of the pigmented BIM of the modified DSTE, which include estimated amount of worked chromium-containing pigment IM-2201 and film former.

Amount of the pigment and film former is calculated by method [6].

The prepared suspensions are pigmented in a dispersant, reaching dispersion value of 30 μm.

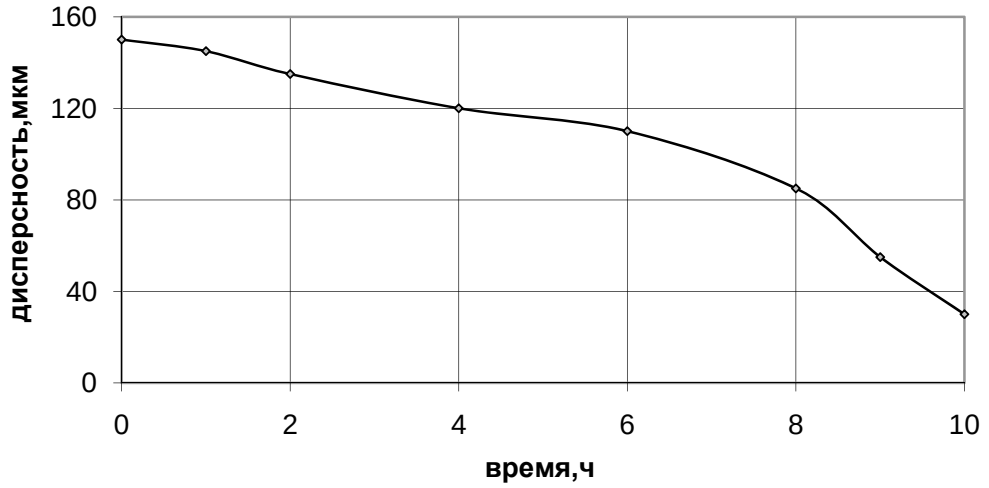


Figure 1 – Time – dispersion relationship graph (suspension 2)

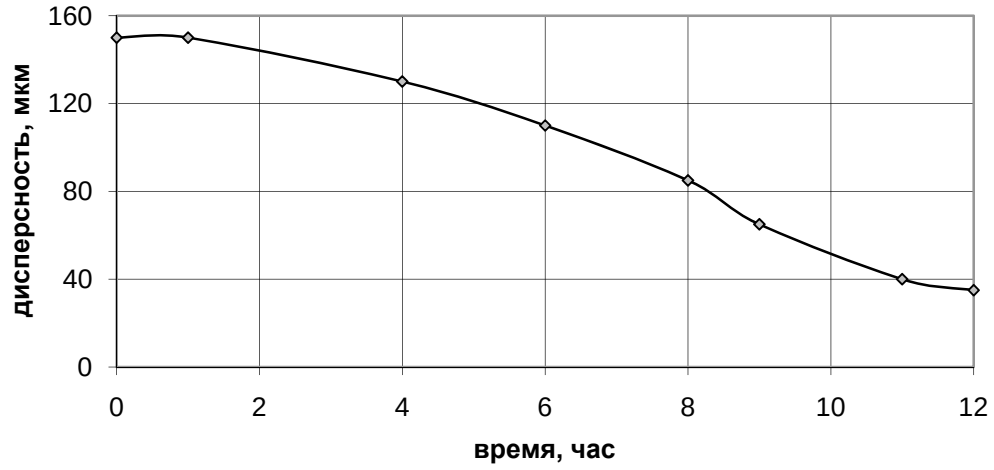


Figure 2 – Time – dispersion relationship graph (suspension 3)

Analysis of the physical and mechanical properties, pigmented BIM is presented in Tables 4–6.

Tables 4 – Analysis of the physical and mechanical properties, pigmented BIM of the modified DSTE (curing time is 3 days)

OPC	Hardness according to ME-3, c.u.	Bending, points	Hardness according to ISO 15184, points	Adhesion, points
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

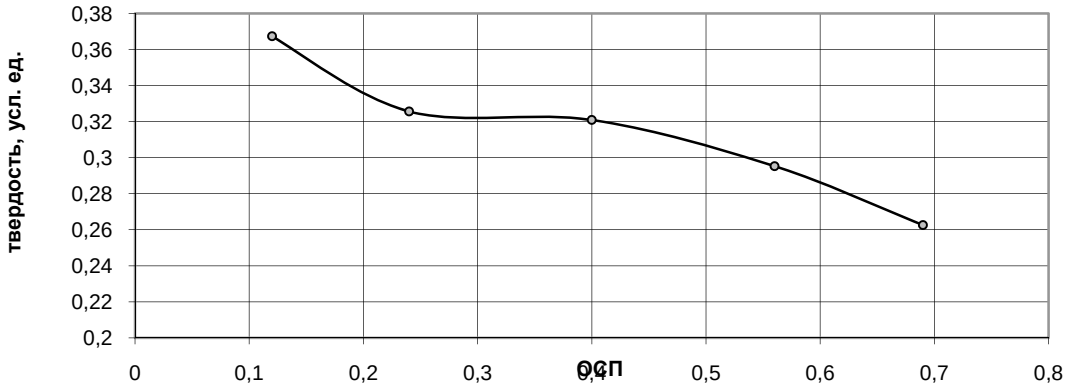


Figure 3 – Change in the coating hardness on the pigment content in it

Tables 5 – Analysis of the physical and mechanical properties, pigmented BIM of the modified DSTE (curing time is 7 days)

OPC	Hardness according to ME-3, c.u.	Adhesion according to ISO 4624, kgf/cm^2	Hardness according to ISO 15184, points	Adhesion, points
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

Tables 6 – Analysis of the physical and mechanical properties, pigmented BIM of the modified LMS (curing time is 3 days)

OPC	Hardness according to ME-3, c.u.	Bending, points	Hardness according to ISO 15184, points	Adhesion, points
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

Conclusions. It should be noted that the smaller the pigment, metal-containing powder of high aggregative resistance to fracture during dispersion and, thus, the smaller the OPC, the lower the hardness and the higher the adhesion-plastic properties of the polymer compounds.

According to the physical and mechanical studies of the pigmented BIM modified by the polymers, it can be seen that the polymers are important component of the bituminous film former, as the hardness and adhesion of the coatings increase significantly.

REFERENCES

[1] Kemalov, R.A. Pigmentirovannyye bitumnyye izolyatsionnyye lakokrasochnyye materialy: sostav, svoystva, primeneniye (stat'ya) / Kemalov R.A., Kemalov A.F. Ekspozitsiya Neft' Gaz, 6/N (80) noyabr' 2008 g.

[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 bitumy i lakokrasochnyye materialy na ikh osnove: Avtoref. diss. kand.tekh.nauk. Kazan, 2003, 20 p.

[5] Kemalov, A.F. Nauchno-prakticheskiye osnovy fiziko-khimicheskoy mekhaniki i statisticheskogo analiza dispersnykh sistem: Uchebnoye posobiye / Kemalov A.F., Kemalov R.A. KGTU. Kazan, 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. Мырхалыков[1], Т. С. Бажиров[1], А. Ф. Кемалов[2],
Р. А. Кемалов[2], Л. Х. Фокеева[2] , К. К. Сырманова[1], Е. Т. Боташев[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан,
[2]Қазан 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.

Ж. У. Мырхалыов[1], Т. С. Бажиров[1], А. Ф. Кемалов[2],
Р. А. Кемалов[2], Л. Х. Фокеева[2] , К. К. Сырманова[1], Е. Т. Боташев[1]

[1]Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
[2]Казанский федеральный университет, Казань, Россия

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 вязи 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), пленкообра-зующие вещества, нефтехимия, термопластичные смолы (ТПС), сера, пигменты, физико- механические, изолирующие характеристики покрытий.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 231 – 236

UDC 004.855 - 004.891.3

Sh. Shamiluulu[1], B. Y. Amirgaliyev[2], L. Cherikbayeva[3]

[1]Department of Computer Science, Suleyman Demirel University, Kaskelen, Kazakhstan,
[2]International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan,
[3]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: shahriar.shamiluulu@sdu.edu.kz,amirgaliyev@gmail.com,lailash01@gmail.com

CRITICAL ANALYSIS OF SCIKIT-LEARN ML FRAMEWORK AND WEKA ML TOOLBOX OVER DIABETES PATIENTS MEDICAL DATA

Abstract. In this research study two ml tools tested i.e., scikit-learn and Waikato Environment for Knowledge Analysis, over three supervised machine learning algorithms. The comparative analysis has been performed on tree supervised machine learning algorithms i.e., decision trees, logistic regression and multi-layer perceptron neural network on medical data for patients with two types of diabetes disorders. Diabetes-Mellitus refers to the metabolic disorder that happens from malfunction in insulin secretion and action. It is characterized by hyperglycemia.The diagnosis of diabetes is very important now days using various types of techniques and thus selection of framework is important.The dataset has been obtained from UCI machine learning repository for Pima Indian Diabetes patients. During the research the comparative analysis studies have been performed which revealed that less complex algorithms can be used for disease diagnosis and possess better performance when properly configured.

Keywords: diabetes mellitus, supervised learning, performance analysis, clinical decision support systems.

Introduction. There are many machine learning frameworks and tools available for public use. This research study tries to thoroughly analysis two tools and reveal which all trade-offs.In this study, the comparative performance analysis of three supervised machine learning algorithms is studied i.e, decision trees, logistic regression and artificial neural network and advantages of using Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) machine learning toolbox [3] is shown in Figure 1. Using WEKA toolbox is relatively easy which has many build-in options as compare to scikit-learn framework where in order to use algorithms users need to write code as shown in Figure 2.

The comparative analysis is going to be performed on medical dataset. Currently the computer aided diagnosis plays an important role in the medical field. It has been shown that the benefits of introducing machine learning into medical analysis are to increase the diagnostic accuracy, to reduce costs and to reduce human resources. The algorithms are tested over the Pima Indian diabetes dataset. Pima Indian Diabetes database had been examined with several different machine learning methods in the past [5-9]. Diabetes-Mellitus refers to the metabolic disorder that happens from malfunction in insulin secretion and action. It is characterized by hyperglycemia. There are two types of diabetes disorder but generally the symptomatic and lab results are same. The diagnosis of diabetes is very important now days using various types of techniques.

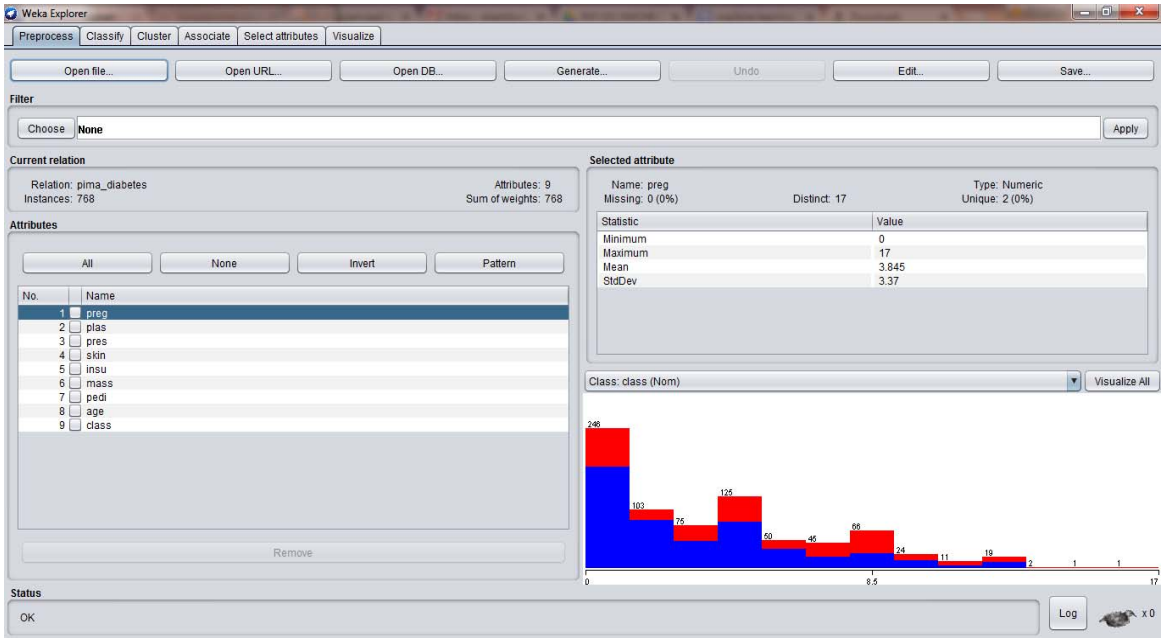


Figure 1 – Dataset visualization of WEKA toolbox

```
#Read pima dataset file and extract instances
fp = open('pima_indians_diabetes.txt', 'r')
cnt=1

data=[]
target=[]
for line in fp.xreadlines():
    instance=split(line,',')
    dp = []
    for idx in range(0,8,1):
        dp.append(float(instance[idx]))
    data.append(dp)

    target.append(float(instance[8]))
    #print cnt,'.',line
    cnt+=1

option=raw_input('Do you want to normalize-n or standardize-s data or none ? : ')
if(option=='n'):
    data_norm=preprocessing.normalize(data)
elif(option=='s'):
    data_norm=preprocessing.scale(data)
else:
    data_norm=data

fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
type1=ax.scatter([d[5] for d in data_norm], [d[7] for d in data_norm], color='red')

X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(data_norm, target, test_size=0.3, random_state=0)
dt=DecisionTreeClassifier()
dt.fit(X_train,Y_train)

predictedClassDT = dt.predict(X_test)
print 'DT Accuracy  :',metrics.accuracy_score(expectedClass,predictedClassDT), '--- MSE:',metrics.mean_squared_err
```

Figure 2 – Initialization and simulation of algorithms code on scikit-learn framework

Materials and methods

A. Data Collection

The data set was obtained from the UCI Repository of Machine Learning Databases [3]. The data set was selected from a larger data set held by the National Institutes of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. The patients in the Pima-Indian dataset are women at least 21 years old and living near Phoenix, Arizona, USA. The dichotomousoutcomeattribute takes the values '0' or '1', where '1' means a positive test for diabetes and '0' is a negative test for diabetes. There are 500 (65.1%) cases in class '0' and 268 (34.9%) cases in class '1'. The dataset contains eight clinical findings which are:

1. Number of times pregnant
2. Plasma glucose concentration a 2 hours in an oral glucose tolerance test
3. Diastolic blood pressure (mm Hg)
4. Triceps skin fold thickness (mm)
5. 2-Hour serum insulin (mu U/ml)
6. Body mass index
7. Diabetes pedigree function
8. Age (years)

B. Decision Trees

A decision tree (DT) is a graph that uses a branching method to illustrate every possible outcome of a decision for particular. The goal in building a tree is to identify a best splitting attribute which is being found by Entropy and Information Gain. The detailed theoretical background regarding decision trees can be found here [2].

C. Logistic Regression

The logistic regression (LRM) has wide range of implications in medical research field. The LRM model is used for the classification of the attributes, which might help to classify the outcome. The distinctive feature of the model is that the outcome variable is dichotomous. The result is not bounded to a linear form. As a result, the created model can be used to classify a newly provided data via placing them in a model for the probability P, the detailed information is provided in [1].

D. Multi-Layer Perceptron Neural Networks

Multi-layer perceptron neural networks (MLP)are processing devices, whichclosely resemble a modelof the neuronal structure of the mammalian cerebral cortex. LargeMLPs might have hundreds or thousands of processor units, whereas a mammalian brain has billions of neurons with a corresponding increase in magnitude of their overall interaction and emergent behavior. Generally, the neural network has three components or layers. The first layer is called input layer, through which it gets data inside network on our case disease related attributes. The second layer is called hidden where all operations performed. The last layer called out where network make final decision regarding patient's condition. The detailed information regarding neural networks provided in [1, 2].

E. Simulated Program

The Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA), is one of the best tools in teaching machine learning without going into details first. The tool is basedon Java platform that contains a large number of algorithms for data preprocessing, feature selection, classification, clustering, and finding the associative rule [4]. WEKA uses a common data representation format, making comparisons easy. It has three operation modes i.e., GUI, Command Line, and Java API.

F. Performance Measures

Evaluation of the classifier to measure the quality is commonly evaluated based on the data in the confusion matrix. Several standard measures have been defined for correct and incorrect classification results of the matrix. The most common practical measure to evaluate the performance is accuracy, which is defined as the proportion of the total number of instances that were classified correctly.

Recall is the mean proportion of actual positives which are correctly identified. *Precision* is the mean proportion of positives which are relevant.*F-measure* is a harmonic mean of recall and precision. *TP rate* is a measure which shows the matching states of particular instances. *FP rate* is a measure that shows the mismatching states of particular instances.

These performance metrics are calculated according to the data in the confusion matrix which are obtained by the WEKA tool.

Simulation results

In this study, the Pima dataset of patients with diabetes disorder, which containing 9 original features by using three machine learning methods i.e., DT (C4.5), LRM and MLP used for classification. The performance metrics like accuracy, recall, precision and f-measure along with error metrics forall features has been performed using 10-fold cross-validation see Figure 3. The simulations were performed by using WEKA3.8 machine learning tool. In scikit-learn users need to import special libraries to show the output results.

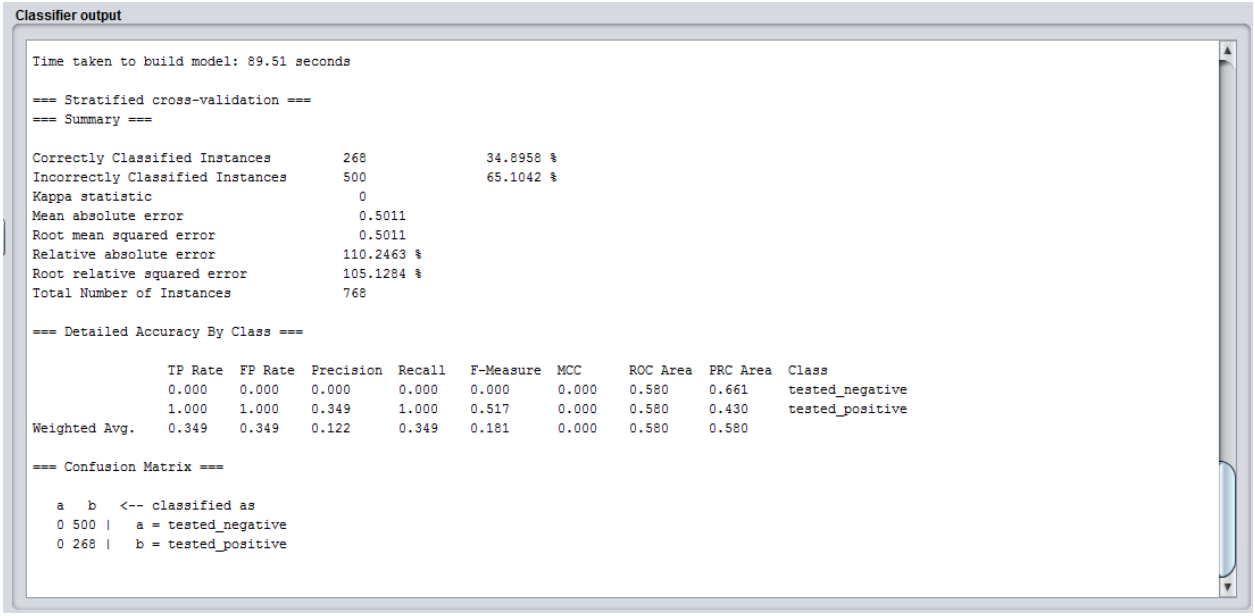


Figure 3 – Simulation results in WEKA toolbox

Accuracy metrics of ML algorithms

	No of correct ins. with %	No of incorrect ins. with %	Build time
DT	567 - (74%)	201 - (26%)	0.12 sec
LRM	593 - (77%)	175 - (23%)	0.15 sec
MLP-NN	583 - (76%)	185 - (24%)	1.45 sec

According to the results provided in Table, the LRM model outperforms remaining methods with the overall accuracy of 77% even though the MLP is considered one of top classification methods it came the second one in this race. During the analysis we have identified that this problem was due to overfitting issue.

The Figure 4 contains the five different performance measure results for three machine learning algorithms. Based on the results the LRM method outperforms MLP by 1% and DT by 3% on overall. Even though the MLP considered the complex method for classification and prediction the complex nature of it, which contained one hidden layer with 5 nodes fall into problem of overfitting. In the literature survey we have find out that for three algorithms the accuracy metric was varying from partition to partition. For example, when we see the accuracy of C4.5 model, 77.08% in case of 75-25% training-testing partitions, 76.72% in case of 85-15% training-testing partitions and 75.32% in case of 90-10% training-testing partitions.

The Figure 5 shows three error metric results i.e., Kappa statistics, Mean Absolute Error (MAE) and Root mean square error (RMSE) for simulated machine learning algorithms. The Kappa statistics measures the agreement of prediction with the true class. The value which is bigger than zero indicates

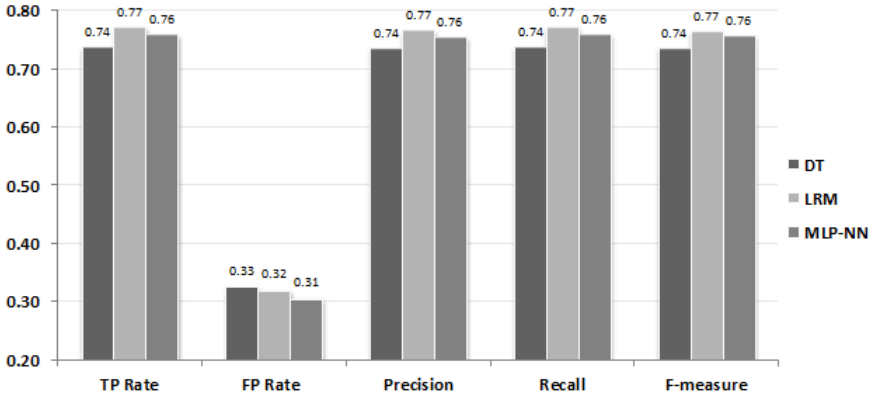


Figure 4 – Performance measure metrics of ML algorithms

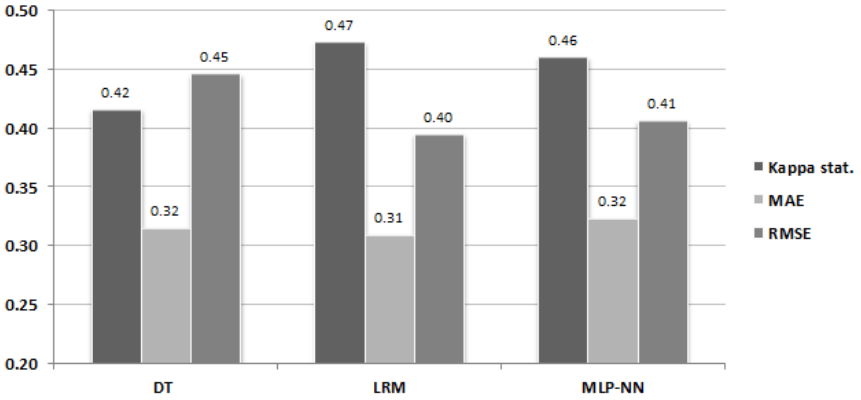


Figure 5 – Error metrics of ML algorithms

that algorithm is not performed based on chance but rather taking more logical approach. The MAE measures the average magnitude of the errors in a set of forecasts, without considering their direction and the value close to zero is better. It measures accuracy for continuous variables. The RMSE measures the average magnitude of the error and the value close to zero is better. Based on simulation results shown in Figure 2, the LRM outperforms all other methods. The scikit-learn framework is more flexible and complete as compare to WEKA but using it is more difficult.

Conclusion. In this research study two ml tools tested over two ml frameworks by using three-supervised machine learning algorithms. The algorithms applied overthe Pima Indians Diabetes (PID) medical dataset. The scikit-learn framework is more flexible and complete as compare to WEKA but using it is more difficult. The performance of LRM was the best for all performance and error metrics. The LRM method outperforms MLP by 1% and DT by 3% on overall. MLP is considered one of top classification methods it came the second one. During the analysis we have identified that this problem was due to overfitting issue. As a result,shows that, LRM methods can be a good and practical choice to classify a medical data. WEKA toolbox was more user-friendly and easy to use but less flexible.

REFERENCES

[1] Norvig P, Russell S. Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall. 2002.

[2] Dunham MH. Data mining: Introductory and advanced topics, Pearson Education, 2006.

[3] UCI Repository of Machine Learning Databases, University of California at Irvine, Department of Computer Science. Available: https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Diabetes (Accessed: 7 Sept. 2016).

[4] HallM., FrankE., and HolmesG., B. Pfahringer, P. Reutemann, and I. H. Witten, "The WEKA data mining software: an update," ACM SIGKDD explorations newsletter, 2009. - Vol. 11, pp. 10-18.

[5] Raj Anand, Vishnu Pratap Singh Kirar, Kavita Burse, " K-Fold Cross Validation and Classification Accuracy of PIMA Indian Diabetes Data Set Using Higher Order Neural Network and PCA ", IJSCE, 2013.-Vol. 2, Issue-6, pp. 436-438.

[6] Y. Angeline Christobel, P.Sivaprakasam, " A New Classwise k Nearest Neighbor (CKNN) Method for the Classification of Diabetes Dataset", IJEAT, 2013. – Vol. 2, Issue-3, pp. 396-400.

[7] Kumari V. Anuja, Chitra R. Classification of Diabetes Disease Using Support Vector Machine. International Journal of Engineering Research and Applications,2013. - Vol. 3, pp. 1797-1801.

[8] Carpenter G.A., Markuzon N., "ARTMAP-IC and medical diagnosis: Instance counting and inconsistent cases", Neural Networks, 1998. - 323-336 pp.

[9] Deng, D., Kasabov, N., "On-line pattern analysis by evolving self-organizing maps", Proc. of the 5th Biannual Conference on Aritificial Neural Networks and Expert Systems (ANNES), Dunedin, November, 2001. pp. 46-51.

[10] Farahmandian M., Lotfi Y., Maleki I. Data Mining Algorithms Application in Diabetes Diseases Diagnosis: A Case Study. MAGNT Research Report, 2015. - Vol. 3, pp. 989-997.

Ш. Шамильуулу[1], Б. Е. Амиргалиев[2], Л. Черикбаева[3]

[1]Кафедра компьютерных наук, университет Сулеймана Демиреля, Каскелен, Казахстан,
[2]Международный университет информационных технологий (МУИТ), Алматы, Казахстан,
[3]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ С ДИАБЕТОМ ПРИ ПОМОЩИ ФРЕЙМВОРК ASCIKIT-LEARNML И ПРОГРАММЫ WEKA

Аннотация. В этой работе для анализа знаний рассматриваются два инструмента: пакет Scikit-обучение и Waikato, а также три контролируемые алгоритмы машинного обучения. Сравнительный анализ был проведен на дереве с использованием алгоритмов машинного обучения, т.е., анализ был проведен на дереве решений, с использованием логистической регрессии и многослойной нейронной сети на медицинских данных для пациентов с двумя типами заболеваний сахарного диабета. В настоящее время диагностику сахарного диабета можно диагностировать с помощью различных типов технических средств, однако здесь очень важен выбор метода. Для эксперимента набор данных был получен из репозитория машинного обучения UCI для Пима Индийских больных сахарным диабетом. В ходе исследования по сравнительному анализу были проведены эксперименты, которые показали, что менее сложные алгоритмы успешно могут быть использованы для диагностики заболеваний и имеют более высокую производительность при правильной настройке.

Ключевые слова: сахарный диабет, контролируемоеобучение, анализ эффективности, клинические системы поддержки принятия решений.

Ш. Шамильуулу[1], Б. Е. Амиргалиев[2], Л. Черикбаева[3]

[1]Компьютерлік ғылымдар кафедрасы, Сулейман Демирель университеті, Каскелен, Қазақстан,
[2]Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан,
[3]Аль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

SCIKIT-LEARNML ФРЕЙМВОРК ЖӘНЕ WEKA БАҒДАРЛАМАСЫ АРҚЫЛЫ ДИАБЕТ АУРУЛАРЫНЫҢ МЕДИЦИНАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРІН КРИТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Аннотация. Мақалада білімдерді талдау үшін Scikit-оқыту және Waikato атты екі құрал және бақылаулы машиналық оқытудың үш алгоритмі қарастырылады. Салыстырмалы талдау мащиналық оқытуды қолдана отырып шешімдер ағашында орындалды, яғни талдау қант диабетініңекі түрлі ауыруы үшін логистикалық регрессия және көпқабатты нейрондық желі қолдану арқылы шешімдер ағашында орындалды. Қазіргі уақытта қант диабетін әртүрлі техникалық құралдар арқылы анықтауға болады, бірақ тиімді әдісті таңдау маңызды мәселе болып қала береді. Сандық тәжірибелер үшін деректер жиыны қант диабеті ауыруларының Үнді Пима UCI машиналық оқыту репозиториясынан алынды. Салыстырмалы талдау зерттеулері барысында сандық тәжірибелер жүргізіліп, нәтижесінде аса күрделі емес алгоритмдердің жұмыс параметрлері дұрыс таңдалса, олардың жоғары өнімділік нәтижелерін беретіндігі көрсетілді.

Түйін сөздер: қант диабеті, бақылаулы оқыту, тиімділікті талдау, шешімдер қабылдауды қолдаудың клиникалық жүйелері.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 237 – 245

S. A. Mashekov[1], M. V. Gladkov[2], B. N. Absadykov[3], A. S. Mashekova[1]

[1]Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,
[2]M. Kozybayev North Kazakhstan State University, Kazakhstan,
[3]Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan.
mashekov.1957@mail.ru, b_absadykov@mail.ru, mashekovaaigerim@mail.ru

SIMULATION OF COMBINED PROCESS OF ROD EXTROLLING IN THREE-ROLL MILL USING Deform-3D

Abstract. In the article, using the Deform 3D program, a computer simulation of the combined screw rolling process and pressing of the billet in the continuous pressing device was performed and the calculated values of the stress-strain state of the metal ponds are presented. An analysis of the stress-strain state of a metal during deformation in a continuous-pressing device with different drawing coefficients has been made. It is noted that in the first stage of deformation in the continuous pressing device, the stress and deformation intensities are localized on the surface of the workpiece, and in the subsequent stages of pressing these values are concentrated in the central zones of the workpiece.

It is shown that when compressing in a new device, due to the reversal of zones with the maximum stress and deformation intensities along the section of the workpiece, the macro-shear deformations are developed intensively, and as result they cause deep changes in the structure of the metal, due to transgender sliding.

Key words: computer simulation, combined process, equipment for continuous compaction, stress-strain state, shear deformation, fine-grain structure.

Introduction. The demand for technology of pressure treatment enabling the arrangement of cost-effective production of small- and medium-batch items has grown up in recent times. Herewith the essential requirements are accuracy of forms, cross-sectional dimensions and establishment of regulated structure in raw materials.

The production of round long half-finished product in metallurgic and metal-processing plants by screw rolling serves as an example of such technology.

It should be noted that the combined processes of pressure metal treatment (PMT) are used widely in aforesaid producing operations in current times [1]. The significant engineering of material structure and manufacture of items with high mechanical and performance properties is peculiar to combined processes of pressure metal treatment.

It is known that the designing of combined processes of pressure metal treatment is related to solution of such technical and process tasks as selection of temperature-speed rates of deformation and power processing parameters, assessment of the impact of strain distribution on structure and properties of resulting product as well as design engineering of instrument [2]. Despite the engineers aiming to process engineering with uniform distribution of stress-strain state (SSS) throughout deformable raw part, the uniform distribution of SSS fails to be achieved in real PMT processes. This leads to non-uniform work up of material structure, its uneven-grained structure and mechanical anisotropy.

According to the authors of works [3,4], the deformations during rolling in cross-rolling mills has a complicated nature, so much the more it is hard to anticipate the nature of SSS ofraw part during concatenation of screw rolling and compaction processes. For this reason, the study of severe plastic deformation (SPD) impact on metal structure of rollable product and determination of SSS nature and its impact on quality of resulting rods in rolling mills of “cross rolling and compaction” combined process is a relevant object.

In reference with the above, the current studies in the area of combined processes of PMT should be performed towards development of process enabling the management of structure and properties of metal in resulting items at various processing stages of combined processes [5].

According to the authors of work [6] the employment of mathematic simulation tools is the most advanced line of research for PMT processes. In their view, it allows, firstly, conducting the detailed and multi-factor analysis of impact of SSS and temperature-speed rates of deformation on product properties and, secondly, substantially reduced expenses and time for pursuance of research.

At the present time the CAE-systems based on finite element method (FEM) are widely used as the tools of mathematic simulation of operating procedures [7]. This method allows studying of SSS in any point of ductile sample with pin-point accuracy with account of rheological peculiarities of its materials. The application of FEM allows without considerable amount of assumptions and limitations to build the improved mathematical models including three-dimensional (3D). Therefore, using FEM the obtained results are more objective. FEM is a universal method having simple basic physics and mathematical form, which is implemented using flexible algorithm well-adapted for solution on computing machine.

With application of CAE-system the PMT processes have been actively studied within the last 15 – 20 years. The powerful software packages such as ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS, DeForm and QForm enabling to simulate such PMT processes as rolling, compaction, bulk forming, upsetting, etc. have appeared within this period [7]. Currently the researches have gained a vast experience in development of geometric models of instruments and raw parts, determination of components of stress and deformation tensors, strain rates, temperature fields at each point of deformable raw part, calculation of equipment power parameters. The gained experience in application of mathematic simulation tools has allowed taking the designing of PMT operating procedures to new scientific level, particularly, the critical task has appeared–having changed the parameters of SSS, temperature and speed to forecast and manage the properties in resulting product.

The following objective was set in this work: to design the combined process of high quality rods manufacture by calculation and uniform distribution of shear strain degree. The basis of the method consists in quantitative measurement of grain size depending on value and distribution of shearing strain degree in raw part during combined process of PMT.

It is important to note that for implementation of this method it is necessary to have functional relationship connecting the variables of heating and SSS processes with metal structure and properties. The obtaining of similar relationship requires the carrying out of large volume of experimental investigations. Therewith, the obtained dependencies will be fair for each individual group of materials under examination only.

Not withstanding the foregoing, the CAE-systems (DEFORM-3D program) having programming units enabling to perform the detailed analysis of [9] as well as functional relations [7] have been appeared in current time and regardless of the fact that averaged characteristics are used as initial parameters for employed material and the state of its initial structure is disregarded, this program and functional relations have produced the consistent results. The certainty of calculations and efficiency of DEFORM-3D application for computer simulation of process of rolling, black smithing and pressing confirms the experience of the leading industrial companies of Japan, USA and EU.

Materials and experimental technique. The new equipment of cross rolling, where the rods manufacture is performed continuously by concatenation of rolling and compaction processes is suggested in the work [10].

The equipment for continuous compaction of rods contains the main drive gear, reduction mill, rolls rotating in all directions and press die body. The rolls have the smooth and corrugated-conic sections of biting and drafting, accordingly and gauging cylindrical sections. At that the cusps and scallops of rolls having equal width and thus height and depth are made along helical curve with the angle between a line tangent to helical curve and line going through tangency point along forming perpendicular to roll foundation equal 45 to 60^{o}.

The compaction of rods is performed as follows. The raw part is delivered to the roll opening and deformed with cusps and scallops of corrugated-conic sections of rolls during rotation of rolls in the same direction. The rolls having rotated by own rotating motion move the wrought metal translationally and press out the press die bodies through its holes.

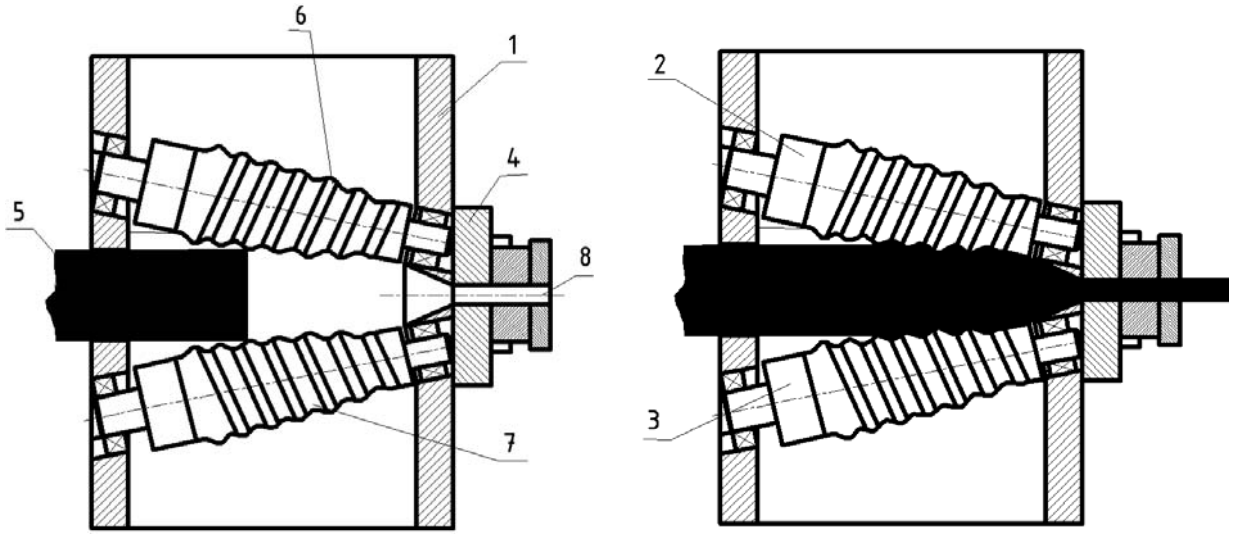


Figure 1 – Equipment for continuous compaction of rods:
1 – reductionmill, 2 and 3 – rolls; 4 – die body; 5 – raw part; 6 and 7 – cusps and scallops of rolls; 8 – hole for press die body

The rolling of raw part in corrugated-conic sections of rolls during rotation of rolls in one direction ensure the translation and rotational motion of raw part in the direction of rolling, effective structure refinement throughout the cross-section of raw part by means of development of shearing strain and decrease of roll force. Effective structure refinement ensures the recovery of quality product.

The finite element method using which the concerned process has been simulated was used for the analysis of SSS of metal. The DEFORM-3D [9] software package was applied as problem solver system. 3D geometrical model of raw part and instruments was constructed in the Compass CAD program and imported to the DEFORM-3D CAE program.

In such a manner, the elements of system in considered process is a 3D installation consisting of rolls, raw part, press die body, liners created in Compass. The file exported from CAD Compass 3D of *stl format was downloaded to the Pre-processor DEFORM-3D. The combined process was simulated in 3D environment with breakdown of raw part in 4 nodal elements (CTETRA). 2439 elements and 3096 nodes were required for the raw part model. Diameter of raw part – 30 mm, length of raw part – 200 mm, diameter of rolls in slots is 65 mm, and stud – 70 mm. The length of roll body is 85mm, feed angle – 6^{o}, toe angle – 20^{o}, diameter of discharge point of die body – 24 mm.

The work material – titanium alloy BT6 was set after download of geometrical arrangement to the Pre-processor DEFORM-3D. The rheological properties have been set from the data base of "MSC.SuperForge" software package. At that the work material was accepted as isotropic visco-plastic with non-linear age-hardening (BISO). The instruments were treated as perfectly rigid bodies. The friction was described according to Siebel law for the "roll-raw part" pair – 0.2; for "raw part–guide conduit" pair – 0.3; for the "raw part-die body" pair - 0.2; for the "pusher mechanism-raw part" pair – 0.3. The temperature of raw part was assigned as equal to 960 °C, temperature of rolls - 20 °C. The rolls rotational velocity was equal to 72 rpm. The calculation was performed with account of heat exchange between the raw part and rolls. During compaction, the elongation ratio was varied in the range of 1.2 – 1.6 with interval 0.2.

The "DEFORM-3D" program was activated. The displacement, conditions of compatibility of strain components, tensor components, rate of strain, components of stress, strain intensity, stress intensity, temperature distribution by volume of raw part have been calculated by step-by-step method.

Results and discussion. The pattern of strain intensity distribution in the raw part during rods compaction in the equipment for continuous compaction is shown on Figure 2. The temperature of raw part heating is 960 °C.

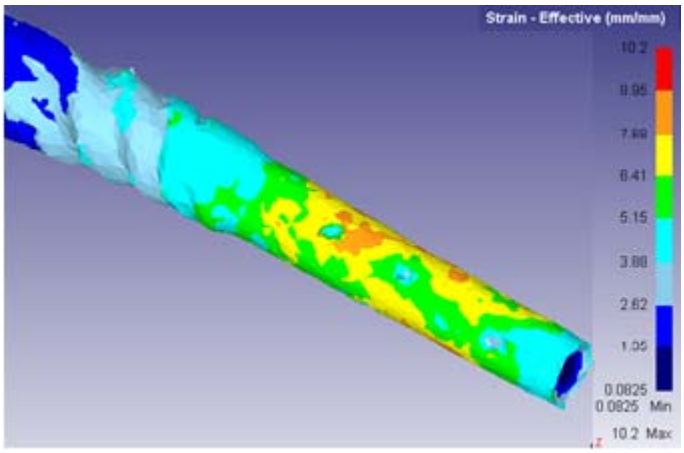


Figure 2 – The pattern of severe deformation distribution along
the cross section of raw part during continuous compaction of rods in new equipment of cross rolling with elongation ratio 1.2

On the basis of obtained results ofnumerical simulation it was established that:

- stress and strain intensity during deformation of round raw part in the equipment for continuous compaction is focused in the initial stage of processing in surface areas of raw part, and with the increase of drafting due to occurrence of friction force the focus of stress and strain intensity is transferred to central areas of a raw part;

- in the process of deformation the stress and strain in tensity along the cross section of raw part equalizes, i.e. during rotational and translational movement of raw part the transfer of sections with localization of stress and strain intensity from the surface to the center leads to equilibrium distribution of summarized rate of shearing strain along the cross section of raw part;

- gradual transfer of areas with localization of stress and strain from the surface area to central area of a raw part leads to elevation of heat evolution in these areas;

- rotational and translation movement of a raw part leads to the turn of sections with maximum stress and strain along the cross section of a raw part;

- during compaction of round raw part in equipment for continuous compaction, due to turn of areas with maximum stress and strain along the cross section of raw part, the macro-shearing deformations causing pervasive changes of metal structure by deformation zone by means of refinement of initial metal structure develop extensively;

- maximum possible shear is implemented with ratio of stud width to the slot width equal to 0.8…0.9;

- pattern of stress components distribution is testimony to the fact that tensile stress small in size appear in the core zone of pressed raw part. The effect of these stresses on raw part metal under certain condition may lead to appearance of defects in the central area of raw part. However, during subsequent uniform compression of raw part metal in the die body of equipment will lead to welding-up of these defects;

- during the compaction process in new equipment the temperature in areas of deformation localization increases, at that the area with elevated temperature also shifts along the deformation zone;

- in the areas of instrument contact with the raw part, the metal temperature drops to 900...920 ^{o}C;

- increase of level and homogeneity of metal mechanical properties as well as lowering of its anisotropy of properties is a consequence of refinement of initial metal structure.

In such a manner, according to simulation results the obtained patterns of distribution for strain and stress intensity have shown that during compaction of round raw part in combined screw-shaped rolls and cylindrical die the value and nature of shearing strains varies significantly. The application of new continuous compaction equipment makes it possible to provide the additional macro shears in deformable material.

It is known that application of macro-shearing strains of cast products affords an opportunity with compressions only by 8 – 10 % to ensure the high quality gross structure of metal out of steel and alloy [11-13]. The effectiveness of macro-shearing strains impact on metal structure is related to actions taking place along the planes (surfaces) of macro-shear in micro-level [11-13]. The slide curves residing within

the macro-shear bands penetrate through the entire grain. It is found [11-13], that during the process of plastic straining with additional macro shears the trans grain sliding taking place on the surface of macro shears of displacement appears. At that, the microsliding takes place in all grains being on these surfaces, in one direction regardless of orientation of sliding planes in metal grains and grain junction lines.

Thus, the macro-shearing strains cause pervasive changes in metal structure by means of trans-grain sliding, independent on crystal orientation of grains; result of these changes is increase of level and uniform quality of metal mechanical properties as well as lowering of its anisotropy.

The analysis of diagrams of strain intensity variation Γ along the section of deformable raw part during compaction in combined equipment suggests that during compaction with elongation ratio 1.2 the strain intensity has the largest values in the surface area of pressed raw part (Figure 3, where D_i – distance to the studied point by diameter of raw part; D_0 – diameter of raw part, φ_i – rotation angle to studies point along cross section of raw part; $\varphi_0 = 360°$ – angle of full circle of raw part). Thein crease of elongation ratio up to 1.6 leads to aligning of strain intensity along cross section of deformable raw part (Figure 4).

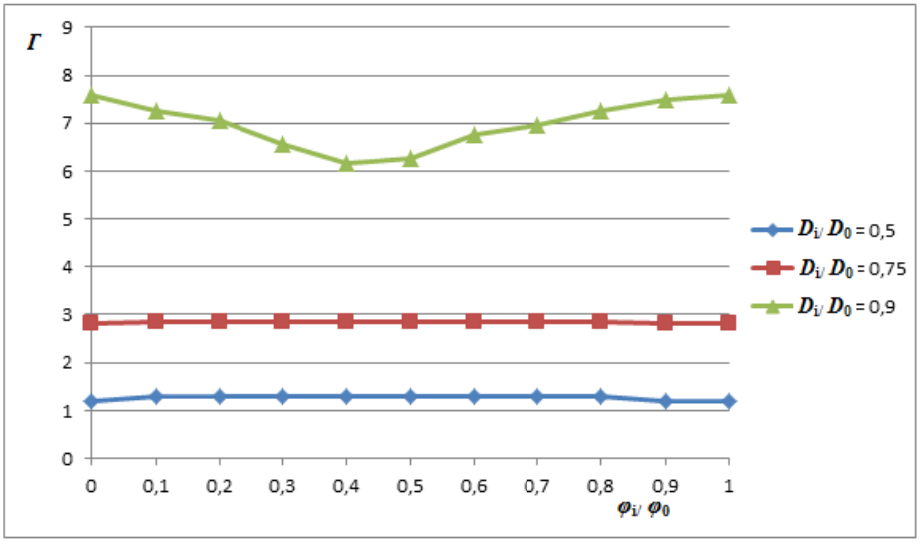


Figure 3 – Distribution of Γ along cross section of raw part during compaction in combined equipment with elongation ratio 1.2

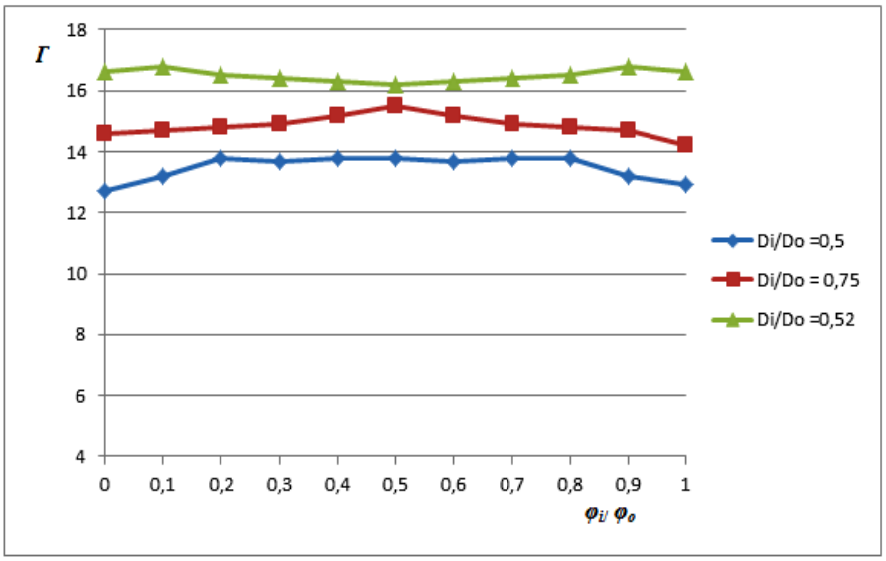


Figure 4 – Distribution of Γ along cross section of a raw part during compaction in combined equipment with elongation ratio 1.6

The model of globularization for BT6 titanium alloy under Johnson-Male-Avraami-Kolmogorov, obtained in the work [14], was used for study of microstructural evolution. The calculation of volume ratio and mean size of equiaxial grain structure of BT6 titanium alloy have been performed according to these model.

During calculation the initial grain size was set as equal to 15 micron according to GOST 26492-85. The initial structure of raw parts was taken as lamellate.

The critical strain required for formation of globular grains was determined according to formula: $\varepsilon_c = a_1\varepsilon_p$, where $a_1 = 1$ – constant rate [14]; $\varepsilon_p = 0.5$ – strain intensity where in the formation of globular grains starts.

The volume ratio of globular grains of α-phase was calculated using Avraami equation [14]:

$$X_{rex} = 1 - \exp\left[-\beta_d\left(\frac{\Lambda}{\Lambda_{0,5}}\right)^k\right],$$

where β_d and k – constants of materials (values of materials constants are given in Table [14]); $\Lambda_{0,5} = a_2\dot{\varepsilon}^{m_1}$ - degree of strain wherein 50 % recrystallization takes place in the metal structure; a_2 and m_1 – empirical parameters enabling to determine the impact of strain rate on formation of globular grains [14]; $\dot{\varepsilon}$ - strain rate, c^{-1}.

Parameters of microstructural model for BT6 alloy

t, °C	a_2	m_1	β_d	k	a_3	n_1	m_2
1250	1,1	0,01	0,734	5,034	1,168	–0,325	–0,127
1000	1,1	0,01	0,734	5,034	1,168	–0,325	–0,127
980	1,1	0,01	0,734	5,034	1,168	–0,325	–0,127
850	1,16	0,01	0,734	5,034	1,997	–0,595	–0,058
780	1,321	0,01	0,734	5,034	2,294	–0,424	–0,101

The mean size of globular grain was calculated using the formula [14]:

$$d_{rex} = a_3\Lambda^{n_1}\dot{\varepsilon}^{m_2}, \text{ if } d_{rex} > d_o, \text{ then } d_{rex} = d_o,$$

where a_3, n_1, m_2 – empirical parameters considering the impact of strain rate and degree [153].

The following equation was used for determination of average grain size for α-phase [14]:

$$d_{cp} = X_{rex}\cdot d_{rex} + (1 - X_{rex})d_o.$$

The start of globularization takes place with strain degree $\varepsilon_c = 0.5$.

The change of globular grains share in the structure after compaction in new equipment with various elongation is shown in the Figure 5. From the picture it is apparent that after compressions in proposed equipment with elongation ratio 1.2 under temperature 960 °C the share of globular grains along the cross section of raw part amounts to 0.431...0.867. At that, because of large value of shearing strain rate in surface areas and areas adjacent to surface areas of raw part the grain globularization passes almost completely. However, because of small value of shearing strain rate in central areas of raw part, the grain globularization in these areas passes incompletely.

Following the compaction in new equipment under temperature 960 °C with elongation ratio 1.4 the share of globular grains along the cross section of raw part amount to 0.614...0.948, i.e. due to accumulation of shearing strain rate along the cross section of raw part the grain globularization passes almost completely.

During the process of deformation in the continuous compaction equipment with elongation ratio 1.6 and more, the areas of deformation zones obtain the sufficient deformation to the end that the structure was fully converted from lamellate to globular (Figure 5).

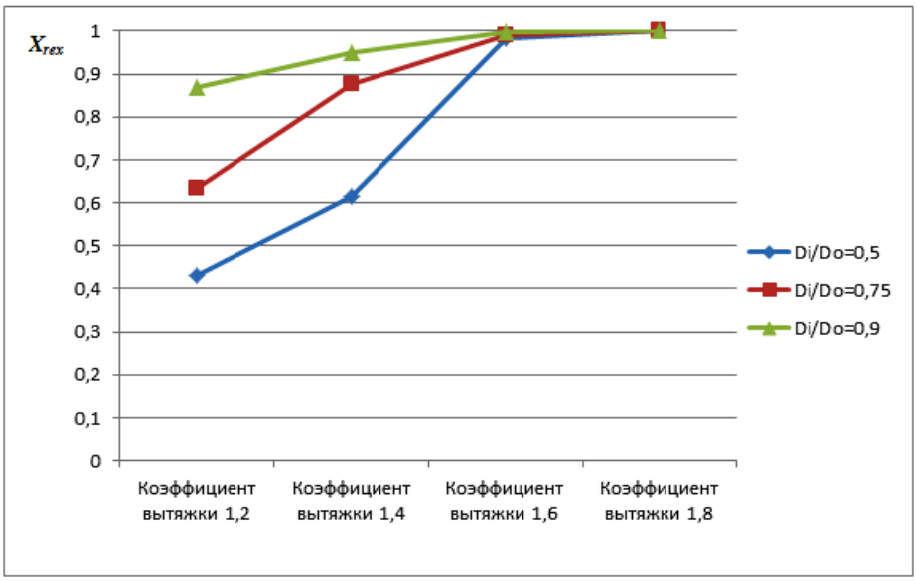


Figure 5 – Graph of variance of volume ratio in globular structure during production of rods by extrolling combined process

The variance of medium size of globular grain by transitions is presented in the Figure 6. In the process of compaction in new equipment with elongation ratio 1.2 and 1.4 the mean size of globular grain equals, accordingly: 6.954...9.247 micron and 4.861...5.243 micron. After processing in equipment for continuous compaction with elongation ratio 1.6 the finely grained uniform structure with medium size of globular grain 0.563...1.237 micron is formed.

In such a manner, the globularization of grains in the course of processing according to proposed operating procedure takes place almost throughout the rollable rod. Herewith, the finely grained homogenous micro pattern, which allows for improvement of titanium alloys quality, is resulted from in new equipment after pressing.

Hence, it appears that for production of rods with fine-grained structure out of BT6 alloy, it is possible to recommend its compaction in new equipment for continuous compaction out of pretreated primary raw part. The preliminary compaction in new equipment with elongation ratio 1.2 – 1.6 makes possible to redistribute and spread evenly the rate of shear deformation along the cross section of raw part. This, on one hand increases the value of shearing strain causing the refinement of initial structure, and on the other – reduces the risk of formation of coarse grained structure peculiar to compaction of rods according to existing technology.

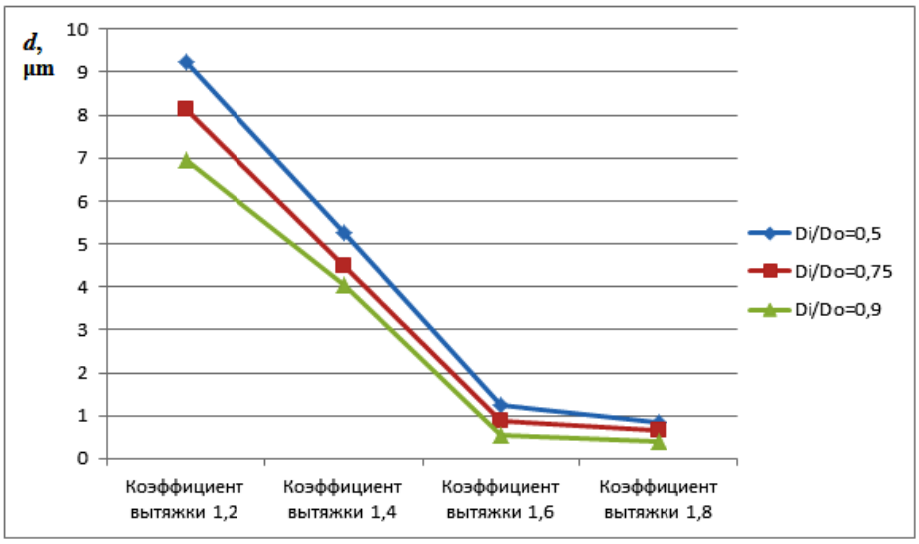


Figure 6 – Graph of variance of medium size globular grain during production of rods by the extrolling combined process

Conclusion. On the basis of the foregoing, it can be noted that

- at first stage of deformation in the continuous compaction equipment the stress and strain intensity are focused at the surface of raw part, and at the following stages of compaction these values concentrate in central areas of raw part;

- during compaction in new equipment due to turn of areas with maximum intensive stress and strain along the cross section of raw part the macro-shearing deformations causing pervasive changes in the metal structure by means of trans-grain sliding build up extensively;

- intensive grinding of metal structure and there by increase of level and homogeneity of metal-mechanical properties as well as decrease of its properties anisotropy is a consequence of macro-shearing strain development;

- application of new equipment for continuous compaction of rods in production will ensure there covery of fire-grain and homogenous structure, with volume ratio of globular structure equal to 1.0 and thus high mechanical properties.

REFERENCES

[1] Sidelnikov S.B., Dovzhenko N.N., Zagirov N.N. Combined and integrated methods of non-ferrous metals and alloys processing: monograph / – M.: MAXPress, 2005. – 329 p.

[2] Mashekov S.A., Biyakayeva N.T., Nurtazayev A.E. Forge technology in the instrument with variable form. - Pavlodar: “Kereku” Publishing house, 2008. 634 p.

[3] Teterin, P.K. Theory of cross and screw rolling / 2-nd ed., updated and revised. – M.: Metallurgy, 1983. – 270 p.

[4] Kovalyov, D.A. Research and development of cross rolling process technology for increase of plasticity of hypereutectic silumin alloys: Dis. Cand. Sc.: – M.: 2011. – 140 p.

[5] Mashekov S.A., Biyakayeva N.T., Mashekova A.S. Monograph. Problems of titanium alloys forge and its solutions. Part 1 and 2. Publishing house: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 230 p. and 251 p.

[6] Paltiyevich A.R. Production of articles with preset complex of mechanical properties in the pressure metal treatment processes using mathematic simulation methods. Engineering technique, No. 8 (74), p. 60 – 64.

[7] Ivanov K.M., Shevchenko V.S., Yurgenson E.E. Finite element method in process tasks of PMT: Study guide. S-Pt. Institute of machine building, 2000. 217 p.

[8] Belov M.I. Utilization efficiency of mathematic simulation through studies of optimization and designing of PMT operational procedures. - M.: Moscow Institute of Steel and Alloys, 1996. - p. 224-227.

[9] Kharlamov A., Uvarov A. DEFORM – software package for simulation of pressure metal treatment processes // CAE systems and graphic. Instruments of designer, 2003, No. 6., www.tesis.com.ru.

[10] RK patents No. 27722. Mashekov S.A., Nugman E.Z., Alshynova A.M.,etc. Equipment for continuous compaction of moulded articles. Publ. on 18.12.2013, bul. No. 12. 3 p.: ill.

[11] Tyurin V.A., Antoschenkov Y.M., Burov I.A., etc. Analysis of macro displacement of metal during forging-fullering of hollow billets on simple male punch. - В. кн. Pressure metal treatment: Collection of research papers. / Moscow Institute of Steel and Alloys. - M.: MISA, 1987, p. 39-43.

[12] Assessment of plastic forming processes performance with respect to minimum inhomogeneity of deformation / O.S. Zhelezkov, E.Y. Chuiko, F.F. Gatin, S.O. Zhelezkov// Pressforging. Pressure metal treatment. 2009. No. 5. p. 31-34.

[13] Application of minimum inhomogeneity of deformation criterion for evaluation of efficiency of pressure metal treatment processes/ O.S. Zhelezkov, F.F. Gatin, E.Y. Chuiko, S.O. Zhelezkov// Reporter of MSTU named after G.I. Nosov. 2009. No. 1. p. 46-48.

[14] Lopatin N.V., Maradudina O.N., and Dyakonov G.S. “Analysis of the Structure Formation and Properties of the VT6 Alloy during Upsetting of the Symmetrically Truncated Conical Billets”, Russian Journal of Non Ferrous Metals, 2011, Vol. 52, No. 1, 33–38.

С. А. Машеков[1], М. В. Гладков[2], Б. Н. Абсадыков[3], А. С. Машекова[1]

[1]Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Қазақстан,
[3]Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

Deform-3D КӨМЕГІМЕН ҮШБІЛІКТІ ОРНАҚТА ШЫБЫҚТЫ ЖАЙМАЛАП-БАСПАҚТАЙТЫН СЫЙСТЫРЫЛҒАН ПРОЦЕСТІ МОДЕЛДЕУ

Аннотация. Мақалада Deform 3D бағдарламасы көмегімен үздіксіз баспақтайтын қондырғыда дайындаманы бұрап илемдейтін және баспақтайтынсыйстырылған процесс компьютерлі модельденіп, шыбық металында пайда болатын кернеулі-деформациялы күйдің есептеліп алынған мәні келтірілген. Үздіксіз

баспақтайтын қондырғыда дайындаманы әртіүрлі кермеулеумен деформациялағанда металда пайда болатын кернеулі-деформациялы күй талданған. Үздіксіз баспақтайтын қондырғыда дайындаманы баспақтаудың бірінші сатысында кернеу мен деформацияның қарқындылығы дайындаманың беткі жағында, ал баспақтаудың келесі сатыларында айтылған мөлшерлер дайындаманың орталық аймақтарында шоғырланатын жұмыста анықталған. Жаңа қондырғыда баспақтаған кезде кернеу мен деформацияның максимальды қарқындылығы орналасқан аймақтар бұрылатын болғандықтан, дайындаманың қимасы бойынша макроығысу деформациясы қарқынды дамитындығы мақалада көрсетілген. Бұндай деформация транстүйіршікті сырғу есебінен металл құрылымын қатты өзгертетіндігі жұмыста табылған.

Түйін сөздер: компьютерлі модельдеу, сыйстырылған процесс, үздіксіз баспақтайтын процесс, кернеулі-деформациялы күй, ығысу деформациясы, ұсақтүйіршікті құрылым.

С. А. Машеков[1], М. В. Гладков[2], Б. Н. Абсадыков[3], А. С. Машекова[1]

[1]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,
[2]Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, Казахстан,
[3]Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕЩЕННОГО ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ-ПРЕССОВАНИЯ ПРУТКА В ТРЕХВАЛКОВОМ СТАНЕ С ПОМОЩЬЮ Deform-3D

Аннотация. В статье, с использованием программы Deform 3D, произведено компьютерное моделирование совмещенного процесса винтовой прокатки и прессования заготовки в устройстве для непрерывного прессования, и представлены рассчитанные значения напряженно-деформируемого состояния металла прутков. Произведен анализ напряженно-деформированного состояния металла при деформировании в устройстве непрерывного прессовании с различным коэффициентом вытяжки. Отмечено, что на первом этапе деформирования в устройстве непрерывного прессования интенсивности напряжений и деформации локализуются на поверхности заготовки, а в последующих этапах прессования данные величины сосредотачиваются в центральных зонах заготовки. Показано, что при прессовании в новом устройстве из-за разворота зон с максимальным интенсивным напряжением и деформацией по сечению заготовки интенсивно развиваются макросдвиговые деформации, вызывающие глубокие изменения в структуре металла за счет трансзеренного скольжения.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, совмещенный процесс, устройство для непрерывного прессования, напряженно-деформированное состояние, сдвиговая деформация, мелкозернистая структура.

Сведения об авторах:

Машеков Серик Акимович – доктор технических наук, профессор, Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства» (СМиТМП).

Гладков Максим Владимирович – докторант PhD по специальности 6D071200 «Машиностроение», Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, кафедра «Транспорт и машиностроение» (ТиМ).

Абадыков Бахыт Нарикбаевич – доктор технических наук, профессор, Казахстанско-Британский технический университет.

Машекова Айгерим Сериковна – PhD, Ассистент преподавателя, Назарбаев Университет, Школа инженерии.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 246 – 254

UDC 624.131.524.4

I. S. Brovko, K. S. Baibolov, K. I. Ibragimov, Y. B. Kunanbayeva

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan.
E-mail: brovkoi56@mail.ru, kanat-bai@mail.ru, kudaybergen_ibragimov@mail.ru, aira.kunaeva@mail.ru

THE RESULTS OF MODELING AND FIELD STUDIES OF THE INTERACTION OF LARGE PILES WITH GROUND SUBSIDENCE

Abstract. The problems of modern geotechnical construction in the region of southern Kazakhstan are considered in this article. Engineering geological conditions in most of the territory are represented by ground subsidence. In conditions of tight urban and industrial buildings, as well as when it is necessary to transfer significant loads from high-rise buildings to the basement, the use of pile foundations is the only solution.

The aim of the work is to study the interaction of pile foundations with ground subsidence.

The article describes the principles of modelling the joint work of a long-bored pile with ground subsidence. The use of tensometry tools for studying the physical processes occurring on the contact surface between the pile and the soil is considered. The basis for obtaining information on the development of negative friction forces has been developed using model tests to pull piles out of the ground.

The results of tests of model piles and piles in full-scale conditions are presented. The tests were carried out on the action of a vertical pressing load, as well as on a pulling load. Experimental studies on models were carried out by the method of equivalent materials. The soil model was a mixture of sand, rubber chips and autoclave in a proportion by weight of 2: 0.1: 0.2. Strength and deformation properties of the soil model were determined by the degree of compaction. For comparison, the results of studying the work of field piles, obtained by the Association "Seismic Protection" are taken. Tests of piles were carried out during the construction of the METRO shopping complex in Shymkent. Due to the application of the modelling theory, the qualitative convergence of model and full-scale tests is achieved, including the receipt of "sediment-load" test schedules for models of piles and field piles.

The obtained experimental studies will make it possible to successfully use pile foundations in ground subsidence in the future. This will ensure the reliability of erected buildings and structures.

Modelling of joint work of long bored pile with ground subsidence allows us to make informed decisions on a wide range of tasks in production situations. Due to the observance of the postulates of the theory of modelling, the qualitative convergence of model and corresponding full-scale tests has been achieved in the studies carried out. Sufficient qualitative convergence of the "load-sediment" schedules of model and full-scale tests of piles has been achieved. The use of tensometry tools made it possible to detail the study of physical processes occurring on the contact surface between the pile and the ground.

Keywords: pile, pile model, tensometry pile, ground subsidence, "load-sediment" schedule, negative friction force.

Introduction. Summing up the experience of many years of base preparation and foundation construction in south region of Kazakhstan and analysing the current modern geotechnical situation it should be noted that the local geological conditions are very complex and specific. They are characterized by the proliferation of sharp inhomogeneous soils, in most of the territory - subsidence, the properties of which are heavily influenced by underground water, the level of which is constantly changing upwards and the seismicity of the region. In addition, current construction conditions characterized by crowded urban and industrial developments need a huge stress on the base of high-rise construction and need to use areas with problematic soil conditions [1-3]. The underestimation of even one of these factors or a flippant attitude to base preparation and foundation construction can lead to unacceptable deformation of buildings

and structures, elimination of it at the stage of construction of the object, or after the completion is almost impossible. If it is necessary to restore the deformed emergency buildings or structures, the cost is very high.

With the implementation of mega projects in major cities around the world, through the use of advanced high-precision technology, it was possible to solve many problems of geotechnical construction, similar to the above. One of these methods is an arrangement of deep-laid foundations. As noted by leading domestic and foreign scientists, only the use of pile foundations make possible the perception of carrying loads of soil layer of about 4,000 - 25,000 kH of high-rise buildings. This dramatically reduces the volume of work "zero" cycle, for example, compared with the device of artificial bases that during the construction of a number of objects in the region associated with the necessity of excavation volume from passages 100,000 cubic meters of soil and delivery and seal of gravel-sand mixture of approximately equal to half of this amount.

Among the existing methods pile foundation construction device is fundamentally different in the nature of the load transfer on the ground [4, 5]. Therefore, in some cases, for example, for the rapid construction of foundations in the ground subsiding, they are regarded as the only possible option. However, even if the pile "cut" filler primer, cannot be guaranteed their full operational reliability [6, 7]. This is due to the fact that the side surface impact strength piles "negative" or biasing the friction [8-10], that can be so large that the load capacity decreases drastically and piles can be minimized. This complex, ambiguous process is poorly understood and requires both experimental research and analytical studies.

In this paper an attempt is made on the basis of pilot studies to identify the actual physical processes occurring in the soil, to make comparisons test piles on models and in natural conditions. This will later be successfully used in pile foundations subsiding soils, ensuring the reliability of constructed ground building constructions.

Methods of research. At the first stage the experimental studies carried out on models by equivalent materials [11-16]. Fundamentals of the method of equivalent materials were developed by G.N. Kuznetsov and et al. [13], and modelling systems "pile foundation-ground" with this method was developed in [14] and is as follows:

- from some artificially selected materials in compliance with the geometric similarity model and the nature of the soil and made a model of the pile;
- materials of which must be made the model chosen with such physical and mechanical properties, which would be in certain ratios with mechanical and physical constants of nature;
- these relations are based on the general law of dynamic similarity considering the simultaneous action of the forces of gravity and internal pressure;
- material that meets the above requirements, given the properties of the simulated soil and given a linear scale model, gets the name of the equivalent to this ground material;
- model of the foundation must also satisfy the requirements of the equivalent mechanical similarity of nature;
- in compliance with the requirements described, as well as the necessary initial and boundary conditions, the processes occurring in the model should be developed in a form close to nature. Just as in nature, the development of these processes will take place taking into account the influence of gravity of the model itself without any external additional loading. "

The general law of Newton's dynamic similarity is the basis of the method [15]

$$\frac{N_M}{\gamma_M i} = \frac{N_H}{\gamma_H J} = K = in\upsilon, \tag{1}$$

where K is "determining criterion of similarity" processes of deformation and destruction of the soil under the action of gravity and the stresses in the ground; $\gamma_M;\gamma_H$ are specific gravity of modelling and full-scale soil; $i;J$ are linear dimensions of model piles and full-scale piles; $N_M;N_H$ are value corresponding to different power characteristics of the model and nature state, dimension of which is force/area.

Equation (1) reduces to the form (2), in which selects mechanical properties of equivalent materials

$$N_M = \frac{i}{J} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_H} \cdot N_H . \quad (2)$$

To do this, knowing the characteristics of the simulated rock expressed by some numerical parameters N_H, set the scale simulation $\frac{i}{j}$ and attitude $\frac{\gamma_M}{\gamma_H}$, with the equivalent materials in the elastic stage, the following dependencies must be followed

$$E_M = \frac{i}{j} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_H} \cdot E_H ; \quad (3)$$

$$C_M = \frac{i}{J} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_H} \cdot C_H ; \quad (4)$$

$$\mu_M = \mu_H ; \quad (5)$$

$$\varphi_M = \varphi_H . \quad (6)$$

To carry out comprehensive studies of the interaction of piles and soil of the array, the selected scale simulation of 1/40, using the formulas 3-6, the calculated values of deformation and strength characteristics of the model piles and soil were obtained. Model soil was a mixture of sand, rubber crumb and avtol in a proportion by weight of 2:0.1:0.2, strength and deformation properties of which are determined by the degree of compaction. Table 1 summarizes the characteristics of the equivalent mixture with a density adopted in the experiments placing it in the tray, and the appropriate nature of soil.

Features of equivalent mixture

Feature name	Symbol	Measure	Model grounds	Nature grounds
Deformation module	E	МПа	1.628-2.035	40.7
Specific adhesion	c	МПа	0.000575	0.0115
Angle of internal friction	φ	°	29	29

For a system of "pile foundation-soil" according to the formula (7) was calculated modulus of elasticity of the pile material model $E_{M.CB.} = 1500 МПа$. The tubes used for simulation of reinforced concrete piles were made of vinyl plastic with the elasticity module of $E_B = 1450 МПа$.

$$E_{M.CB.} = E_{M.ГР.} \frac{E_{H.CB.}}{E_{H.ГР.}}, \quad (7)$$

Results of the study. In this procedure, the work of piles was studied on the action of a vertical load pressed and the dependence of "sediment-load". Piles model was loaded increasingly pressed load steps ΔP = 20 H. At each step, after stabilization, rainfall was measured. General view of the test tray is shown in Figure 1.

Figure 3 shows a similar dependence obtained by 'Seism protection' Association [16] during the test piles great lengths to ground subsidence during the construction of the shopping centre "Metro" in Shymkent. Comparing the graphics test piles *S=f(P)* model piles (Figure 2), made with all the parameters as geometric dimensions, soil conditions, the nature of the load and etc. real-pile foundation, with these static tests on the construction site (Figure 3), we can say that they have the same character. Both comparable graphics have smooth character, without any fracture points expressions (breakdown). In the initial stages of loading the model and the actual pile had not any movement. The model received the first movement with a load of 20 H, a full-scale pile at P=1705 kH. This is primarily due to the significant dimensions of the full-scale pile: a length of 23 m and 1 m in diameter that allows the perception of large loads. Then, as the loading steps, the model and full-scale pile gently pressed into the soil, reaching move of 1 mm at 100 H and 2.94 mm at 3751 kH respectively.



Figure 1 – General view of the static tests of model pile vertical load pressure.

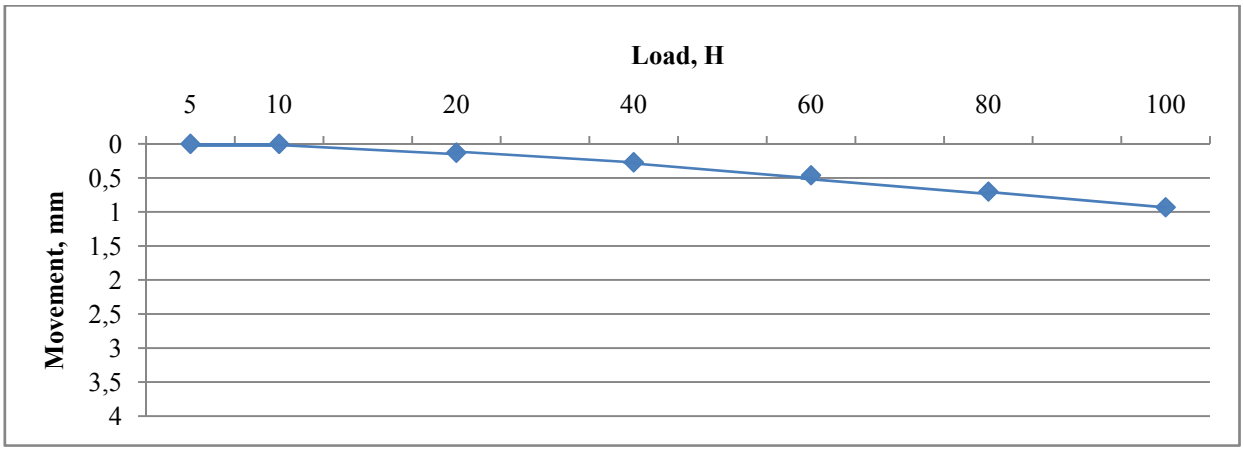


Figure 2 – Graph of S = f (P) relation in the test of model pile vertical load pressure

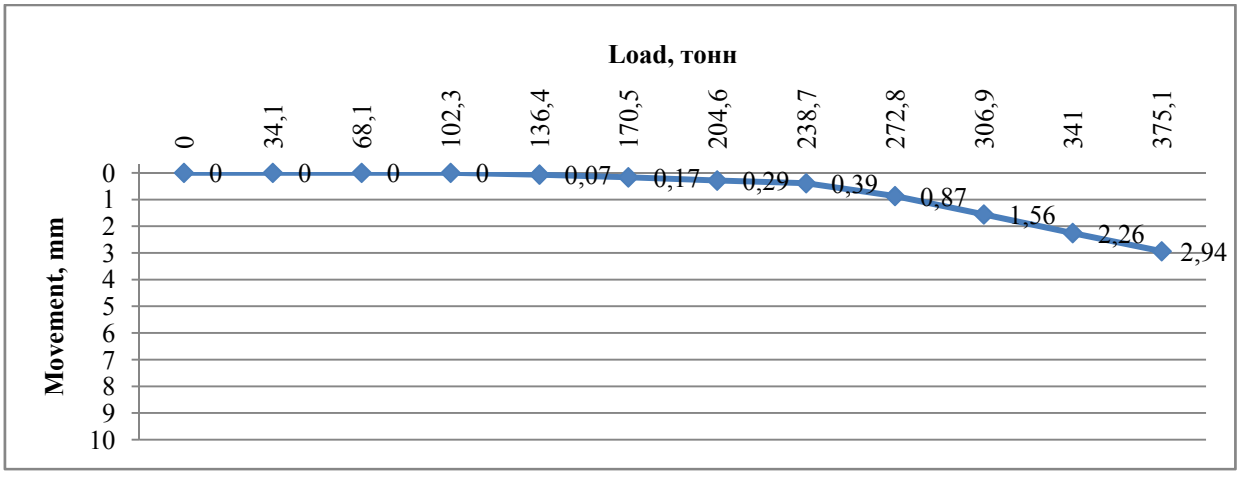


Figure 3 – Graph of S = f (P) relation in the test of full-scale pile vertical load pressure

As 'Seism protection' Association [16] indicates, further loading of full-scale pile pressed load was discontinued from the condition of the bearing capacity of the anchor installation. This achieved, when tested in a load-bearing capacity of as 'Seism protection' Association [16] indicates, further loading of full-scale pile pressed load was discontinued from the condition of the bearing capacity of the anchor installation. This achieved, when tested in a load-bearing capacity of 3751 kH, exceeds the force provided by the project (2727 kH). The model tests were also achieved the vertical force, comparable to a force at which stopped the test in real conditions.

Given the fact that the base in the case of construction are subsiding loess soils in the study paid attention to studying the possible development of the forces of "negative" friction. To this end, in accordance with applicable regulations of [17 - 20], in the second phase were carried out tests on the pile pulling (Figure 4).



Figure 4 – General view of the model strain gauge static test pile pull out

Similarly to full-scale tests carried out modelling studies in compliance with the relevant parameters of real foundation structures. The results of model experiments are shown in Figure 5, full-scale in Figure 6. The comparison of the graphs show that the curves as in the case of the test on the pinch load is

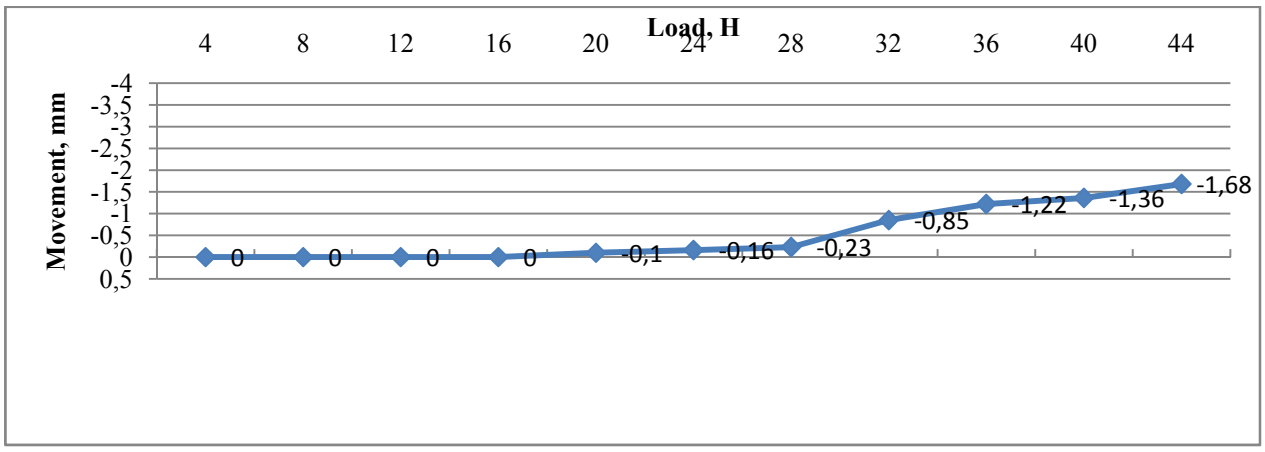


Figure 5 – Graph of S = f (P) relation in the test of model pile on pulling load pressure

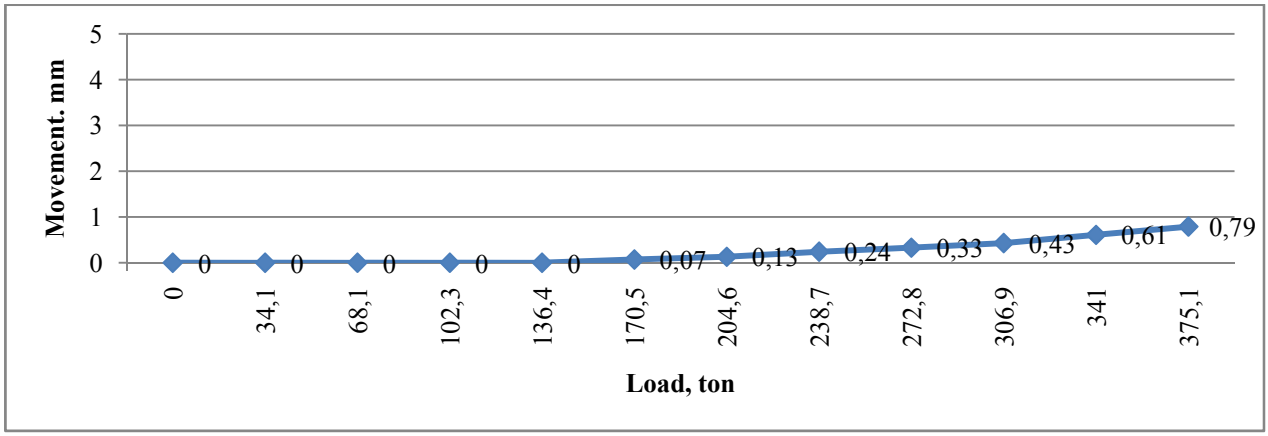


Figure 6 – Graph of S = f (P) relation in the test of full-scale pile on pulling load pressure

approximately the same. In Figures 5 and 6, there are areas with "zero" displacement values. That is the load pulls are applied and there is no movement. This section of graphs can be interpreted as a lack of effort to vertically pulling out of the pile. In other words, this section of the graph there is not enough force to overcome the friction forces between the side surface of the pile and the ground. For model pile vertical force of 20 H was sufficient to start pulling it.

Pulling an experimental full-scale pile as shown in Figure 6 started at 1705-1875.5 kH. Further, by increasing the pull out loads, there is capacity vertical upward movement

In the case of field tests these movements are smoother than in the case of model piles. Note that the graphic is visually distinguished in this range but the absolute value of the difference is less than 1 millimetre. This is due to the different scale of charting. In the experimental test piles in natural conditions found that the resulting pull out load in 1875 kH when it moved 0.79 mm, satisfies design requirements of 1620 kH.

For a detailed study of the interaction of the pile to the surrounding soil models were fitted with strain gauges. Indications of gages allow tracing the features of the contact with the ground in piles four levels along the length of the pile shaft (in places strain gauge installation).

The results of the trough test can state that the strain gauges (installed in pairs on different sides of the pile) consistently responded to the emerging body of model piles in force. Gages indications on compressive strain had the "minus" sign and on stretching "plus".

With increasing load on the pile is pressed into the head, respectively, increased its sediment and body piles developed compressive stress, which is reflected in the readings of strain gauges. The appearance of the compressive stress occurred as a result of soil resistance on the tip and lateral surface of the pile. Thus, evidence of strain gauges is used to characterize the collaborative model tensor pile with the surrounding soil.

The load on the pile readings of strain gages, taking into account the reduction of negative values, increased at all levels investigated in depth. The exception to the general picture is the testimony to the first loading stage at P = 20 H, where contrary to the general logic with minimum load obtained the highest readings. It was not found any other explanation, as a failure in the testimony of strain gages themselves on the verge of the threshold sensitivity.

Evaluating work on levels of sensor location, it can be seen that the largest value in all stages of loading piles showing upper sensor and this is due to the proximity of load, which is attached to the head, the greater the stress concentration in the upper portion of the pile body. As the depth of the considered area, tension in the body of the pile is reduced and fixed the 2nd and 3rd sensor on top, whose evidence at different stages of loading were approximately equal. Reducing stress in the pile, the depth, probably due to the increasing entry into the work of the soil surrounding the pile, which is because of friction forces with the depth of the body relieves piles. Consequently, these can be indirectly sensor readings interpreted as an increase of friction forces on the lateral surface to the depth.

Lower probe testified less than the top but more than two medium-depth probes. This is due, in our view, again with increasing stress concentration at the lower portion of the pile but this time associated

with the presence of dense soil, which was loaded in the lower part of the pile pattern, as in the case of real pile.

In general, assessing the overall picture of the work of the model piles, equipped with strain gauges, in cooperation with the base it can be stated that the transfer of the load on the pile, the work enters the side surface and the tip. Moreover, soil resistance force on the lateral surface, which can be described as the specific friction force, increases with depth.

The lower part of the pile, near the plane of the bearing, is affected by the supporting reaction dense soil layers that affect the lateral surface of the bottom of the pile. The sensor mounted on the 4d (where d - diameter piles) from the bottom of the pile has shown that the impact of the work keenly felt at this distance.

In accordance with the applicable rules, during the construction on loess soils type II subsidence, it is necessary to pull out of the pile load test. These tests were carried out in field conditions, and we are duplicated models. From the testimony of the strain gauges can be seen that when a load pulls the head of the pile they are not all at the same time entered into operation: the first stages of booting up from 4 H to 12 H gauges all showed zero. Then, with a load of 12 H to 24 H work involved in almost simultaneously sensors mounted on the lower three layers. And only in the last instance the upper sensor at 28 H. This character model pile of work when pulling can be explained by the degree of "pinching" piles in the ground that was more on the middle and lower levels. In these areas, piles of body experience more load, which is reflected in the testimony of strain gages. Upper sensor later others joined in the work, as in the upper layer "pinched" the pile of soil was minimal. Further, with increasing efforts pulls in the range 28 to 36-40 H sensor readings uniformly increased, reflecting the increase of friction forces on the lateral surface. Then, the moment reduction of strain gages readings in the range of 40-44 H in which began to pull out the slip model with respect to the surrounding soil.

As these studies have established with efforts 46-48 H come "breakdown" of the pile, that is, without a further increase in load, began to pile vertically extracted from the ground. It should be noted that throughout the period of the test, except for the last two stages of 40-44 H, the testimony of two medium-sensor installation depth is greatest. On the steps of 40-44 H, when the "slippage" of the pile started, set a definite pattern in the testimony. The largest observed reading at the top of the sensor and with increasing depth of the sensor installation its readings in this range of loadings are reduced. This, in our opinion, due to the entry into force of gravity itself piles. That is, at the moment when the pile start to slip, and then free to be pulled out of the ground to the sensors began to affect the weight of the pile. We can say that at the level of the top of the sensor affects the weight of the pile located below it. Consequently, each sensor located below the weight acting increasingly short pile portion, and hence the voltage in the lower sections was less.

Conclusions. Analysis of the results experimentally obtained from models and their comparison with the data of full-scale tests brings to the following conclusions:

- collaboration modelling bored piles of great length with collapsible loess, carried out by the method of equivalent materials allows to make informed decisions on a range of tasks and production of geotechnical problematic situation;
- by adhering to the tenets of the theory of modelling in conducted studies the qualitative convergence of model and the relevant full-scale tests was achieved;
- sufficient convergence of high-quality produce for the most important geotechnical charts "load - sediment" model and full-scale tests of piles was achieved, which holds great promise for further research;
- use of tensometry means has allowed detail study of the physical processes occurring at the contact surface between the pile and the ground;
- model tests on the pull-out of the pile of soil laid the foundations of information about the development of the negative forces of friction, taking into account local characteristics of soil basements.

In accordance with the chosen methodology and research on the basis of these findings, this work continues and is aimed at testing the model tensor pile in soils of different density and resistance to structural changes on the lateral surface. In addition, the situation will be examined when the pile affects settling layer of soil, located on the top, and when the edge of the pile under the soil loses its bearing capacity as a result of soaking the bottom.

REFERENCES

[1] Krutov V.I. (2012) Design characteristics of pile foundations in soils prone to slump-type settlement based on building code 24.13330.2011 (in order of discussion), Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1-7. DOI: 10.1007/s11204-012-9184-6

[2] Krutov V.I. (2008) Refinement of design rules for beds and foundations on soils prone to slump-type settlement, Soil Mechanics and Foundation Engineering, 45:148-156. DOI: 10.1007/s11204-008-9015-y

[3] Krutov V.I., Kovalev A.S. (2002) Pile foundations in noncaked saturated soils, Soil Mechanics and Foundation Engineering, 39:216-222. DOI: 10.1023/A:1022505306455

[4] Grigorjan A.A. (2006) Svai v prosadochnyh gruntah. Sbornik nauchnyh trudov NIIOSP im. N.M. Gersevanova, Moskva, Rossija. P.32-40.

[5] Glazachev A.O., Gotman A.L., Shemenkov I.M. (2013) Issledovanie formirovaniia soprotivleniia grunta na bokovoi poverkhnosti buronabivnoi svai. Mezhvuzovskii tematicheskii sbornik trudov, Sankt-Peterburg, Russia. P.90.

[6] Grigoryan A.A. (2010) Proneness to slump-type settlement and slump-type settlements of clayey soils, Soil Mechanics and Foundation Engineering, 47:108-112.

[7] Krutov V.I., Kovalev A.S., Kovalev V.A. (2012) Proektirovanie i ustroistvo osnovanii i fundamentov na prosadochnykh gruntakh. ASV, Rossija. ISBN: 978-5-93093-872-2

[8] Krutov V.I. (2003) Consideration of additional pile loads due to forces of loading friction in soils prone to slump-type settlement, Soil Mechanics and Foundation Engineering, 40:227-232. DOI:10.1023/B:SMAF.0000017574.87413.1c

[9] Grigoryan A.A. (2005) On certain characteristic design features of pile foundations in soils classed as type ii in terms of proneness to slump-type settlement, Soil Mechanics and Foundation Engineering, 42:28-33.

[10] Krutov V.I., Arutyunov I.S. (1990) Reduction of additional loads on piles due to loading-friction forces using antifriction coatings, Soil Mechanics and Foundation Engineering, 26:209-213.

[11] Mirsayapov I.T., Abdullaev A.A. (2009) Experimental and theoretical researches of deep foundation models, News of KSUAE, 12:162-164.

[12] Glazachev A.O. (2014) Eksperimental'nye issledovaniia vertikal'no nagruzhennykh malomasshtabnykh buronabivnykh svai [Vestnik MGSU] 4:70-78. (In Russian)

[13] Kuznetsov G.N., Bud'ko M.N., Vasil'ev Iu.I., Shkliarskii M.F., Iurevich G.G. (1968) Modelirovanie proiavlenii gornogo davleniia. Nedra, Rossija. ISBN: 3203000000-020

[14] Nikitin, V.M., Nesmelov N.S. (1973) Eksperimental'noe issledovanie deformirovannogo sostoianiia osnovanii metodom muarov. [Osnovaniia, fundamenty i mekhanika gruntov].3:11-13. (In Russian)

[15] Doroshkevich N.M., Znamenskii V.V., Kudinov V.I. (2006) Inzhenernye metody rascheta svainykh fundamentov pri razlichnykh skhemakh ikh nagruzheniia. Vestnik MGSU. 1:119-132. (In Russian)

[16] Znamenskii V. V. (2000) Inzhenernyi metod rascheta gorizontal'no nagruzhennykh grupp svai. AS V, Rossija. ISBN 5-93093-050-3

[17] MSP 5.01-102-2002 Proektirovanie i ustrojstvo osnovanij i fundamentov zdanij i sooruzhenij [Komitet po delam stroitel'stva]. Moscow, Russia, 2005. (In Russian)

[18] SN RK 5.01-03-2013 Svainye fundamenty. [Komitet po delam stroitel'stva, zhilishchno-kommunal'nogo khoziaistva i upravleniia zemel'nymi resursami Ministerstva natsional'noi ekonomiki Respubliki Kazakhstan]. Astana, Kazahstan, 2013. (In Russian)

[19] SP 5.01-103-2013 Svainye fundamenty. [Komitet po delam stroitel'stva, zhilishchno-kommunal'nogo khoziaistva i upravleniia zemel'nymi resursami Ministerstva natsional'noi ekonomiki Respubliki Kazakhstan]. Astana, Kazahstan, 2013. (In Russian)

[20] SN RK 5.01-02-2013 Osnovaniia zdanii i sooruzhenii. [Komitet po delam stroitel'stva, zhilishchno-kommunal'nogo khoziaistva i upravleniia zemel'nymi resursami Ministerstva natsional'noi ekonomiki Respubliki Kazakhstan]. Astana, Kazahstan, 2013. (In Russian)

И. С. Бровко, Қ. С. Байболов, Қ. Ибрагимов, Я. Б. Құнанбаева

М. Әуезов атындағы Оңтүстік қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан

ҮЛКЕН ҰЗЫНДЫҚТАҒЫ ҚАДАНЫҢ КӨП ШӨГЕТІН ГРУНТПЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТІН, ҮЛГІ ЖӘНЕ ДАЛАЛЫҚ ЖАҒДАЙДАҒЫ ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ НӘТИЖЕСІ

Аннотация. Мақалада Оңтүстік Қазақстан регионындағы қазіргі геотехникалық құрылыс мәселелері қарастырылған. Көп шөгетін сарғыш грунттар инженерлік-геологиялық тұрғыдан қарағанда үлкен аймақты қамтиды. Қысылған қалалық және өнеркәсіптік құрылыс жағдайларында негізгі едәуір салмақ беретін биік ғимараттар құрылысында қадалы іргетасты қолдану бірден-бір мәселе болып табылады. Жұмыстың мақсаты қадалы іргетастың көп шөгетін сарғыш грунттың өзара әрекетін үйрену. Мақалада үлкен ұзындықтағы бұрғылап тойтарылған қаданың көп шөгетін сарғыш грунтпен бірге жұмыс істеуін үлгілеу принциптері (көзқарастары) берілген. Мұнда тензометриялық жүйелердің қолдануында қаданың грунтпен жанасу нүктелеріндегі физикалық процестері қарастырылған. Бұл мақалада жағымсыз үйкелістің дамуы туралы мәліметтер үлгі қаданы жұлуға сынау арқылы қарастырылған. Мақалада қаданың далалық және зертханалық жағдайдағы сынақ нәтижелері келтірілген. Сынақ қадаға вертикал және жұлу жүктемелер берілу арқылы жүргізіледі. Эксперименталдық сынақтар эквивалентті үлгі материалдармен жүргізіледі. Грунт үлгісі ретінде

құм майдаланған резинаны автолмен 2:0,1:0,2 қатынасында дайындалған қоспа пайдаланылады. Қоспаның деформативтік және беріктік қасиеттері тығыздалу дәрежесімен анықталады. Салыстыру күшін «Сейсмозащита» ассоциациясы алған дала жағдайында сығылған қаданың нәтижесімен тексерілген. Қаданы сынау Шымкент қаласында «Метро» сауда комплексі құрылысында жүргізілді. Үлгілеу теориясын қолдану арқылы далалық және зертханалық жағдайда өткізілген сынақ нәтижелерінің бір-бірімен жақындығына қол жеткізілді. Алынған эксперименталды зерттеулер қадалы іргетастарды көп шөгетін сарғыш грунттарды ойдағыдай қолдануға болатынын көрсетеді. Құрылған ғимараттардың қауіпсіздігі сенімді. Үлкен ұзындықтағы бұрғылап тойтарылған қадамен көп шөгетін грунтпен біргеліктегі жұмысын үлгілеу құрылыстың көп мәселелерін негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Үлгілеу теориясын қолдану арқылы далалық және зертханалық жағдайында сынақ нәтижелерінің бір-бірімен жақындығы негізделген. Экспериментте тензометриялық қолдану грунтпен қаданың жанасу жерлерінде болатын физикалық процесстерді үйлестіру мүмкіндігін көрсетеді.

Түйін сөздер: қада, қада үлгісі, тензометриялық қада, көп шөгетін сарғыш грунт, шөгу мен жүктеме арасындағы тәуелділік, жағымсыз үйкеліс күші.

И. С. Бровко, К. С. Байболов, К. И. Ибрагимов, Я. Б. Кунанбаева

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНЫХ И НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СВАЙ С ПРОСАДОЧНЫМ ОСНОВАНИЕМ

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы современного геотехнического строительства в регионе южного Казахстана. Инженерно-геологические условия на большей части территории представлены просадочными лессовыми грунтами. В условиях стесненных городских и промышленных застроек, а также при необходимости передачи значительных нагрузок от высотных зданий на основание применение свайных фундаментов является единственным решением. Цель работы заключается в изучении взаимодействия свайных фундаментов с просадочным лессовым грунтом. В статье описаны принципы моделирования совместной работы буронабивной сваи большой длины с просадочным лессовым грунтом. Рассмотрено применение средств тензометрии для изучения физических процессов, происходящих на контактной поверхности между сваей и грунтом. Разработаны основы получения информации о развитии сил негативного трения с помощью модельных испытаний на выдергивание сваи из грунта. Приводятся результаты испытаний модельных свай и свай в натурных условиях. Испытания проводились на действие вертикальной вдавливающей нагрузки, а также на выдергивающую нагрузку. Экспериментальные исследования на моделях осуществлялись методом эквивалентных материалов. Моделью грунта служила смесь из песка, резиновой крошки и автола в пропорции по весу 2:0,1:0,2. Прочностные и деформационные свойства модели грунта определялись степенью уплотнения. Для сравнения взяты результаты изучения работы натурных свай, полученные Ассоциацией «Сейсмозащита». Испытания свай проводились при строительстве торгового комплекса «МЕТРО» в г. Шымкент. За счет применения теории моделирования достигнута качественная сходимость модельных и натурных испытаний, в том числе при получении графиков испытаний «осадка-нагрузка» для моделей свай и натурных свай. Полученные экспериментальные исследования позволят в дальнейшем успешно применять свайные фундаменты в просадочных грунтах. Это обеспечит надежность возводимых зданий и сооружений. Моделирование совместной работы буронабивной сваи большой длины с просадочным лессовым грунтом позволяет принимать обоснованные решения по широкому кругу задач в производственных ситуациях. За счет соблюдения постулатов теории моделирования в проведенных исследованиях достигнута качественная сходимость модельных и соответствующих натурных испытаний. Достигнута достаточная качественная сходимость графиков «нагрузка – осадка» модельных и натурных испытаний свай. Применение средств тензометрии позволило детализировать изучение физических процессов, происходящих на контактной поверхности между сваей и грунтом.

Ключевые слова: свая, модель сваи, тензометрическая свая, лессовый грунт, график «осадка-нагрузка», силы негативного трения.

Сведения об авторах:

Бровко И.С. – д.т.н., профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, brovkoi56@mail.ru

Байболов К.С. – к.т.н., Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, kanat-bai@mail.ru

Ибрагимов К. – к.т.н., Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова университет, kudaybergen_ibragimov@mail.ru

Кунанбаева Я.Б. – к.т.н., Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова университет, aira.kunaeva@mail.ru

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 255 – 263

UDC 539.3(043.3)

A. Seitmuratov[1], M. Ramazanov[2], N. Medeubaev[2], B. Kaliev[1]

[1]The Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan,
[2]The E.A. Buketov Karaganda State University, Karaganda, Kazakhstan.
E-mail: angisin_@mail.ru, ramamur@mail.ru, medeubaev65@mail.ru, kaliev_b@mail.ru

MATHEMATICAL THEORY OF VIBRATION OF ELASTIC OR VISCOELASTIC PLATES, UNDER NON-STATIONARY EXTERNAL INFLUENCES

Abstract. In this work, attempt was made to present the mathematical theory of oscillations of an elastic or viscoelastic plate to study its dynamic behavior under nonstationary external influences. On the basis of this approach, exact equations of longitudinal and transverse oscillations of viscoelastic plates are derived with and without allowance for initial displacements and stresses, approximate equations for the physical nonlinearity of the material. For all problems, expressions are obtained for all displacements and stresses along the thickness of the plate and basic boundary-value formulated problems that lead to longitudinal or transverse vibrations of the plate. On the basis of exact equations some approximate equations that follow with some degree of accuracy are analyzed and approximate boundary value problems formulated for them.

Key words: elastic, viscoelastic, nonstationary, oscillations, nonlinear, deformable, longitudinal, transverse.

Investigation of wave processes in restricted deformable bodies are reduced to complicated mathematical problem, which is generally at the present stage can not be solved either analytical or numerical methods.

Even for deformable media which is described by the simplest models, such as elastic and viscoelastic media, many nonstationary problems have not been investigated and there are no methods to solve these problems in accurate formulation. Therefore, many applied problems in various fields of technology are solved on simplified models that reduce the spatial problems of dynamics to two-dimensional or one-dimensional ones. Such simplified models are plates, rods and shells.

All naturally occurring environments on the nature of the dynamic behavior can be divided into perfectly elastic and differential elastic.

. The first group includes environments of mechanical characteristics that are close to each other. When studying dynamics and wave processes, such media can be considered as homogeneous medium with averaged mechanical characteristics.

Для дифференциально-упругих сред механические характеристики, составляющие двухкомпонентную среду, значительно различаются друг от друга.

For differential-elastic media, the mechanical characteristics which constituting the two-component medium differ significantly from each other.

We shall consider two-component media consisting of two elastic components or from an elastic porous skeleton and liquid filler.

We introduce the concept of the porosity of the medium.

The porosity of the medium will be denoted by a quantity determined by the formula:

$$K_0 = V_p / V_s, \tag{1}$$

where - the volume of the second component relative to the first medium in a volume element as a whole, V_s - the total volume of the elementary sample.

We'll assume, that $K_0 = const.$

The first type of two-component medium consisting of two elastic components is characterized by different conditions of adhesion between them and in the general case of the stress-strain relationship, we write in the form:

$$\sigma_{ij}^{(1)} = \sigma_{ij}^{(1)}\left(\varepsilon_x^{(1)}, \varepsilon_y^{(1)}, \varepsilon_z^{(1)}; \varepsilon_x^{(2)}, \varepsilon_y^{(2)}, \varepsilon_z^{(2)}; \varepsilon_{xy}^{(1)}, \varepsilon_{yz}^{(1)}, \varepsilon_{xz}^{(1)}; \varepsilon_{xy}^{(2)}, \varepsilon_{yz}^{(2)}, \varepsilon_{xz}^{(2)}\right) \tag{2}$$

$$\sigma_{ij}^{(2)} = \sigma_{ij}^{(2)}\left(\varepsilon_x^{(1)}, \varepsilon_y^{(1)}, \varepsilon_z^{(1)}; \varepsilon_x^{(2)}, \varepsilon_y^{(2)}, \varepsilon_z^{(2)}; \varepsilon_{xy}^{(1)}, \varepsilon_{yz}^{(1)}, \varepsilon_{xz}^{(1)}; \varepsilon_{xy}^{(2)}, \varepsilon_{yz}^{(2)}, \varepsilon_{xz}^{(2)}\right),$$

where the index " 1 " refers to the first component, the index " 2 " - to the second.

The second type of two-component medium requires some explanation.

The term "pore" refers to a medium with openly communicating pores.

The connection between the constituent components of the medium will be considered imperfect, i.e. The liquid component can not flow out of the medium.

Let the continuous deformable medium consist of two elastic continua with different mechanical characteristics whose densities will be denoted by $\rho_j\,(j = 1,2)$, the displacement vectors of the points.

$$\vec{U}^{(j)} \quad (j = 1,2).$$

Depending on the deformation stresses are [1]

$$\sigma_{\alpha\alpha}^{(1)} = -\alpha_2 + \lambda_1 e^{(1)} + 2\mu_1 \varepsilon_{\alpha\alpha}^{(1)} + \lambda_3 e^{(2)} + 2\mu_3 \varepsilon_{\alpha\alpha}^{(2)};$$

$$\frac{1}{2}\left(\sigma_{\alpha\beta}^{(1)} + \sigma_{\beta\alpha}^{(1)}\right) = 2\mu_1 \varepsilon_{\alpha\beta}^{(1)} + 2\mu_3 \varepsilon_{\alpha\beta}^{(2)}; \tag{3}$$

$$\frac{1}{2}\left(\sigma_{\alpha\beta}^{(1)} - \sigma_{\beta\alpha}^{(1)}\right) = -\lambda_5\left(h_{\beta\alpha} - h_{\alpha\beta}\right);$$

for the first component,

$$\sigma_{\alpha\alpha}^{(2)} = \alpha_2 + \lambda_2 e^{(2)} + 2\mu_2 \varepsilon_{\alpha\alpha}^{(2)} + \lambda_4 e^{(1)} + 2\mu_4 \varepsilon_{\alpha\alpha}^{(1)};$$

$$\frac{1}{2}\left(\sigma_{\alpha\beta}^{(2)} + \sigma_{\beta\alpha}^{(2)}\right) = 2\mu_2 \varepsilon_{\alpha\beta}^{(2)} + 2\mu_3 \varepsilon_{\alpha\beta}^{(1)}; \tag{4}$$

$$\frac{1}{2}\left(\sigma_{\alpha\beta}^{(2)} - \sigma_{\beta\alpha}^{(2)}\right) = \lambda_5\left(h_{\beta\alpha} - h_{\alpha\beta}\right);$$

For the second component,
in this case take place depending

$$\mu_4 = \mu_3;$$

$$\alpha_2 = \lambda_3 - \lambda_4 \tag{5}$$

here $\alpha_2, \lambda_2 \mu_2$ elastic constants,

$$\varepsilon_{\alpha\beta}^{(j)} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_\alpha^{(j)}}{\partial \beta} + \frac{\partial U_\beta^{(j)}}{\partial \alpha}\right); \quad (j = 1,2);$$

$$h_{\alpha\beta} = \frac{\partial U_\alpha^{(2)}}{\partial \beta} + \frac{\partial U_\beta^{(1)}}{\partial \alpha}; \tag{6}$$

Where $U_{\alpha}^{(j)}, U_{\beta}^{(j)}$ the components of displacement $\vec{U}^{(j)}$ vectors. Elastic mechanical characteristics depend on both the porosity and the adhesion conditions between the grains that make up the medium and are determined experimentally.

As can be seen from the dependences (3) and (4), the law of shear stresses does not hold, due to the mutual influence of the environmental component and other factors.

The equations of motion in stresses are:

$$\frac{\partial \sigma_{\alpha\beta}^{(1)}}{\partial \beta} - N_{\alpha} = \rho_{11} \frac{\partial^2 U_{\alpha}^{(1)}}{\partial t^2} + \rho_{12} \frac{\partial^2 U_{\alpha}^{(2)}}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial \sigma_{\alpha\beta}^{(2)}}{\partial \beta} - N_{\alpha} = \rho_{12} \frac{\partial^2 U_{\alpha}^{(1)}}{\partial t^2} + \rho_{22} \frac{\partial^2 U_{\alpha}^{(2)}}{\partial t^2}, \tag{7}$$

where

$$N_a = \frac{\alpha_2}{\rho}\left[\rho_1 \frac{\partial \varepsilon^{(2)}}{\partial \alpha} + \rho_2 \frac{\partial \varepsilon^{(1)}}{\partial \alpha}\right] + \nu\left[\frac{\partial U_{\alpha}^{(1)}}{\partial t} - \frac{\partial U_{\alpha}^{(2)}}{\partial t}\right] \tag{8}$$

ν - diffusion coefficient, and take the values (x, y, z) in a Cartesian coordinate system, or other coordinates (cylindrical, spherical, etc).

The quantities have the dimensionality of the density and are equal to:

$$\rho_1 = \rho_{11} + \rho_{12};$$
$$\rho_2 = \rho_{22} + \rho_{12};$$
$$\rho = \rho_1 + \rho_2, \tag{9}$$

wherein

$$\rho_{11}\rho_{22} - \rho_{12}^2 \rangle 0;$$
$$\rho_{12} \langle 0.$$

ρ_{12} - plays the role of an attached mass.

If we add the left and right sides of equations (7) and introduce the notation:

$$\sigma_{\alpha\beta}^{(1)} + \sigma_{\alpha\beta}^{(2)} = \sigma_{\alpha\beta}, \tag{10}$$

then, we can take

$$\frac{\partial \sigma_{\alpha\beta}}{\partial \beta} = \rho_1 \frac{\partial^2 U_{\alpha}^{(1)}}{\partial t^2} + \rho_2 \frac{\partial^2 U_{\alpha}^{(2)}}{\partial t^2} \tag{11}$$

i.e. the total stress depends on the acceleration of the particles that make up the two-component medium. In the case of continuous one-component medium $U_{\alpha}^{(1)} = U_{\alpha}^{(2)}$, from (11) we obtain the known equations:

$$\frac{\partial \sigma_{\alpha\beta}}{\partial \beta} = \rho \frac{\partial^2 U_{\alpha}}{\partial t^2}; \tag{12}$$
$$(U_{\alpha}^{(1)} = U_{\alpha}^{(2)} = U_{\alpha})$$

Similarly, under conditions (12), the Hooke's law for isotropic homogeneous elastic medium is obtained from relations (3) and (4).

The equations of motion (7) are simplified by introducing potentials and longitudinal Φ_j and $\vec{\Psi}_j$ transverse waves.

$$\begin{aligned} \vec{U}^{(j)} &= grad\Phi_j + rot\,\vec{\Psi}_j; \\ \vec{\Psi}_j &= \vec{\Psi}_j\left(\vec{\Psi}_j^{(1)}, \vec{\Psi}_j^{(2)}, \vec{\Psi}_j^{(3)}\right), \end{aligned} \tag{13}$$

the solenoidal condition must be satisfied

$$div\,\vec{\Psi}_j = 0 \ \ (j = 1,2) \tag{14}$$

In potentials Φ_j и $\vec{\Psi}_j$ the equations of motion (7) are reduced to the form:

$$A_1\Delta\Phi_1 + B_1\Delta\Phi_2 = \rho_{11}\frac{\partial^2\Phi_1}{\partial t^2} + \rho_{12}\frac{\partial^2\Phi_2}{\partial t^2} + v\left(\frac{\partial\Phi_1}{\partial t} - \frac{\partial\Phi_2}{\partial t}\right); \tag{15}$$

$$A_2\Delta\Phi_2 + B_2\Delta\Phi_1 = \rho_{12}\frac{\partial^2\Phi_1}{\partial t^2} + \rho_{22}\frac{\partial^2\Phi_2}{\partial t^2} - v\left(\frac{\partial\Phi_1}{\partial t} - \frac{\partial\Phi_2}{\partial t}\right); \tag{16}$$

$$(\mu_1 - \lambda_5)\Delta\vec{\Psi}_1 + (\mu_1 + \lambda_5)\Delta\vec{\Psi}_2 = \rho_{11}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_1}{\partial t^2} + \rho_{12}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_2}{\partial t^2} - v\left(\frac{\partial\vec{\Psi}_1}{\partial t} - \frac{\partial\vec{\Psi}_2}{\partial t}\right); \tag{17}$$

$$(\mu_1 - \lambda_5)\Delta\vec{\Psi}_2 + (\mu_1 + \lambda_5)\Delta\vec{\Psi}_1 = \rho_{12}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_1}{\partial t^2} + \rho_{22}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_2}{\partial t^2} + v\left(\frac{\partial\vec{\Psi}_1}{\partial t} - \frac{\partial\vec{\Psi}_2}{\partial t}\right); \tag{18}$$

where Δ - three-dimensional Laplace operator,

$$\begin{aligned} A_j &= \left[\lambda_j + 2\mu_j + (-1)^j\frac{\rho_2\alpha_2}{\rho}\right]; \\ B_j &= \left[\lambda_{j+1} + 2\mu_{j+1} + (-1)^j\frac{\rho_1\alpha_2}{\rho}\right]; \end{aligned} \tag{19}$$

and constants λ_j, μ_j must satisfy the inequalities [3]:

$$A_1; A_2 \neq \left(B_1^2; B_2^2\right);$$

$$(A_1 + \mu_1)(A_2 + \mu_2) - (B_{1,2} + \mu_3)^2 \neq 0$$

$$\mu_1\mu_2 \neq \mu_3^2;$$

$$(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2) \neq (\lambda_3 + \mu_3)(\lambda_4 + \mu_4).$$

In the absence of diffusion, i.e. for v = 0, in the equations (15), (16) and (17), (18) we set

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= \varphi; \ \Phi_2 = \gamma\varphi; \\ \vec{\Psi}_1 &= \vec{\psi}_1; \ \ \vec{\Psi}_2 = \delta\psi \end{aligned} \tag{20}$$

Substituting (20) into equations (15.) - (18.), to determine and obtain algebraic equations;

$$(B_1\rho_{22} - A_2\rho_{12})\gamma^2 + [(B_1 - B_2)\rho_{12} + (A_1\rho_{22} - A_2\rho_{11})]\gamma - (-A_1\rho_{12} + B_2\rho_{11}) = 0; \tag{21}$$

$$\begin{aligned} &[(\mu_3 + \lambda_5)\rho_{22} - (\mu_2 - \lambda_5)\rho_{12}]\delta^2 + [(\mu_1 + \lambda_5)\rho_{22} - (\mu_2 - \lambda_5)\rho_{11}]\delta - \\ &- [(\mu_3 + \lambda_5)\rho_{11} - (\mu_1 - \lambda_5)\rho_{12}] = 0 \end{aligned} \tag{22}$$

As it can be seen from equations (21) and (22), they have two real roots, which we denote by (γ_1, γ_2) and (δ_1, δ_2).

Hence, by the principle of superposition can be put;

$$\begin{aligned}
&\Phi_1 = \varphi_1 + \varphi_2;\\
&\Phi_2 = \lambda_1\varphi_1 + \lambda_2\varphi_2;\\
&\vec{\Psi}_1 = \vec{\psi}_1 + \vec{\psi}_2;\\
&\vec{\Psi}_1 = \delta_1\vec{\psi}_1 + \delta_2\vec{\psi}_2;
\end{aligned} \tag{23}$$

And for φ_1 и $\vec{\psi}_1$ we obtain separate wave equations:

$$\Delta\varphi_j = \frac{1}{a_j^2}\frac{\partial^2\varphi_j}{\partial t^2}; \qquad (j = 1,2) \tag{24.}$$

$$\Delta\vec{\psi} = -\frac{1}{b_j^2}\frac{\partial^2\vec{\psi}_o}{\partial t^2}; \qquad (j = 1,2) \tag{25}$$

while generalized velocities a_j, b_j longitudinal and transverse waves are equal:

$$\begin{aligned}
a_j^2 &= \frac{A_1 + \gamma_j B_1}{\rho_{11} + \gamma_j\rho_{12}} = \frac{A_2\gamma_j + B_2}{\rho_{12} + \gamma_j\rho_{22}}; \quad (j = 1,2)\\
b_j^2 &= \frac{(\mu_1 - \lambda_5) + (\mu_3 + \lambda_5)\delta_j}{\rho_{11} + \gamma_j\rho_{12}} = \frac{(\mu_2 - \lambda_5)\delta_j + (\mu_3 + \lambda_5)}{\rho_{12} + \gamma_j\rho_{22}};\\
&(j = 1,2)
\end{aligned} \tag{26}$$

In the presence of diffusion, the system of equations (15) - (18) does not reduce to separate equations of the type (24) - (25).

Let us consider a porous elastic medium with liquid filler with an imperfect bond between the elastic skeleton and the reservoir.

Dependencies between strains and stresses are more conveniently written in the form

$$\begin{aligned}
&\sigma_{\alpha\beta} = 2\mu\varepsilon_{\alpha\beta} + \delta_{\alpha\beta}(\lambda\varepsilon + Q\varepsilon_0);\\
&\sigma = Q\varepsilon + R\varepsilon_0; \quad \sigma = -RK_0
\end{aligned} \tag{27}$$

where $\varepsilon_{\alpha\beta}$ - deformation of the skeleton.

$$\varepsilon = \varepsilon_{xx} = \varepsilon_{yy} = \varepsilon_{zz}$$

ε_0 – volumetric deformation of liquid filler; λ, μ, Q, R – mechanical characteristics of a two-component medium; P – pressure in the liquid component.

There are types of the equations of motion in stresses:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial\sigma_{\alpha\beta}}{\partial\beta} &= \rho_{11-}\frac{\partial^2 U_\alpha^{(1)}}{\partial t^2} + \rho_{22}\frac{\partial^2 U_\alpha^{(2)}}{\partial t^2};\\
\frac{\partial\sigma}{\partial\beta} &= \rho_{12}\frac{\partial^2 U_\alpha^{(1)}}{\partial t^2} + \rho_{22}\frac{\partial^2 U_\alpha^{(2)}}{\partial t^2}.
\end{aligned} \tag{28}$$

wherein α and β run through values in the Cartesian coordinate system and dependencies (x, y, z) and dependencies must be fulfilled (18).

Equations of motion (28) are simplified by introducing potentials $\Phi_j, \vec{\Psi}_j$ by formulas (13), wherein $\vec{\Psi}_j$ must satisfy condition (14).

In the potentials of equation $\Phi_j, \vec{\Psi}_j$ motion (28) are reduced to the form:

$$
\begin{aligned}
&(\lambda+2\mu)\Delta\Phi_1 + Q\Phi_2 = \rho_{11}\frac{\partial^2\Phi_1}{\partial t^2} + \rho_{12}\frac{\partial^2\Phi_2}{\partial t^2};\\
&Q\Delta\Phi_1 + R\Delta\Phi_2 = \rho_{12}\frac{\partial^2\Phi_1}{\partial t^2} + \rho_{22}\frac{\partial^2\Phi_2}{\partial t^2};\\
&\mu\Delta\vec{\Psi}_1 = \frac{\left(\rho_{11}\vartheta_{22}-\rho_{12}^2\right)}{\rho_{22}}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_1}{\partial t^2} + \rho_{22}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_2}{\partial t^2};\\
&\frac{\partial^2\vec{\Psi}_2}{\partial t^2} = -\frac{\rho_{12}}{\rho_{22}}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_1}{\partial t^2};
\end{aligned}
\tag{29}
$$

thinking

$$\Phi_1 = \varphi; \qquad \Phi_2 = \gamma\varphi \tag{30}$$

and substituting (30) in the first two equations (29), we obtain γ the following equation for the determination:

$$\gamma^2 + \frac{(\lambda+2\mu)\rho_{22} - R\rho_{11}}{\rho_{22}Q - \rho_{12}R}\gamma - \frac{\rho_{11}Q - (\lambda+2\mu)\rho_{12}}{\rho_{22}Q - \rho_{12}R} = 0 \tag{31}$$

which has two real roots γ_1 и γ_2. Consequently,

$$\Phi_1 = \varphi_1 + \varphi_2; \qquad \Phi_2 = \gamma_1\varphi_1 + \gamma_2\varphi_2 \tag{32}$$

and potentials φ_1, φ_2 satisfy the wave equations:

$$\Delta\varphi_j = \frac{1}{a_j^2}\frac{\partial^2\varphi_j}{\partial t^2} \qquad (j = 1,2) \tag{33}$$

where the generalized velocities a_j are:

$$a_j^2 = \frac{(\lambda+2\mu)Q\gamma_j}{\rho_{11} + \rho_{12}\gamma_j}; \tag{34}$$

The last two of equations (29) can conveniently be reduced to the form:

$$\Delta\vec{\Psi}_1 = \frac{1}{b^2}\frac{\partial^2\vec{\Psi}_1}{\partial t^2}; \qquad \vec{\Psi}_2 = -\frac{\rho_{12}}{\rho_{22}}\vec{\Psi}_1 \tag{35}$$

wherein

$$b^2 = \frac{\mu\rho_{22}}{\rho_{11}\rho_{22} - \rho_{12}^2}; \tag{36}$$

In the generalized potentials, the values of displacements will be written as:

$$
\begin{aligned}
U_x^{(1)} &= \frac{\partial}{\partial x}(\varphi_1 + \varphi_2) + \frac{\partial\Psi_3^{(1)}}{\partial y} - \frac{\partial\Psi_2^{(1)}}{\partial z};\\
U_x^{(2)} &= \frac{\partial}{\partial x}(\gamma_1\varphi_1 + \gamma_2\varphi_2) + \frac{\partial\Psi_3^{(3)}}{\partial y} - \frac{\partial\Psi_2^{(2)}}{\partial z};\\
U_y^{(1)} &= \frac{\partial}{\partial y}(\varphi_1 + \varphi_2) + \frac{\partial\Psi_1^{(1)}}{\partial z} - \frac{\partial\Psi_3^{(1)}}{\partial x};
\end{aligned}
$$

$$U_y^{(1)} = \frac{\partial}{\partial y}\left(\gamma_1\varphi_1 + \gamma_1\varphi_2\right) + \frac{\partial\Psi_1^{(2)}}{\partial z} - \frac{\partial\Psi_3^{(2)}}{\partial x};$$
$$U_z^{(1)} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\varphi_1 + \varphi_2\right) + \frac{\partial\Psi_2^{(1)}}{\partial x} - \frac{\partial\Psi_1^{(1)}}{\partial y};$$
$$U_z^{(1)} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\gamma_1\varphi_1 + \gamma_2\varphi_2\right) + \frac{\partial\Psi_2^{(2)}}{\partial x} - \frac{\partial\Psi_1^{(2)}}{\partial y}; \quad (37)$$

For a two-component elastic medium with $\nu = 0$:

$$\Psi_i^{(j)} = \delta_1\Psi_i^{(j)} + \delta_2\Psi_i^{(j)} \quad (38)$$

and for two-component porous mediuma

$$\Psi_i^{(2)} = -\frac{\rho_{12}}{\rho_{22}}\Psi_i^{(1)} \quad (39)$$

The deformation and stress of two-component media are determined through the displacement (37) according to the known formulas and generalized Hooke's laws (3), (4) and (27).

Plane generalized stress state is used in the study of wave processes in bounded media such as plates. It is approximately formulated under the condition that the unknown quantities are independent of the transverse coordinates z, i.e. when

$$U_{1z} = U_{2z} \approx 0 \quad (40)$$

In this case from (27)

$$\varepsilon_{zz} = -\left[\frac{\lambda}{\lambda + 2\mu}\left(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}\right) + \frac{Q}{\lambda + 2\mu}\varepsilon_0\right] \quad (41)$$

and relations (17) have type:

$$\begin{aligned}
&\sigma_{xx}\frac{4\mu(\lambda+\mu)}{(\lambda+2\mu)}\varepsilon_{xx} + \frac{2\mu\lambda}{(\lambda+2\mu)}\varepsilon_{yy} + \frac{2\mu Q}{(\lambda+2\mu)}\varepsilon_0;\\
&\sigma_{xx}\frac{2\mu\lambda}{(\lambda+2\mu)}\varepsilon_{xx} + \frac{4\mu(\lambda+\mu)}{(\lambda+2\mu)}\varepsilon_{yy} + \frac{2\mu Q}{(\lambda+2\mu)}\varepsilon_0;\\
&\sigma_{xy} = \mu\varepsilon_{xy};\\
&\sigma = Q\varepsilon + R\varepsilon_0;
\end{aligned} \quad (42)$$

wherein:

$$\varepsilon = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}; \quad \varepsilon_0 = \varepsilon_{xx}^{(0)} + \varepsilon_{yy}^{(0)};$$
$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial U_1}{\partial x}; \quad \varepsilon_{xy} = \frac{\partial U_1}{\partial y} + \frac{\partial U_1}{\partial x}; \quad (43)$$
$$\varepsilon_{xx}^{(0)} = \frac{\partial U_2}{\partial x}; \quad \varepsilon_{yy}^{(0)} = \frac{\partial U_2}{\partial y};$$

We write the equations of motion in the form:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y}=\rho_{11}\frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2}+\rho_{12}\frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2};\\
&\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y}=\rho_{11}\frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2}+\rho_{22}\frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2};\\
&\frac{\partial \sigma}{\partial x}=\rho_{12}\frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2}+\rho_{22}\frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2};\\
&\frac{\partial \sigma}{\partial y}=\rho_{12}\frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2}+\rho_{22}\frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2};
\end{aligned} \tag{44}$$

Equations (44) can be reduced to a system of wave equations, assuming:

$$\begin{aligned}
&U_1=\frac{\partial \varphi_1}{\partial x}+\frac{\partial \Psi_1}{\partial y}; \qquad U_2=\frac{\partial \varphi_2}{\partial x}+\frac{\partial \Psi_2}{\partial y}\\
&V_1=\frac{\partial \varphi_1}{\partial y}-\frac{\partial \Psi_1}{\partial x}; \qquad V_2=\frac{\partial \varphi_2}{\partial y}-\frac{\partial \Psi_2}{\partial x};
\end{aligned} \tag{45}$$

The model of the simultaneous generalized stress state is used in the study of one-dimensional waves in bounded media such as rods of rectangular cross-section.

The theory of transversally isotropic prestressed porous two-component medium is formulated for an infinite layer of finite thickness that is in space (x, y, z), and the medium is bounded on the coordinate.

On the basis of the mathematical theory of oscillations of elastic or viscoelastic plate under nonstationary external actions, exact equations of longitudinal and transverse vibrations of viscoelastic plates are derived with and without allowance for initial displacements and stresses, approximate equations for the physical nonlinearity of the material. For such problems, expressions are obtained for all displacements and stresses along the thickness of the plate and basic boundary problems are formulated, leading to longitudinal or transverse vibrations of the plate. On the basis of exact equations some approximate equations that follow from them with some degree of accuracy are analyzed and approximate boundary value problems are formulated for them.

REFERENCES

[1] Filippov I.G. To the nonlinear theory of viscoelastic isotropic environments. Kiev: Applied mechanics, 1983, V.19, No. 3, p.3-8.

[2] Filippov I.G., Filippov S.I. Equations of fluctuation of piecewise uniform plate of variable thickness. – MTT, 1989, No. 5, p.149-157.

[3] Filippov I.G., Filippov S.I., Kostin V.I. Dynamics of two-dimensional composites. – Works of the Int. conference on mechanics and materials, the USA, Los Angeles, 1995, p.75-79.

[4] SeytmuratovA.Zh. Passing of shift waves through anisotropic non-uniform and transversal isotropic cylindrical layer. Dep. in Kaz.gostINTI No. 189-B 96. Release p.17. Almaty 1996.

[5] SeytmuratovA.Zh. Approximate equations of cross fluctuation of plate under the surface. Theses of reports of scientifically technical conference "Environmental problem and environmental management" K-Orda 1996.

[6] SeytmuratovA.Zh. Specified equations of fluctuation of viscoelastic plate under the surface of deformable environment. Theses of reports of Zhakhayev KPTI scientific and technical conference, K-Orda, 1996.

[7] SeytmuratovA.Zh. Fluctuations of infinite strip of plate under the surface. Dep. in VINITI No. 3399-B 96 from 22.11.96. Moscow 1996.

[8] Filippov I.G. Cheban V.G. Mathematical theory of fluctuations of elastic and viscoelastic plates and cores. – Kishinev: Shtiintsa, 1988, -190-193

[9] Materials of international scientifically-practical conference “The Science: theory and practice” Belgorod 2005. 47-50

[10] SeytmuratovA.Zh., Umbetov U. Modeling and forecasting of dynamics of multicomponent deformable environment: Monograph. - Taraz, 2014, 171-176

[11] A.Zh. Seytmuratov Metod of decomposition in the theory of fluctuation of two-layer plate in building constructions. PGS.-2006.-№3. - M - P.31-32.

[12] SeytmuratovA.Zh. Determination of frequency of own fluctuations of plate . Messenger of KazNU, mathematics, mechanics, computer science series -2010.-№ 4 (67).

[13] Brunelle E.J. The elastic and dinamics of a transversely isotopic Timoshenko beam // J. Compos. Mater. 1970. Vol. 4, p.404-416.

[14] Brunelle E.J. Buskling of transversely isotopic Mindlen plates // AIAA 1977, Vol. 9, No 6, p.1018-1022.

[15] Biot M.A. General theory of three-dimentional consolidation. J.Apple

[16] Bowen P.M. Incompressible porous media modeis by use of the theory mixtures. Int. J. Engng. Sci., 1980, 18, p.1129-1148.

[17] Ewing W., Jardetsky W., Press F. Elastic waver in Layered Media, meyrawhalle, New-York, 1957, p.90-93.

А. Ж. Сейтмуратов[1], М. И. Рамазанов[2], Н. К. Медеубаев[2] , Б. К. Калиев[1]

[1]Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда, Қазақстан,
[2]Е. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қарағанды, Қазақстан

СТАЦИОНАРЛЫҚ ЕМЕС ІШКІ ӘСЕР КЕЗІНДЕГІ ҚАТТЫ НЕМЕСЕ СОЗЫЛМАЛЫ-ҚАТТЫ ПЛАСТИНКАЛАРДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІС ТЕОРИЯСЫ

Аннотация. Бұл жұмыста автор стационарлы емес сыртқы әсерлер кезінде иілгіш және тұтқыр иілгіш пластиналардың динамикалық қозғалысын анықтау дірілдерін математикалық теория тұрғысынан түсіндіруге талпынған. Осы көзқарасқа негізделген физикалық бейсызықтық материалдар теңдеулеріне жақындатылған, бастапқы ауыстыру мен кернеулерді ескерген және ескерусіз тұтқыр иілгіш пластиналардың бойлық және көлденең дірілдерінің нақты теңдеулері шығарылған. Пластиналардың қалыңдығы бойынша барлық кернеу мен ауыстырулар үшін есептер қарастырылған және де пластиналардың бойлық және көлденең дірілдеріне алып келетін негізгі шектік есептер құрастырылған. Нақты теңдеулер негізінде сол немесе олардан кейінгі дәлдік дәрежесі бар кейбір жуықтау теңдеулері талданған және олар үшін шекаралық есептер құрастырылған.

Түйін сөздер: упругий, вязкоупругий, нестационарный, колебания, нелинейный, деформируемый, продольный, поперечный.

А. Ж. Сейтмуратов[1], М. И. Рамазанов[2], Н. К. Медеубаев[2] , Б. К. Калиев[1]

[1]Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан,
[2]Карагандинский государственный университет им. Букетова, Караганда, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ УПРУГИХ ИЛИ ВЯЗКОУПРУГИХ ПЛАСТИН ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Аннотация. В настоящей работе предпринята попытка изложения математической теории колебаний упругой или вязкоупругой пластинки для изучения динамического их поведения при нестационарных внешних воздействиях. На основе такого подхода выведены точные уравнения продольных и поперечных колебаний вязкоупругих пластин с учетом и без учета начальных смещений и напряжений, приближенные уравнения физической нелинейности материала. Для всех задач получены выражения для всех смещений и напряжений по толщине пластинки и сформулированы основные краевые задачи, приводящие к продольному или поперечному колебаниям пластинки. На основе точных уравнений проанализированы некоторые вытекающие из них приближенные уравнения с той или иной степенью точности и сформулированы для них приближенные краевые задачи.

Ключевые слова: упругий, вязкоупругий, нестационарный, колебания, нелинейный, деформируемый, продольный, поперечный.

Information about authors:

Seitmuratov Angisin – Doktor of Physical and Matematical Sciences, Professoz, Korkyt Ata. Kyzylorda State University. Kyzylorda

Ramazanov Murat – Doktor of Physical and Matematical Sciences, Professoz, Buketov. Karaganda State University.Karaganda.

Medeubaev Nurbolat – a senior teacher of department is "Algebra, mate.logic andgeometry", Buketov. Karaganda State University.Karaganda.

Kaliev Bakit – manager of department of "Physicist and mathematician", associate professor, Korkyt Ata. Kyzylorda State University. Kyzylorda

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 264 – 272

UDK 004.056.5

E. Zh. Aytkhozhaeva, N. A. Seilova

Kazakh national research technical university named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: ait_djam@mail.ru seilova_na@mail.ru

INFORMATION SECURITY OF THE ELECTRONIC SOCIETY AND THE INTERNET OF THINGS

Abstract. Cyberspace of the electronic society of any state is available for public opinion manipulating, for computer espionage and surveillance, for organizing targeted attacks on state systems, businesses, individuals, for monitoring by all interested persons and states which have special monitoring systems. There are given statistics on the goals and types of cyberattacks (for 2017). New information and communication technologies that contribute to the formation and development of electronic society lead to new risks and threats. The most destructive and difficult to identify are threats of using advanced technologies of Internet of things. There are statistical data of computer security testing of Internet of things devices that show their practical insecurity from cyberattacks. There are not only technical, organizational and legal, but also moral, ethical, sociological, psychological and environmental problems of information security ensuring. The problem of information security of the individual, connected with the human factor, requires the integration of specialists from various fields of knowledge. There are shown statistical data on the development of the information security market in the world. Were given examples of interstate interaction in the field of information security, necessary in connection with the global nature of cyberthreats.

Keywords: electronic society, Internet of Things, threats of cyberspace.

Introduction. Nowadays almost all countries are involved in the process of formation and development of electronic society as a part of the global information society. The components of electronic society (ES) are information resources in electronic form, organizational structures, means of information interaction. These components ensure the viability of the ES and prior to the 1980s they determined the indicator of the development and maturity of the ES, but the most important thing was not taken into account - the level of use of these components. The current indicator of the development and maturity of ES is focused on the level of use of these components in various areas of society. In ES there can be distinguished different domains: e-polity, e-finance, e-economy, e-city, etc. But the development of electronic society is mainly determined by the development of four key domains: e-government, e-commerce, e-networking, e-working. Depending on the level of development of these domains, the stage of development of the country's ES is determined: the initial stage is a formative stage, the stage of development is the developmental stage and the mature stage [1].

Kazakhstan is at a formative stage, despite the fact that some of the reached indicators correspond to the developmental stage. In the International rating of 2016 of the e-government development Kazakhstan is on 33rd place from 193 with the EGDI (UN-E-Government Development Index) at 0.725, with a "high" level of development [2].

The development of information and communication technologies leads to the development of ES cyberspace. New technologies such as Virtualization, Cloud Computing, Internet of Things (IoT), Machine-to-Machine (M2M), Cyber-Physical Systems (CPS), etc. contribute to the development of ES, providing comfort and efficiency of its use.

In article [3] there is presented the dynamics of changes of the basic bibliometric indicators (the number of articles and citations) on the promising directions of information and communication technologies is presented. Were used the data of the scientific publications databases EBSCO and

ScienceDirect. The dynamism of publications reflects the accelerated dynamism of the development of new information and communication technologies. But these new technologies bring not only new opportunities with them, but also new problems of ensuring information security.

Problems of security ensuring of ES cyberspace. ES cyberspace is actively used for criminal purposes to violate the privacy of citizens, for public opinion manipulating, for computer espionage and surveillance, for organizing targeted attacks on state systems, businesses, individuals.

Attackers moved the focus of their attacks from ordinary users to corporations (since 2016). Figure 1 presents statistics of the cyberattacks targets in 2017 (April) [4].

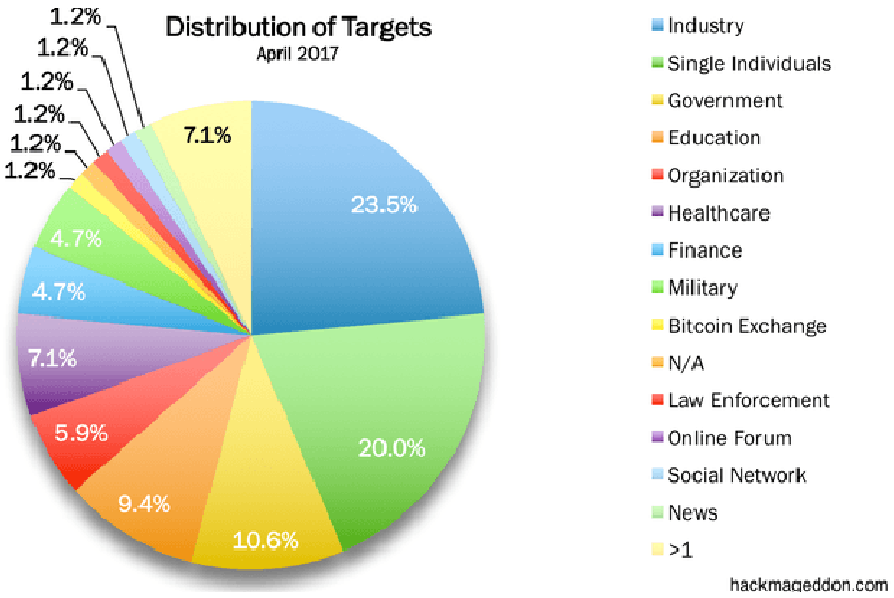


Figure 1 – Distribution of cyberattacks targets

Statistics show that the dominant targets of cyberattacks were industrial systems (23.5%), then ordinary users (20.0%) and state systems (10.6%).

According to the reports of Group-IB (one of the leading international companies for the prevention and investigation of cybercrime) the amount of thefts caused by targeted attacks on banks increased three times in 2016 in comparison with the previous year [5]. Increased the risk of attacks on a critical infrastructure in the industrial sector. Were activated DDoS attacks, including the use of IoT-devices. Very popular are cyber espionage and interception of traffic at the level of mobile operators and Internet providers.

Figure 2, which shows the ratio of different types of attacks in 2017 (April), clearly demonstrates the diversity and frequency of various types of attacks use [4].

The first detailed instructions how to infiltrate in computer systems and manage them appeared 30 years ago. These were the first issues of the Phrack magazines in the US and The Hackers Handbook in the UK. Nowadays the information resources of the ES include a variety of instructions for attacks organization, all possible means of attacks implementation.

Cybercriminals for communication use closed networks and forums. There are hacking magazines, teleconferences and hacking websites where hacker conferences are held. The annual conference of hackers (Def Con) in Las Vegas in 2016 gathered more than 12 thousand participants, experts of the highest class. There was performed a demonstration of hacking and remote opening of smart locks via a Bluetooth connection. Before that, hackers specializing in hacking of computer databases organized their Black Hat conference. We can talk about an actively developing cybercrime industry, which continuously improves threats, increases the rate of their spread and is actively looking for ways to expand the working space.

More than 200 thousand users in 150 countries of the world suffered from the virus WannaCry on May 12, 2017. Among them were state institutions, hospitals, energy and transport infrastructure facilities around the world. On May 25, 2017 appeared information about a new class of vulnerabilities in programs for video viewing. Experts estimate the number of potential victims in more than 200 million.

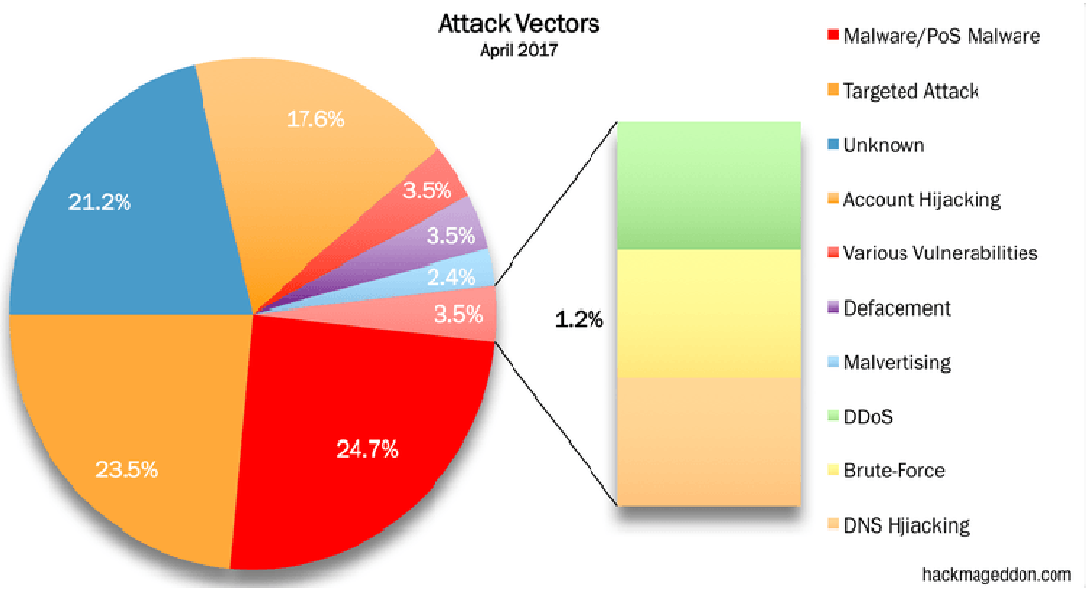


Figure 2 – Cyberattack types usage

In March 2017 Wikileaks web-site started the publication of confidential US CIA documents obtained from a highly-protected network in the CIA Cyber Intelligence Center [6]. Highly qualified specialists of this center have developed many computer programs for computer espionage and surveillance. Among them are password collectors, modules for capturing images and sound from web cameras, exploits for various types of operating systems and mobile devices, various malicious programs for stealing information, tools for intercepting messages (before encryption) and much more. Among the confidential CIA documents there are instructions on the camouflage and concealment of traces of cybercrime. Thanks to the leak and to the publication of the CIA's hacking information, anyone can take advantage of opportunities that were formerly available only to American specialists. Including for criminal activity, which poses a threat to the security of citizens, enterprises and state in the electronic society.

The hacker group "Shadow intermediaries" published on April 14, 2017 documents about the infiltration of the US National Security Agency (NSA) into the society of the interbank SWIFT system. This group, which appeared in 2016, put for sale programs of the NSA that were in their hands. Some of these programs were distributed free of charge by the hackers in the Internet.

The concept and threats of Internet of Things. According to the review prepared for the International Economic Forum in 2016 in Davos, the top 5 technological drivers of the fourth industrial revolution are the Internet of Things [7]. IoT (concept of 1999) is one of the most promising and demanded technologies.

In the direction of IoT such world famous companies as Intel, Samsung Electronics, Dell, Broadcom are actively working. All things in our life will be interconnected by a network like the Internet. Microsoft Corporation has developed a free version of its operating system for the IoT distribution support program, is developing a whole set of Azure tools for IoT. Today IoT sensors are used everywhere, from fitness trackers to sophisticated electronics in industry and agriculture. According to the forecasts of analysts of International Data Corporation (IDC - an international research and consulting company engaged in the study of the world market of information technologies and telecommunications) by 2020 the volume of the IoT market will be 3 trillion dollars and 30 billion autonomous devices will be connected to the Internet of things. Many IoT-devices become symbols of prestige, fashion.

IoT-devices are digital intelligent devices with built-in means of interaction through network technologies. One of the foundations of the IoT concept is M2M, which allows IoT devices to communicate with each other.

You can distinguish between different segments of the IoT-devices application: smart city, smart transportation, smart business, smart manufacturing, smart airport, smart home, etc.

IoT-devices are an integral part of smart home. The smart home systems allow providing comfortable living conditions, while reducing the consumption of consumed resources (electricity, gas, water). These intelligent systems allow you to control various devices, monitor the operation of such subsystems as heating, lighting, security, ventilation, air conditioning, etc. Management is performed remotely using network technologies. In this case, control devices are IoT-devices, with a built-in chip, which allows you to control the device also from a mobile phone, using special software. This is an intelligent environment and pervasive computer systems.

Threats carried out by IoT-devices can not be noticed by users for a long time and lead to dangerous situations. Recent computer tests of computer security of the smart home systems by different companies showed their practical insecurity from cyberattacks. In 2015 Hewlett Packard Enterprise (HP) published a report about the found 25 vulnerabilities tested by 10 home devices of the IoT class: Smart TV, webcams, smart thermostats, intelligent electrical outlets, locks, home alarms, garage opening devices, control hubs, smart scales, etc. Figure 3 shows the results of the researches [8].

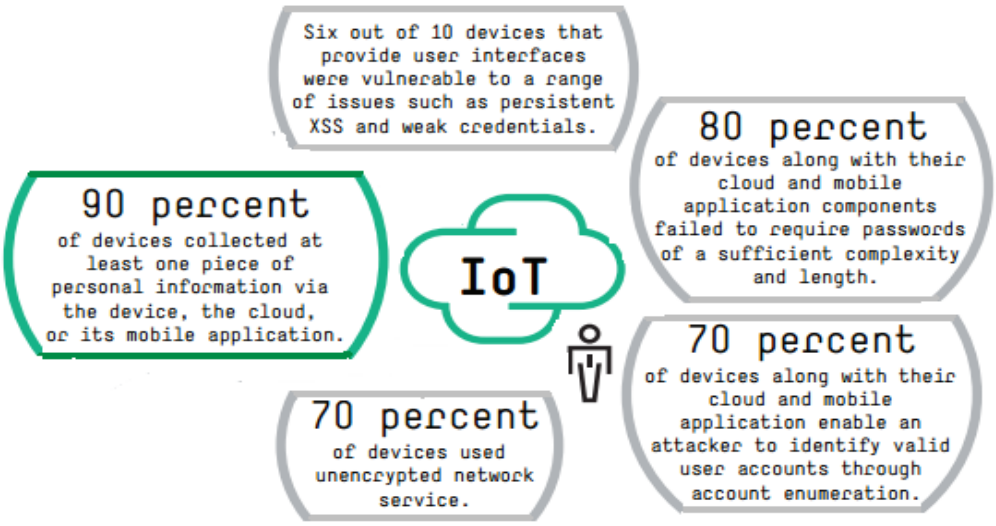


Figure 3 – IoT-devices vulnerabilities

It turned out that 70% of devices use unencrypted network services, 70% of mobile and cloud applications of IoT-devices are available to attackers for receiving accounts, 90% of devices allow receiving partial personal data of users, 80% of devices use passwords of insufficient complexity and length and etc. The HP Fortify methodology was used to test the Internet of things on demand, combining manual and automatic checks. Then there was the HP report on the study of the security parameters of the 10 most popular security systems of the smart home. The company's specialists easily cracked all ten systems, using a number of vulnerabilities (weak password policy, no account lockout, easily selectable user names, incorrectly configured data transfer encryption, incorrect SSL/TLS encryption protocol implementation). 70% of the systems allowed unlimited transfer of account data through an unprotected cloud interface. Only in one system there was used two-factor authentication. The found vulnerabilities allowed to collect information about the home remotely, including information from video cameras.

Synack Company tested 16 smart devices, which (except one - a smoke detector) were cracked in less than 20 minutes.

Symantec Company has tested the security of fifty IoT devices for smart homes [9]. All of them were vulnerable. None of them used mutual authentication, complex passwords, it was not protected from bruteforce (password selection by search). Moreover, one-fifth of all devices did not encrypt data transmitting them to the cloud.

At one of the world's largest mobile industry exhibitions Mobile World Congress 2017 in Barcelona there were demonstrated the results of experiments by Avast specialists, which showed that almost 5.3 million IoT devices in Spain connected to the Internet can be hacked [10].

The presence of vulnerabilities of IoT-devices is the mistake of both companies-developers, and those companies that are engaged in the introduction of "smart technologies". Due to technical difficulties, many companies-developers simply can not release devices with built-in protection functions, so cybercriminals are increasingly using IoT-devices. In addition, many users do not think about their security using IoT-devices.

Nowadays Industrial Internet of Things (IIoT) is actively developing. This is a multi-level system of production facilities with sensors, controllers and software for collecting and exchanging data, united by computer networks for remote monitoring and control in automated mode. IIoT opens new opportunities for increasing the efficiency of production processes at a qualitatively new level. This is an automated digital production - Smart Manufacturing. The problems of IIoT security have their own peculiarities.

Trend Micro Company's report indicates that from 83 000 industrial robots currently available from the Internet around the world 5 000 do not have authentication mechanisms. In the robots there were found 65 vulnerabilities, which allow to bypass authentication mechanisms, to modify key settings and to change the operation mode of the device [11]. During the hacking of industrial routers, an access to those devices that are not connected to the Internet is also available.

Using IIoT it is necessary to solve the problems of ensuring security in a comprehensive manner. In the development and implementation of complex IIoT infrastructure protection the participation of various specialists in thesphere of production, development and deployment of IIoT devices and infrastructure is required: IIoT manufacturers and integrators, IIoT solution developers, IIoT solution deployment specialists, IIoT solution operators.

The threats brought by IoT devices are noticed by many specialists working in the field of information security (IS). IoT technology appears in the Disruptive Civil Technologies (2008) report of the US National Intelligence Council, as one of six potentially destructive technologies of the future [12]. There is also a forecast that by 2025 all the objects surrounding modern man can be equipped with IoT nodes.

Analysts predict that one of the main trends of 2017 in cybersecurity will be increasing attacks on the IoT sector. Gartner Company in its review of key areas of information security for 2017 as one of the five main areas identifies the safety of IoT. By 2020, Gartner predicts, more than 25% of known attacks on enterprises will be conducted through IoT devices, but the IoT security budget will be only 10% of the total IS budget. There is also a forecast that until 2018 more than 50% of IoT device manufacturers will not be able to eliminate threats due to weak authentication methods [13].

The malicious and abusive use of IoT to carry out attacks, taking into account their wide distribution, can lead to global catastrophes. The director of the US National Security Agency said that a number of countries have sufficient capabilities for the implementation of cyber attacks that could cause the US electricity network components disconnection (using M2M).

Nowadays there are created special worms and viruses which are introduced into IoT devices. These malicious programs allow to attack millions devices connected to the network. Using M2M they can propagate from device to device. The destructiveness of the potential lies in a wide range of targets for attacks: from smart watch to medical equipment, including pacemakers, cardio defibrillators, insulin pumps. In general, any devices connected to the Internet are vulnerable: televisions, kitchen appliances, cameras, computer systems of cars, various devices, production facilities, etc. For example, there are developed special programs for installation in vehicle control systems. They can be used to organize planned accidents and for killing people. The US CIA together with british secret service MI5/BTSS has developed an exploit for Samsung TVs (with microphones) called Weeping Angel. The program records conversations in the room and sends them through the Internet to a specific server, even when the TV looks turned off. In 2016 the botnet Mirai consisting of IoT-devices participated in the organization of DDoS-attacks, which by their power broke all records and led to the denial of service to the whole region. In open access to the ES there are the source codes of this botnet. They can be used by anyone for their criminal purposes.

Measures to ensure the safety of the use of IoT-devices are implemented only on the state level. The European Commission plans to introduce mandatory certification of all devices related to IoT-devices. Not only the devices are needed to be controlled, but also the networks to which they are connected, as well as the used cloud storages. The basis of cloud storages is the technology of virtualization, which is characterized by new little-studied and little-researched risks and threats to information security [14].

Ensuring with information security of ES. Existence in an electronic society, high risk of cyberattacks forces to give priority to information security issues. Using information and communication technologies the legal, organizational and technical problems of information security ensuring of society and the state come to the fore.

First of all, it connects with the creation of a legal basis for ES. In different countries, this process is at different levels of development. In legislation of all countries, including in the legislation of developed countries, a large class of relations related to the turnover of information (and its use) still falls out from the scope of legal regulation. No country can approve the completion of the creation of a legal basis for ES, because the process of the electronic society development is a natural process of human development.

The appearance of new cyberthreats, their diversity leads to the need to improve technical facilities, to the development of new methods and means of information protection, to new services of information security ensuring.

To moral, ethical, sociological, psychological and environmental problems of information security ensuring in ES there are paid much less attention. But these problems are more complex, because they are related to the human factor. In modern cyberspace the problem of information security of a person is especially urgent. Widely used for illegal purposes social engineering, based on a set of approaches of the applied social sciences. According to statistics of 2016 27% of all cyber attacks used social engineering methods [15]. Social engineering is used in the implementation of mass attacks and at the initial stage of the targeted attack. This is a method for human actions control without the use of technical means, in order to perform the actions required by the attacker.

It is possible to differentiate information-technical and information-ideological security of a person. Accessibility and activity of information resources of electronic society plays not only a positive role in the development of society. Factors such as direct access to the audience, the breadth of distribution, the lack of verification of the reliability of information, the anonymity of activities in cyberspace are used to devaluate and to replace common human values leading to the degradation of the individual and society as a whole. Leading experts of relevant fields of knowledge should participate in solving these problems.

Electronic society with its risks and threats and the physical world are integrated into a single whole. Solutions to ensure information security are become vital. The information security market is constantly growing. According to IDC global revenue from IS-solutions will grow from $ 73.7 billion (2016) to $ 101.6 billion (2020). The analysis was conducted on 8 regions, 53 countries and 20 industries. The cumulative annual growth rate (CAGR) in this segment of the market will be 8.3%, which exceeds twice the similar equivalent for the total amount of budgets for information and communication technologies in the next five years [16].

Especially high growth rate of the IS market is observed in the countries where ES development started later and goes according to an accelerated schedule. For example, according to IDC forecasts from 2017 the Russian market for information security services will grow by an average of 27.4% over the next five years. The research of cyberthreats is an important component of information security. The service market for cyberthreats research is steadily growing. In 2016 the volume of the Russian service market for the cyberthreats research amounted 14.17 million US dollars, which is 23.1% more than in 2015 (report of IDC Russia Threat Intelligence Security Services 2016 Market Analysis and 2017-2021 Forecast) [17].

There are no state borders in ES. On issues of timely response to information security incidents aimed at the information infrastructure of states, more than 90 countries of the world interact through the CERT system of coordinates. In Kazakhstan since 2011 there is a service for responding to computer incidents - KZ-CERT. In 2012 KZ-CERT joined the international organization FIRST (Forum of Incident Response and Security Teams), which unites the services of CERT around the world. KZ-CERT joined to the Trusted Introducer for Security and Incident Response Teams (TI), and is a member of the APWG antiphishing working group, a member of the CSIRT Assistance Program for security and incident response. In 2016 KZ-CERT joined the alliance of the Services for Responding to Computer Incidents of the Countries Participating in the Organization of Islamic Cooperation "(OIC-CERT).

The issue of harmonizing and adopting standards, laws and other documents in the field of protection against cybercrime, common to the entire international community is topical.

The family of International Standards for Information Security Management Systems 2700X (used a sequential numbering scheme starting from 27 000) includes the International Standards defining

requirements for information security control systems, risk management, metrics and measurements, as well as an implementation guide. The standards are developed by the ISO/IEC Joint Technical Committee 1 (Subcommittee 27) which is a division of the International Organization for Standardization (ISO) and of the International Electrotechnical Commission (IEC) - ISO/IEC JTC 1/SC 27. ISO/IEC JTC 1/SC 27 was created In 1989. The sphere of its activity is the development of standards for the protection of information and ICT. This includes generic methods, techniques and guidelines for both security and privacy aspects [18]. Nowadays 55 countries are full members of ISO/IEC JTC 1/SC 27 (including Kazakhstan), 22 countries have observer status. 27 Subcommittee developed and published 164 standards, there are 72 standards for information security in the development. Accepted national standards in the field of information security are harmonized with international standards.

The governments of the states where ES is actively developing accept the agreements on cooperation in the field of international information security ensuring. There is an agreement between the governments – members of the Shanghai Cooperation Organization (on June 2, 2011 it came into force) [19]. The agreement covers the whole spectrum of problems of international information security - from cybercrime and cyberterrorism counteraction to disarmament issues.

In 2013 between the countries-members of OSCE there were accepted Confidence Building Measures in the field of cybersecurity. The countries of the European Union adopted in 2016 common documents in the field of cybersecurity of data protection: Network and Information Security (NIS) Directive) and the General Data Protection Regulation (GDPR) of the European Union. The directive is mandatory for all EU members, it represents the first EU legislation on cybersecurity. It aims to improve the overall security of networks and information systems within the EU on the basis of: improving cybersecurity at the national level; strengthening cooperation in the EU; risk management and reporting obligations in case of incidents for providers and digital service operators. The regulation is aimed at strengthening measures to protect personal data. It is mandatory for all EU countries, as well as companies offering goods and services for the EU, monitoring the citizens of the EU.

Conclusion. Potential catastrophic consequences of crimes in ES cyberspace can be compared with the consequences of the nuclear weapon. Ubiquitous transformation into Internet nodes of common things can damage national information security, it has a potential danger to the lives of people and to organizations.

The development and acceptance of state cyber security doctrines is topical. In Kazakhstan, although with a delay, the work is also under development and adoption Cybersecurity Concept (Cyber shield of Kazakhstan) [20]. The level of information security in Kazakhstan today does not meet the needs of society and the state. The creation of a cybershield is a complex, resource-consuming, multifaceted, but vitally necessary state matter. Only the joint efforts of the state, business and ordinary users the collapse can be avoided.

Due to the absence of ES boundaries to ensure information security, it is necessary to unite all its members and all states to cybercrime counteract. The accelerated dynamism of the ES development and of the new information and communication technologies, the global nature of cyberthreats require the same dynamic and global interstate interaction. For consideration to the UN General Assembly Russia is preparing to make a resolution on information security. There should be both national and international monitoring of the state of the problem of information security. The issue is very complex, because the military, economic, social and diplomatic interests of various states are closely intertwined in cyberspace.

The famous American sociologist, publicist-futurist E.Toffler in his book "The Third Wave" almost 40 years ago warned that in the society of the third wave of civilization there is a potential danger of control not of technology by people but of people by technologies [21]. These warnings of the former honored associate professor of the University of National Defense in Washington are relevant and deserve attention not only to IS specialists, but to the entire international community.

REFERENCES

[1] Becky P Y Loo (2011) The E-Society. Hauppauge: Nova Science Publishers, ISBN: 978-1-61209-831-9, 266 p.

[2] United Nations E-Government Survey 2016. E-Government in Support of Sustainable Development (2016) New York: United Nations, 242 p.

[3] Abdilmanova A, Aliguliyev R, Muhamedyev R. (2016) Differentsialnye metriki otsenki bibliometricheskikh pokazatelei domenov IKT [Cloud of Science] T. 3. No. 3. 366-379 (in Russian).

[4] Hackmageddon. Information Security Timelines and Statistics [http://www. hackmageddon.com]

[5] Hi-Tech crime trends 2016. Group-IB annual report of cybercrime trends. [http://www.group-ib.com/2016-report.html].

[6] Vault 7: CIA Hacking Tools Revealed [www.wikileaks.org/ciav7p1/cms/ index.html]

[7] The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce strategy for The Fourth Industrial Revolution. January 2016 [http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf]

[8] Internet of things research study: 2015 report. Hewlett Packard Enterprise. [http://h20195.www2.hpe.com/V4/GetDocument.aspx?docname=4AA5-4759ENW]

[9] Barcena MB, Wueest C (2015) Insecurity in the Internet of Things [http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/media/security_response/whitepapers/insecurity-in-the-internet-of-things.pdf]

[10] Mobile World Congress 2017 (2017) Barselona 27 feb - 2 mar [https://www. mobileworldcongress.com]

[11] Quarta D, Pogliani M, Polino M, Zanchettin FM and Zanero S (2017) Rogue Robots: Testing the Limits of an Industrial Robot's Security [Trend Micro Forward-Looking Threat Research] [https://documents.trendmicro. com/assets/wp/wp-industrial-robot-security.pdf]

[12] Disruptive Civil Technologies. Six Technologies With Potential Impacts on US Interests Out to 2025 (2008) [Conference Report CR 2008-07] April 2008. 47 p. [www.fas.org/irp/nic/disruptive.pdf]

[13] Greene T. (2016) Gartner's top 10 security predictions [Network World] [http://www.networkworld.com/article/3088084/security/gartner-s-top-10-security-predictions. html]

[14] Aytkhozhaeva EZh, Ziro AA, Zhaibergenova ZhA (2017) Virtualization safety [Computer Modelling and New Technologies] T. 21. No. 2. 48-53.

[15] Zinenko O (2017) Analiz ugroz informatsionnoy bezopasnosti 2016-2017. [Analiticheskiy tsentr Anti-Malware.ru] [https://www.anti-malware.ru /analytics/Threats_Analysis/Analysis_ information_security_threats_2016_2017] (In Russian).

[16] Worldwide Semiannual Security Spending Guide. [www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P33461]

[17] Russia Threat Intelligence Security Services 2016 Market Analysis and 2017–2021 Forecast. IDC. [http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=CEMA42095117]

[18] ISO/IEC JTC 1/SC 27. IT Security techniques. ISO [https://www.iso.org/committee/ 45306.html].

[19] Soglashenie stran SHOS o sotrudnichestve v oblasti informatsionnoy bezopasnosti vstupilo v silu (2011) [InfoSHOS: internet-portal] [http:// www.infoshos.ru/ru/?idn=8381] (In Russian).

[20] Kontsepciya kiberbezopasnosti («Kibershchit Kazakhstana») (2017) [http://mdai.gov.kz/ ru/pages/koncepciya-kiberbezopasnosti-kibershchit-kazahstana] (in Russian)

[21] Toffler A (1980) The Third Wave. New York: William Morrow & Company, ISBN 0688035973, 9780688035976, 544 p.

Е. Ж. Айтхожаева, Н. А. Сейлова

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

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚОҒАМНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІ ЖӘНЕ ИНТЕРНЕТ ЗАТТАРДЫҢ

Аннотация. Кез келген мемлекеттің электронды қоғамның киберкеңістігі арнайы мониторингті жүйесі бар барлық тұлғалар мен мемлекеттердің мониторингіне қолжетімді. Ол қоғамдық ойды манипуляциялау үшін, компьютерлік тыңшылық және аңду үшін, мемлекеттік жүйелерге, бизнес, жеке тұрғындарға мақсатты шабуылдарды ұйымдастыру үшін құқыққа қарсы мақсаттарда белсенді қолданылады. Кибер шабуылдар мақсаттары мен түрлері бойынша сараптама келтіріледі (2017 жыл бойынша). Электронды қоғамның қалыптасуына және дамуына үлес қосатын жаңа ақпараттық-коммуникациялық технологиялар жаңа тәукелдер мен қауіптерге акеледі. Ең жойқын және қиын анықталатын қауіптер Интернет заттардың келешек технологияларын пайдалануы болып табылады. Интернет заттар құрылғыларының компьютерлік қауіпсіздіктің тестілеуінің статикалық деректері келтіріледі, алайда олар кибер шабуылдардан олардың тәжірибиелік осалдығын көрсетеді. Ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету техникалық, ұйымдастырушылық және құқықтық проблемаларының шешімінғана талап етпейді, сонымен қатар моральді-этикалық, социологиялық, психологиядық және экологиялық. Адами фактормен байланысты тұлғаның ақпараттық қауіпсіздік проблемасы, білімнің түрлі салаларында мамандар интеграциясын талап етеді. Ақпараттық қаупсіздік нарығының дамуы бойынша статикалық деректер дүние жүзі бойынша келтіріледі. Кибер қатерлердің жаһандық сипаттылығына байланысты талап етілетін ақпараттық қауіпсіздік саласындағы мемлекетаралық ынтымақтастықтың мысалдары келтірілген.

Түйін сөздер: электронды қоғам, интернет заттардың, киберкеңістіктің қауіптері.

Е. Ж. Айтхожаева, Н. А. Сейлова

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

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЩЕСТВА И ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Аннотация. Киберпространство электронного общества любого государства доступно для манипулирования общественным мнением, для компьютерного шпионажа и слежки, для организации целевых атак на государственные системы, бизнес, отдельных граждан, для мониторинга всеми заинтересованными лицами и государствами, имеющими специальные мониторинговые системы. Приводится статистика по целям и типам кибератак (по 2017 году). Новые информационно-коммуникационные технологии, способствующие формированию и развитию электронного общества, несут новые риски и угрозы. Самыми разрушительными и трудно выявляемыми являются угрозы использования перспективной технологии интернет вещей. Приводятся статистические данные тестирования компьютерной безопасности устройств интернет вещей, которые показывают их практическую незащищенность от кибератак. Существуют не только технические, организационные и правовые, но и морально-этические, социологические, психологические и экологические проблемы обеспечения информационной безопасности. Проблема информационной безопасности личности, связанная с человеческим фактором, требует интеграции специалистов различных областей знаний. Приводятся статистические данные по развитию рынка информационной безопасности в мире. Приводятся примеры межгосударственного взаимодействия в сфере информационной безопасности, необходимого в связи с глобальным характером киберугроз.

Ключевые слова: электронное общество, интернет вещей, угрозы киберпространства.

Сведения об авторах:

Айтхожаева Евгения Жамалхановна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры Информационной безопасности Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И.Сатпаева, Казахстан, e-mail: ait_djam@mail.ru,

Сейлова Нургуль Абадуллаевна – кандидат технических наук, ассистент-профессор кафедры Информационной безопасности Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, Казахстан, e-mail: seilova_na@mail.ru

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 273 – 281

UDC 537.523.3

Sh. A. Bachtaev[1], A. Zh. Toigozhinova[2], G. K. Sydykova[3], A. K. Kodzhabergenova[4]

[1]Almaty university of power engineering and telecommunications, Almaty, Kazakhstan,
[2]Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan,
[3]The Korkyt ata Kyzylorda state university, Kyzylorda, Kazakhstan,
[4]Kazakh university of communications, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: aynur_t@mail.ru, sydykova77@mail.ru, asico_9-67@mail.ru

NEW CONTROLLING METHODS OF THE OZONE CONCENTRATION IN THE ATMOSPHERIC AIR

Abstract. Basic principles are expounded and prospects of application of homopolar corona charge on microelectrodes (microwire, needles and etc.) for development of methods and methods of control of concentration of ozone in atmospheric air. Investigational and described ozonometers descriptions corona charge, based on distinction of values of to mobility of ions of different arctic ions in the external zone of charge. Constructions over and technical descriptions of small ozonometers are brought, worked out on the basis of corona charge. For this aim the existing dependence of the middle mobility of ions is used in the zone of corona digit from the concentration of ozone in atmospheric air, coming from outside. Ozonemeters built on this principle work on a balancing network comparing average mobility of ions in two chambers during entering of ozone into charge zone. In other device for control of ozone concentration two charge intervals are used with the volume charges of different polarity, which appear between the corone needles and external electrodes, combined with ozone swallowers from porous silicagel. The ozonometer is based on the impulse-mode of negative crown, which determines the concentration of ozone in atmospheric air based on current of crown.

Keywords: corona charge, microelectrode, ozone, mobility of ions, balancing network, impulse mode, electronic avalanches.

Introduction. Measuring of concentrations of ozone has an actual value for physical and chemical features of ozone and technology of ozone production and continuous control of amount of ozone in the air is also needed in ozone treatment of domestic and official premises apartments and curative chambers and hospitals. In all cases ozone measuring devices are required to be simple in their constructions and comfortable during operations with high noise immunity and accuracy in measuring [1].

Well-known methods and devices for control and determination of concentrations of ozone in the air and based on iodide metrical, interferometrical and photometrical methods are in most cases stationary devices and differ with complicated performance and inconvenience. A classic iodine metrical method is also labor intensive during realization of control of ozone and does not provide continuity of measuring [2].

Presently there are several hundred methods of analysis and control of ozone.Conditionally they can be divided into physical, physical and chemical and chemical.

Based on other classification it is possible to divide into absolute and relative. The first ones allow directly to get the size of measureable concentration; the most accurate from them can serve as primary standards, based on which the calibration of ozonemeters are performed; the second ones measure a size, and being the function of concentration of ozone, they themselves require to be calibrated.

The problem of creation of method of control of ozone and development of the devices for its realization was set, and those differed from well-known methods with its high exactness and reliability of measuring at simplicity and comfort in-process. The results of researches showed that the most effective

way for measuring of concentrations of ozone in atmospheric air there is the determination of them through to mobility of ions in a corona discharge.

Method of control of concentration of ozone in the air. When the analysis of well-known data and measured values of mobility of different sorts of ions is executed in the zone of unipolar corona, and also the processes of formation and loss of atomic and molecular ions of oxygen and nitrogen in corona are considered, we must define ozone metrical descriptions of corona charge. For this aim is used the existing dependence of middle mobility of ions in the zone of corona from the concentration of ozone acting from outside. Meantime, developed ozone meters [3] work according to balancing network by comparison of change of middle mobility of ions in the negative and positive corona at entering of ozone into the zone of charge from outside. Therefore it is necessary to consider the mechanisms of influence of entering ozone and kinetics of change of middle mobility of ions for different polarity of crown on individual basis.

It is necessary noted that middle mobility of ions grows also, when mobility of separate sorts of ions grows. Therefore, we have to consider separate elementary processes that lead to the increase of mobility of the ions during entering of ozone from outside.

In the negative corona the reactions of transformation of atoms, molecules and ions of oxygen (table) are related to the basic elementary processes.

Reactions leading to the increase or to the decrease of k_{cp}

#	Increase k_{cp}	Reduction k_{cp}
1	$O_3 + O_2^- \rightarrow O_2 + O_3^-$	$O_3 + O^- \rightarrow O + O_3^-$
2	$O_3^- + N_2 \rightarrow O^- + O_2 + N_2$	$O_3 + O \rightarrow 2O_2$
3	$O_3 + O_2 \rightarrow O_2 + O + O_2$	
4	$O_3 + O(D) \rightarrow O_2 + O + O$	
5	$O_3 + O_2\left(^1\sum_d^+\right) \rightarrow 2O_2 + O$	
6	$O_3 + O_2\left(^/\Delta d\right) \rightarrow 2O_2 + O$	

In terms of data of the table and taking into account other well-known reactions, the table shows two groups of reactions that conduce to the increase or to reduction of middle mobility of ions in the zone of corona charge, when ozone comes from outside.

As follows from this table, at the receipt of ozone from outside majority of reaction lead to the increase of k_{cp}, which is related to formation of atomic oxygen and its ions, having higher mobility. In addition, the reactions of ozone are presented with atoms and molecules of oxygen, which have the different electronic states. It should be noted, last reactions with ozone take course, mainly, in a corona layer or on its border.

Now we will consider molecular processes, processes running during interacting of ozone with the ions of nitrogen and oxygen in the external area of positive corona charge.

As is generally known, basic carriers in a positive corona charge are O^+, O_2^+, N^+, N_2^+, that co-operate with the molecules of ozone, acting from outside, as follows

$$O^+ + O_3 \longrightarrow O_2^+ + O_2, \quad (1)$$

$$N^+ + O_3 \longrightarrow NO^+ + O_2, \quad (2)$$

$$O_2^+ + O_3 \longrightarrow O_2 + O_3^+, \quad (3)$$

$$N_2^+ + O_3 \longrightarrow N_2^+O + O_2^+. \quad (4)$$

If to take into account the values of mobility of former and newly formed ions (O^+ -3,2; O_2^+ -2,24: O_3^+ -2,54: N^+ -3,3: N_2^+ -1,87: NO^+ -1,96 см/В.с), it is obvious, that reactions (1) conduce to reduction, and reactions (2-3) to the increase of middle mobility of ions in the external area of corona charge [4]. Considering that reactions (1) take place only in a narrow area near-by corona electrode, and therefore

their contribution into the general charge current is insignificant, while reactions (2-3) flow in the external area of corona charge and bring in a substantial contribution to the general charge current. Considering the direct dependence of the current charge size on the value of middle mobility of ions it appears the possibility to define the volume concentration of ozone within the charge intervals based on increase of the current.

For the purpose of increase of accuracy of control and reliability of results, the balancing network of measuring is used, one of shoulders of which is the second charge interval, where air stream purged from ozone gets through a damper chamber (ozone absorber), and at that the other shoulder is the first charge interval in its primary kind. Thus, comparison of two charge currents and measuring of them on the difference of potentials of tensions on loading of charge intervals, allows substantially decrease the errors of ozone control due to the change of electric descriptions of charge, temperature and pressure of gas, and also from a current rate. Since the charge current of the first charge interval changes in direct ratio to the changes of concentration of ozone in ozone containing air, then it is not difficult to carry out calibrating of output device on the beforehand well-known concentrations of ozone in the air [5].

A damper chamber (ozone absorber) serves for cleaning of air stream from remaining ozone, prior it gets in the second area of the charge. Meantime a damper chamber (ozone absorber) does not render substantial influence on other gas mixtures in a stream, and in connection with this their affecting on charge description of measuring intervals is mutually compensated. One of variants of implementation of damper chamber is the using as a reactionary zone for ozone of positive volume charge of corona charge.

In other variant, as ozone absorber can be used the natural absorbers of ozone (porous rubber, absorbent carbon, oxides of iron, copper shaving etc.), which also during their setting must meet the condition of "transparency" for other gases of stream.

On figure 1 the functional diagram of device is presented for control of ozone in mid air.

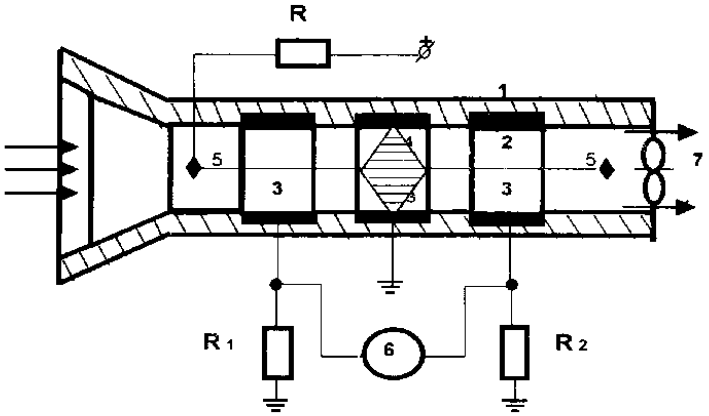


Figure 1 – Device for control of ozone in the air

The developed device contains a corps from dielectric material 1, corona wire 2 and external metallic electrodes in the cylinders form 3. In our case as the ozone absorber it is used the positive volume charge of corona charge 4. Corona wire 2 is fixed from two ends by holders 5 and then, through ballast resistance of R connected with the positive pole of power supply. External metallic electrodes 3 of the device are earthed: the external electrode of damper chamber should be earthed at once, and external electrodes of two charge intervals through loading resistances of R_1 and R_2. Output device 6 is added to the alarm points of resistances of R_1 and R_2. In order to create the even stream of ozone containing air through the devices it is used an air-exhauster 7.

During delivery of high enough tension on a wire, between it and external electrodes appears corona charge, which is the unipolar form of charge. Whereupon, by means of air-exhauster the air in which the ozone amount is measured, is driven away through a device, where it interacts by turns with the positive volume charges of discharge intervals. Along with it, the value of potentials difference of tensions on loading of two charge intervals, registered by an output device in fact will correspond to the concentration of ozone in surrounding air. The offered device differs with simplicity and comfort in work, provides non-

inertia and continuity of measuring. Besides, calibrating of output device and choice of the range measuring are to be performed only once.

A device has the following parameters: diameter of the corona electrode of 50 microns, external electrodes in the form of cylinders have the diameter of 10mm, tensions of power supply can change in a range from 3,2 to 4,4кВ. The mode of positive corona charge is created in measuring charge chambers. For the control measuring as the source of ozone a charge chamber with a negative corona with the exit of ozone from 2 to 10mg per hour at atmospheric pressure was used. Tests showed that an offered device at its simplicity of construction has a sufficient sensitiveness to ozone (from 0,2 to 0,25mg/mkA) and can be used as an indicator of ozone in domestic and economic terms [3].

Device for ozone concentration control. The processes of interaction of molecules of ozone with the ions of O_2^+ and N_2^+ and subsequent formation of secondary ions of O_3^+ and O_2^+, on the whole, lead to the increase of middle mobility of ions in the external zone of corona charge and accordingly, to the increase of size of current of charge. Thus, skipping ozone containing gas through the first discharge interval, and then through a damper chamber – (ozone absorber) the second discharge interval and comparing discharge currents on their loading it is possible to determine the concentration of ozone in ozone containing gas. Thus, some attractiveness of application of positive corona charge takes place for the aims of control, because it has an ozone energy effect, which is more lower than the negative corona charge. In addition, the application of damper chamber – ozone absorber, allows to get the gas and the air on the exit of device, purged from ozone.

During flowing of negative charge, there are the ions of O^-, O_2^- and O_3^-, in the external area, which take part in the processes of recharge of ions, and at that, ions of O_2^- and O_3^- are responsible for passing of discharge current, although in accordance with their amounts, O_2^- - to a greater degree, O_3^- – to a lesser degree. Appearance of foreign ozone substantially changes character of processes of recharge of ions in the external area of discharge, because ozone has higher energy of affinity to the electron as compared to O (1,4) and O_2 (1,45). In this case, the portion of ozone as a carrier of charges into the external area of charge increases in accordance with the its concentration in a gas analyzed.

If to take into account the values of mobility of molecules of oxygen (2,24 $см^2$/В-с) and ozone (2,54), then it is necessary to expect the increase of middle mobility of ions in the external area of corona charge. All that, on the whole, results in the increase of deposit of ions of ozone in a general discharge current, which is the basis of use of corona charge in order to control the concentration of ozone in a ozone containing gas.

In an offered device it is used two discharge intervals with the by volume charges of different polarity, which are formed between the corona needles and external electrodes, combined with ozone absorbers from porous silica gel. Considering that, corona needles are directed to the opposite sides, external electrodes having forms of the ozone absorbers, are located symmetrically on the different ends of dielectric tube. If ozone absorber for a negative corona charge is used for neutralization of ozone, then for a positive corona charge, besides, it serves for the observance of requirements of identity of two discharge chambers [6].

Input of ozone containing gas into an ozonometer is performed through the holes in a dielectric tube, located on equal distance from discharge intervals. In the process of work of ozonometer between corona needles and external electrodes there is electric wind with speed no less than 1-3 m/s, which renders through holes the suction effect on air of ambient air. Here main is a process of draw of air for control from one area of ambient air, which leads to identity of composition of air in discharge intervals in part of presence of admixtures and aerosol particles.

In addition, combination of external electrodes with ozone absorbers and situation without a ventilator, on the whole, conduces to simplicity of construction and absence of additional devices , which are necessary for work of ozonometer. The balancing network of measuring also allows substantially to bring down the errors of control of ozone, appearing due to the existing difference of electric descriptions of bipolar discharge intervals.

Application of bipolar power supply provides determination of difference of currents, running in the discharge intervals, which is proportional to the concentration of ozone. At such possibility of measuring of overfall of tension of negative polarity on the general loading, it is created the condition to use of ozonometer in ATSS and adjusting of concentrations of ozone in the working atmosphere of premises.

Zeroing, when there is lack of ozone and calibrating of scale of output device on the well-known concentrations of ozone in mid air is performed by means of balancing network.

On the figure 2 the functional diagram of ozonometer is presented with the bipolar power of supply 1.

An ozonometer works as follows. During delivery of high tension from the bipolar power of supply on corona electrodes 5, between them and external electrodes 6 there are bipolar corona charge, which create the electric winds directed to the opposite parties.

After establishment of stable electric wind in discharge intervals (no more than 5 sec) the principle of ion-convection pump starts to work, providing suction effect going through the holes 4 outward airs (ozone containing gas) into ozonometer, which simultaneously will pass through discharge intervals for control of ozone. Initially, during the lack of ozone in outward air, with the help of R_2 the readout of output device 7 hatches on a zero. At that, the existing difference is also compensated in electric descriptions of positive and negative corona charges in the discharge intervals of ozonometer, and due to the application of balancing network of measuring of influence on accuracy of control of admixtures or other aerosol particles, presence of which in ozone containing gas is not eliminated, also is taken to the minimum.

Thus, the value of difference of currents from two discharge chambers 2a depends upon the concentration of ozone parameter in an ozonometer, which registers itself as an output device 7 or passed to SAC (system of automatic control). If the sensitiveness of ozonometer to ozone depends on the steepness

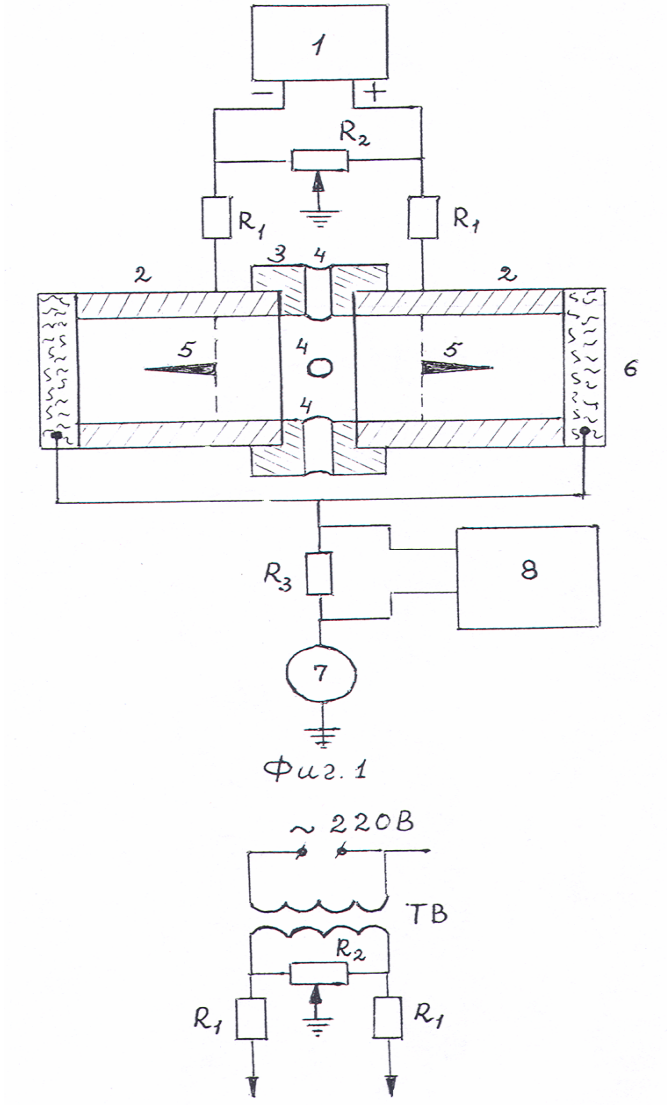


Figure2 – Functional diagram of ozonometer

of descriptions of corona charges, then accuracy of control of ozone will depend on stability of tension of power of supply and constancy of geometrical parameters of discharge intervals. The steepness of descriptions of corona charges, in turn, is determined by the value of high tension and geometry of discharge intervals (by the radius of curvature of corona needle and inter-electrode distance).

The body of ozonometer, consisting of three parts (2,3) fixed with each other on axes basis is made from a fluoroplastic, and at that internal diameter of tubes 2 makes a 20 mm, and length is 30 мм. In tubes 2 there are axisymmetrical located 5corona needles, pressed-on on thin nets from a nichrome. Corona needle is made from a thin molybdenum wire (d=a 0,5 mm) with the radius of rounding on an edge about 0,2 мм. External electrodes –ozone absorbers are made from porous silica gel with a metal-backer surface with a thickness 5 мм. They are "transparent" enough for passing of air under the action of electric wind.

An ozonometer provides automatic control of ozone in a working atmosphere at a high sensitiveness and reliability of results of measuring, which is arrived at simplicity of construction and lack of additional adaptations. It can be used in ozone equipment and at ozone treatment of domestic, official and production premises [6].

On a figure 3 the functional diagram of device for control of concentrations of ozone is presented.

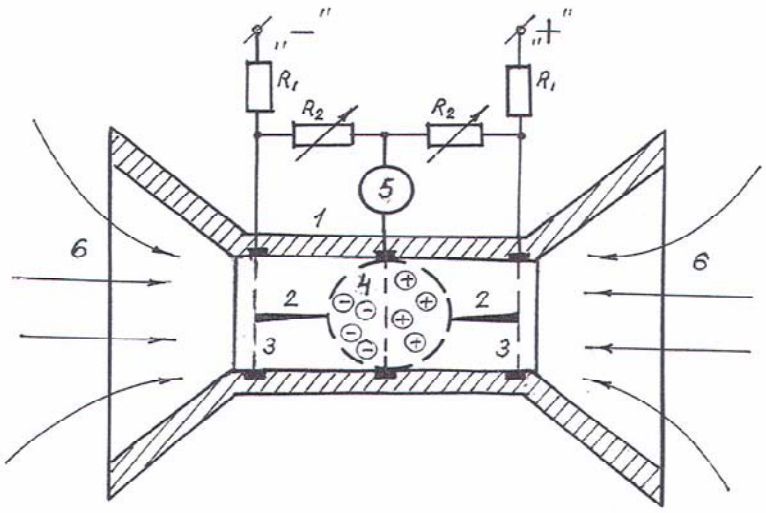


Figure – Functional diagram of device for ozone concentrations control

A device contains a corps from dielectric material 1, corona electrodes consisting of corona needles 2, which fixed on axes basis with a corps 1 fastened to the net. Corona needles 2 through ballast resistances of R_1 to the different poles of power supply [7].

External electrode 4, performed as a metallic net and being general for both discharge intervals, unites through an output device 5 and regulative resistances of R - 2 with the poles of power supply. After connection of high tension and appearance of corona charge in discharge intervals in the swept volume electric wind appears 6 in the direction of edge of corona needles 2.

A device works as follows. At the serve of the high enough tension in the first discharge interval, made from a corona needle 2 and external electrode 4, there is a negative corona charge, while a positive corona charge takes place in the second discharge interval. After a while (no more 5sec.) in that and in other case in discharge intervals electric winds appear 6, directed against each other.

Impulsive ozonemeters. A method will be realized in a device, containing corona and external electrodes, between which a negative corona charge is created and unlike well-known it contains stabilizator of current in the chain of discharge current and amplitude discriminator in a measuring chain, serving for the exception of bearing frequency of impulses of Trichell.

For substantial reduction of influence on accuracy of measuring of vibrations of discharge parameters the stabilizator of current is used, in order to stabilize a discharge current at the possible changes of tension of power supply, pressure and temperature of air. Stabilizing of current of charge, in uts turn, results in stability of amplitude and frequency of impulses of trichell, while dependence of them on the admixture of ozone in mid air remains the same.

It is determined that of all impulses of Trichell the overwhelming ones on a closeness (bearing frequency) are those impulses that got beginning from the electronic avalanches of the first echelon, arising up and getting development from the surface of corona electrode. It was found that there is a direct dependence of amplitude of Trichell impulses of bearing frequency on the radius of curvature of corona electrode, which served as the basis for development of method of control of micro wire diameter [8]. Meantime, in our case, the presence of Trichell impulses of bearing frequency in the process of measuring sharply reduces accuracy of control of concentrations of ozone on an offered method.

In order to except the bearing frequency of Trichell impulses it is used an amplitude discriminator in the measuring chain of device, which limiting on amplitude and chopping off the Trichell impulses of bearing frequency, skips for measuring only such impulses that are the result of electronic avalanches of the second echelon, arising up on the border of corona layer of charge. Now in the process of measuring will take part only those impulses of Trichell, that appeared from secondary electronic avalanches in the corona layer of charge. Thus, totality of substantial signs allows substantially to increase the measuring accuracy and to get the reliable results at control of concentration of ozone in mid air [9].

A device works as follows. At the serve of high enough tension to negative polarity on a micro wire, between it and a cylinder is a unipolar charge in the pulse-mode (Trichell impulses), that is characteristically for a negative crown from the micro wire.Tension of power supply at ballast resistance of 100 мОм was 10 кВ (a cylinder is a 10 mm, micro wire is 50 microns). A midfrequency of Trichell impulses in lack of admixtures of ozone in mid air was 140 kHz, strength of discharge current - 40 мсА. Because of absence of the calibrated generator of ozone the calibrating of device on the concentration of ozone was not produced. Meantime, in our case, the presence of Trichell impulses of bearing frequency in the process of measuring sharply reduces accuracy of control of concentrations of ozone on an offered method.

In order to except the bearing frequency of Trichell impulses it is used an amplitude discriminator in the measuring chain of device, which limiting on amplitude and chopping off the Trichell impulses of bearing frequency, skips for measuring only such impulses that are the result of electronic avalanches of the second echelon, arising up on the border of corona layer of charge. Now in the process of measuring will take part only those impulses of Trichell, that appeared from secondary electronic avalanches in the corona layer of charge. Thus, totality of substantial signs allows substantially to increase the measuring accuracy and to get the reliable results at control of concentration of ozone in mid air [9].

A device works as follows. At the serve of high enough tension to negative polarity on a micro wire, between it and a cylinder is a unipolar charge in the pulse-mode (Trichell impulses), that is characteristically for a negative crown from the micro wire.

Tension of power supply at ballast resistance of 100 мОм was 10 кВ (a cylinder is a 10 mm, micro wire is 50 microns). A midfrequency of Trichell impulses in lack of admixtures of ozone in mid air was 140 kHz, strength of discharge current - 40 мсА. Because of absence of the calibrated generator of ozone the calibrating of device on the concentration of ozone was not produced. Meantime, the analysis of the obtained data and calculations of electric descriptions of device shows that the offered method as compared to well-known one provides the increase of measuring accuracy in several times.

A device, carrying out control of concentration of ozone, is electrodes as a net metallic cylinder (5-10мм) and micro wire made of tungsten (50-100 microns) and strained on its axis, on which permanent tension of negative polarity (5-10 кВ) is given.

To create the waiting mode of charge as usual, it is used ballast resistance of sufficient size (to 100 мОм), and to external electrode is connected with loading resistance and integrating chain with the electronic voltmeter of direct-current.

On a figure 4 the functional diagram of device is presented to control the concentration of ozone.

A device contains a corps from dielectric material 1, four plates also made of insulating material 2 to fasten the net electrode 3 and corona electrode as a micro wire made of tungsten 4. Corona electrode is connected through ballast resistance of Rt with the power module 5. External electrode 3 is earthed through loading resistance of R2, to which integrating chainlet of R3C and electronic voltmeter of direct-current 6 is connected.

The device works as follows. At the serve of high enough tension to negative polarity on a micro wire, between it and a cylinder it appears unipolar charge in the pulse-mode (impulses of Trichell), which

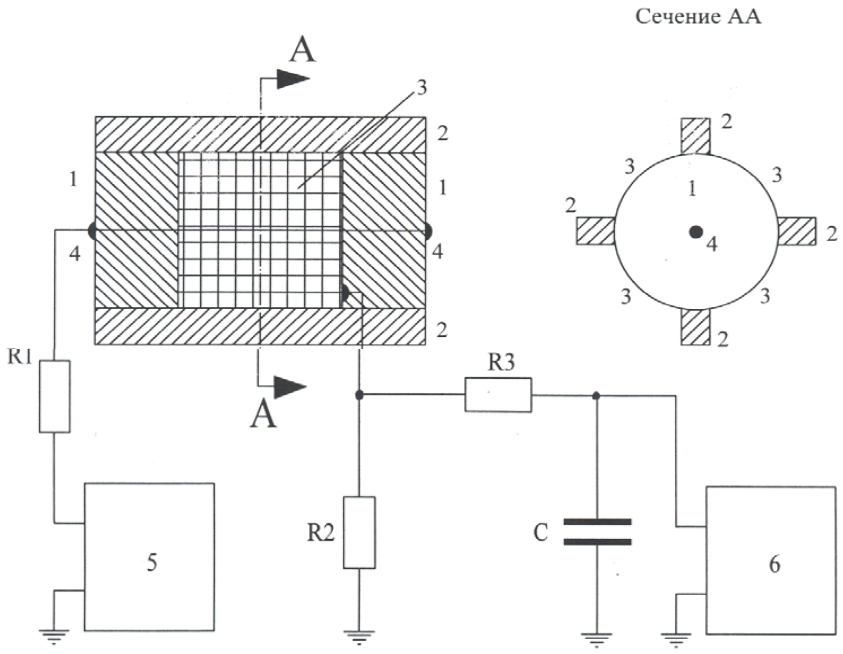


Figure 4 – Functional diagram of device for control concentration of ozone

is characteristically for a negative crown from a micro wire. In order to achieve the waiting mode of corona charge at these geometrical parameters of electrodes (cylinder -10 mm, length-20 mm, micro wire-50 microns) regulate high tension setting a discharge current no more 1мкА.

In connection with absence of the calibrated generator of ozone the calibrating of scale of output device on the concentration of ozone was not executed. Tests showed that an offered device had a high sensitiveness to ozone (to 0,1 mg/of мВ) and can be used as check device in shopfloors.

Conclusions. The new methods of control of ozone are created and worked out a number of modification of ozonemeters based on existent ozonemetrical descriptions of corona charge. The results of researches and approbations of the worked out devices showed on the difference of them from known ones for the high accuracy and reliability of measuring at a simplicity and comfort in-process.

REFERENCES

[1] Filippov Y.V., Voblikova B.A., Panteleev B.I. Electrosynthesis of ozone. M.: MGU, **1987**. 237 p. (in Russ.).

[2] Samoilovich B.G., Gibalov B.I., Kozlov K.V. Physical chemistry of barrier digit. M.: MGU, **1989**. 176 p. (in Russ.).

[3] New corona meters of slow-neutron, Nuclear-power, **1962**, tom 3, producing 6, 617-619 p. (in Russ.).

[4] Raizer Y.P. Bases jf modern physics of gas-unloading processes. M.: Science, **1980**, 416 p. (in Russ.).

[5] Bahtaev S.A. and other, Pre-patent RK №8711. Method for control jf ozone and device for his realization, Published in the bulletin №3,15.03.**2000**. (in Russ.).

[6] Bahtaev S.A. and other, Pre-patent RK №20749. Device for control of concentration of ozone, Published in the bulletin №2,16.02.**2009**. (in Russ.).

[7] Bahtaev S.A. and other, Innovative patent RK №20581. Ozonometer, Published in the bulletin №12,15.12.**2008**. (in Russ.).

[8] Bahtaev S.A. and other, Pre-patent RK №8712. Method of control of ozone, Published in the bulletin №3,15.03.**2000**. (in Russ.).

[9] Bahtaev S.A. and other, Innovative patent RK №24730. Device for control of concentration of ozone, Published in the bulletin №10,17.10.**2011**. (in Russ.).

Ш. А. Бахтаев[1], А. Ж. Тойгожинова[2], Г. Қ. Сыдықова[3], Ә. К. Қоджабергенова[4]

[1]Алматы Энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]М. Тынышпаев атындағы көлік және коммуникация академиясы, Алматы Қазақстан,
[3]Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда, Қазақстан,
[4]Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы, Қазақстан

АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАДА ОЗОН КОНЦЕНТРАЦИЯСЫН БАҚЫЛАУДЫҢ ЖАҢА ӘДІСТЕРІ

Аннотация. Атмосфералық ауадағы озон концентрациясын бақылау және қалыптастыру тәсілдерін оңтайластыру үшін, микроэлектродта (микросым, инелер және т.б.) униполярлы тәжді разрядтың бас принциптері және қолдану перспективалары көрсетілген. Сыртқы разрядта орналасқан әртүрлі полярля иондардың қозғалғыштығының әртүрлілігінде негізделген тәжді разрядтың озонометриялық сипаттамалары зерттелген және түсіндірілген. Тәжді разрядтың негізінде жасалған кіші габаритті озонометрлердің құрылымдық және техникалық сипаттамалары берілген. Осы мақсат үшін атмосфералық ауадағы озон концентрациясының орта қозғалғышты иондардың тәжді разрядтың аймағындағы қазіргі уақытта белгілі тәуелділігі пайдаланылады. Озонометрлер разряд аймағының екі камерасына озон түсуіне байланысты орта қозғалғышты иондарды-баланс схемасы бойынша салыстыру арқылы жұмыс жасайды. Озон концентрациясын басқа құрылғыда бақылау үшін полярлығы әртүрлі екі қатарлы зарядты пайдаланылады,олар озонжұтқышпен біріктірілген тәжді инелермен және сыртқы электродтар арасында түзеді. Теріс тәждің импульстік режимінде негізделген озонометр, атмосфералық ауадағы озон концентрациясын тәж тоғының импульс жиілігімен анықтайды.

Тірек сөздер: тәжді разряд, микроэлектрод, озон, иондардың қозғалғыштығы, балансты сұлба, импулсті режим, электрондық ағындар.

Ш. А. Бахтаев[1], А. Ж. Тойгожинова[2], Г. К. Сыдыкова[3], А. К. Коджабергенова[4]

[1]Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан,
[2]Казахская академия транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева,
Алматы, Казахстан,
[3]Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан,
[4]Казахский университет путей сообщения, Алматы, Казахстан

НОВЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Аннотация. Изложены основные принципы и перспективы применения униполярного коронного разряда на микроэлектродах (микропроволока, иглы и т. д.) для разработки методов и способов контроля концентрации озона в атмосферном воздухе. Исследованы и описаны озонометрические характеристики коронного разряда, основанные на различии значений подвижностей разнополярных ионов во внешней зоне разряда. Для этой цели используется существующая зависимость средней подвижности ионов в зоне коронного разряда от концентрации озона в атмосферном воздухе, поступающего извне. Озонометры, построенные по этому принципу работают по балансной схеме сравнивая средние подвижности ионов в двух камерах при поступлении озона в зону разряда. В другом устройстве для контроля концентрации озона используются два разрядных промежутка с объемными зарядами разной полярности, которые образуются между коронирующими иглами и внешними электродами, совмещенными с озонопоглотителями из пористого силикагеля. На импульсном режиме отрицательной короны основан озонометр, который концентрацию озона в атмосферном воздухе определяет по частоте импульсов тока короны.

Ключевые слова: коронный разряд, микроэлектрод, озон, подвижности ионов, балансная схема, импульсный режим, электронные лавины.

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 6, Number 426 (2017), 282 – 288

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.



Figure 1 - Tensometric measuring and computing complex for measuring relative strains and stresses in structures

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.

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.

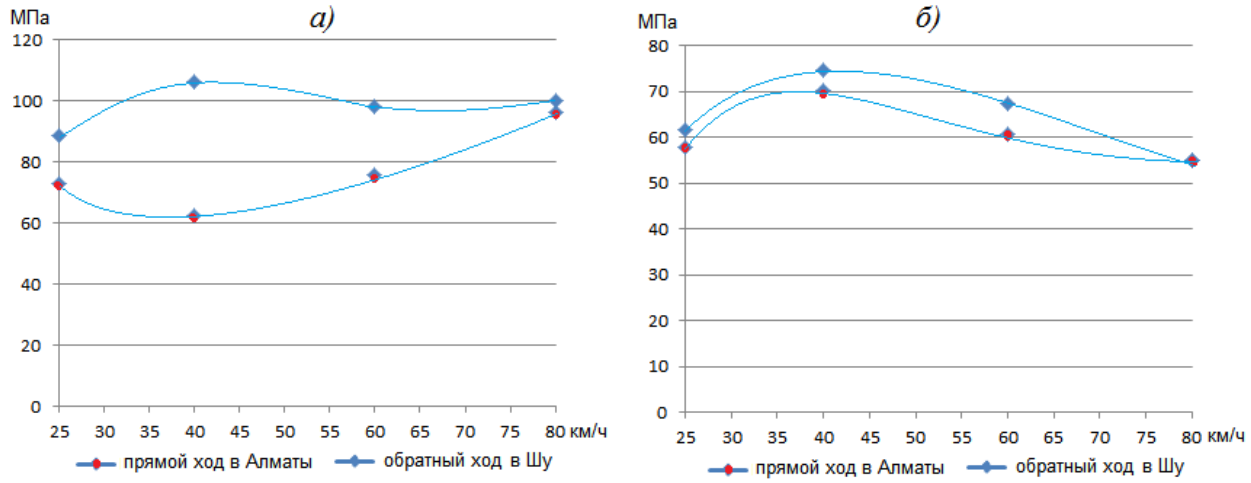


Figure 2 –Maximum stresses from the effects of a laden gondola 12-9920.
a) – the outer edge of the rail sole, b) – the inner edge of the rail sole

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.

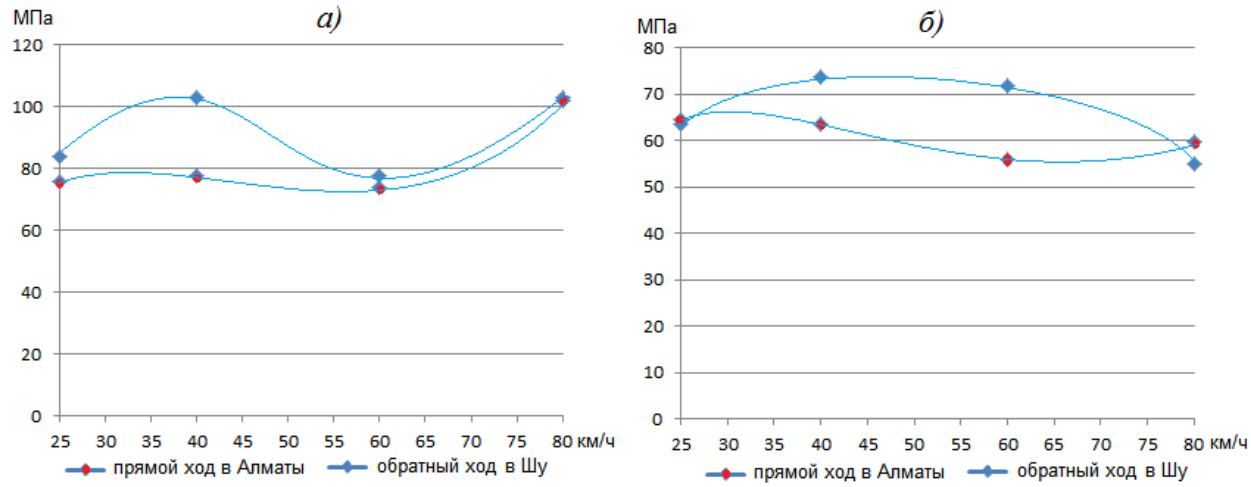


Figure 3 – Maximum stresses from the impact of a laden gondola 12-9941
a) – the outer edge of the rail sole, b) – the inner edge of the rail sole

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.

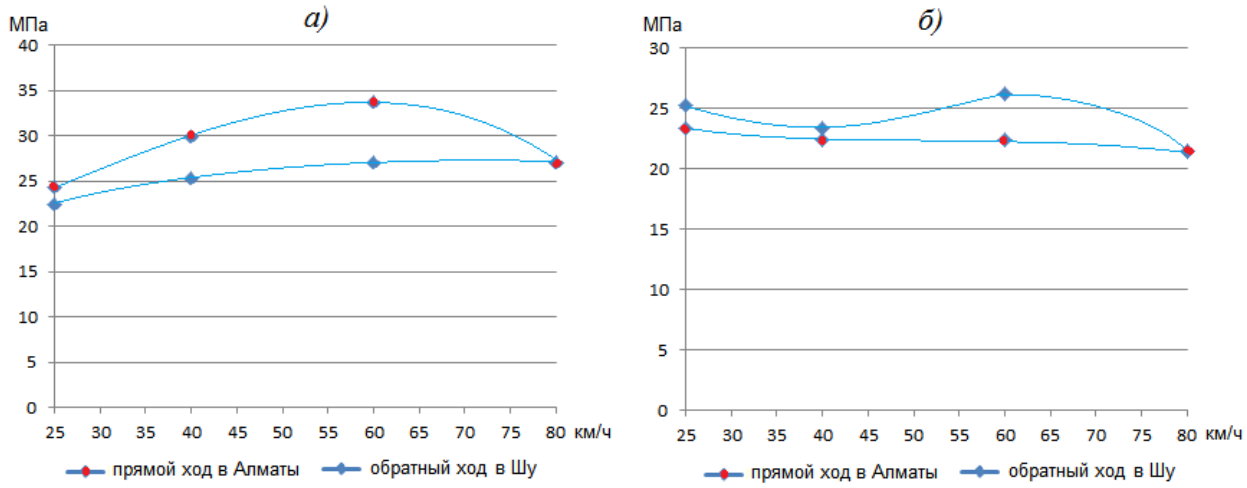


Figure 4 – Maximum stresses from the action of an empty gondola car 12-9920
a) – the outer edge of the rail sole, b) – the inner edge of the rail sole

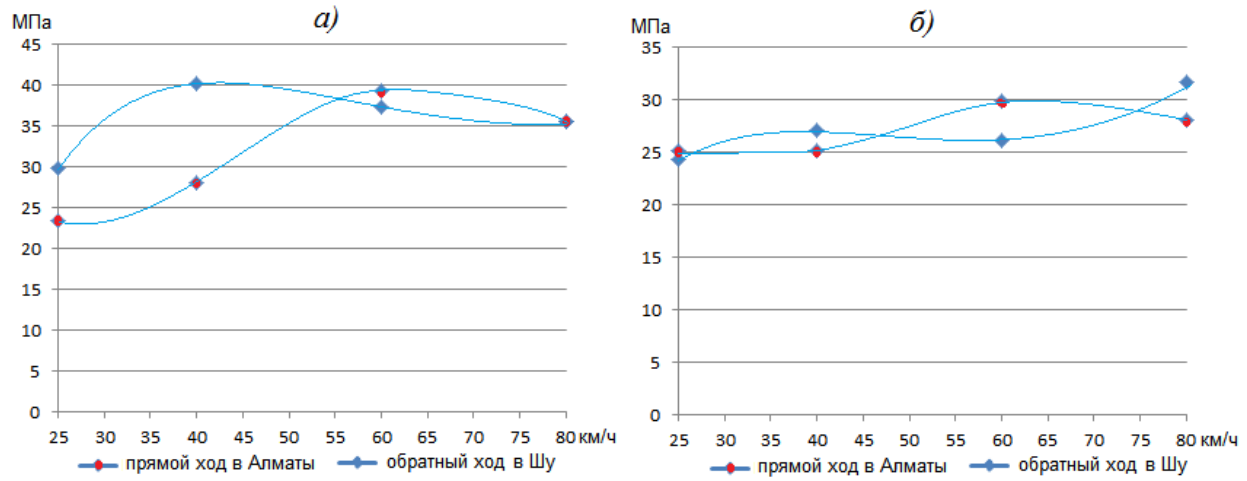


Figure 5 – Maximum stresses from the effect of an empty gondola car 12-9941
a) – the outer edge of the rail sole, b) – the inner edge of the rail sole

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 Figure 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.

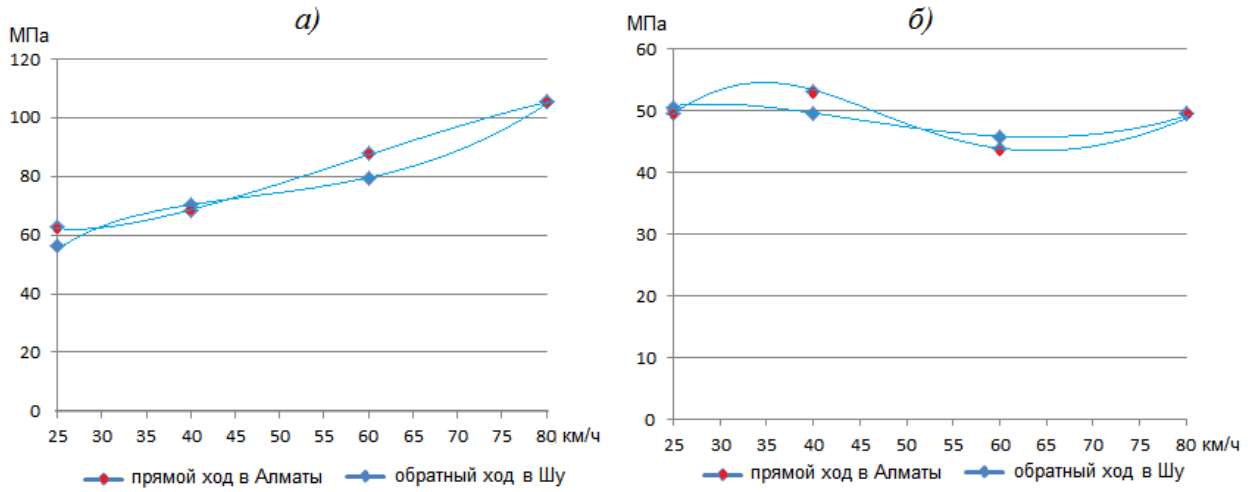


Figure 6 – Maximum stresses due to the effect of the locomotive CKD6e
a) – the outer edge of the rail sole, b) – the inner edge of the rail sole

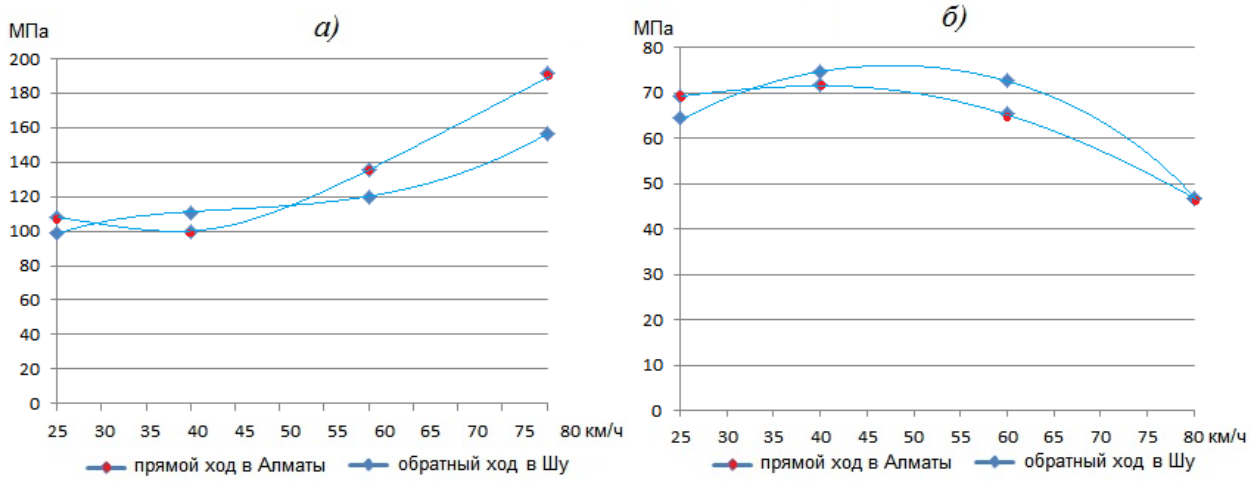


Figure 7 – Maximum voltage from the impact of an electric locomotive VL-80s
a) – the outer edge of the rail sole, b) – the inner edge of the rail sole

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

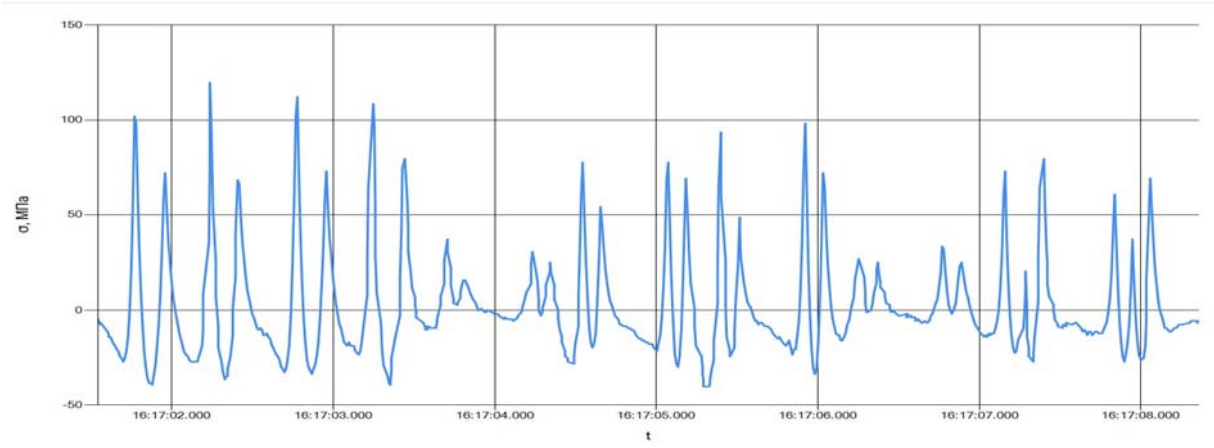


Figure 8 – Diagram of stresses in the outer edge of the rail sole (reverse stroke)

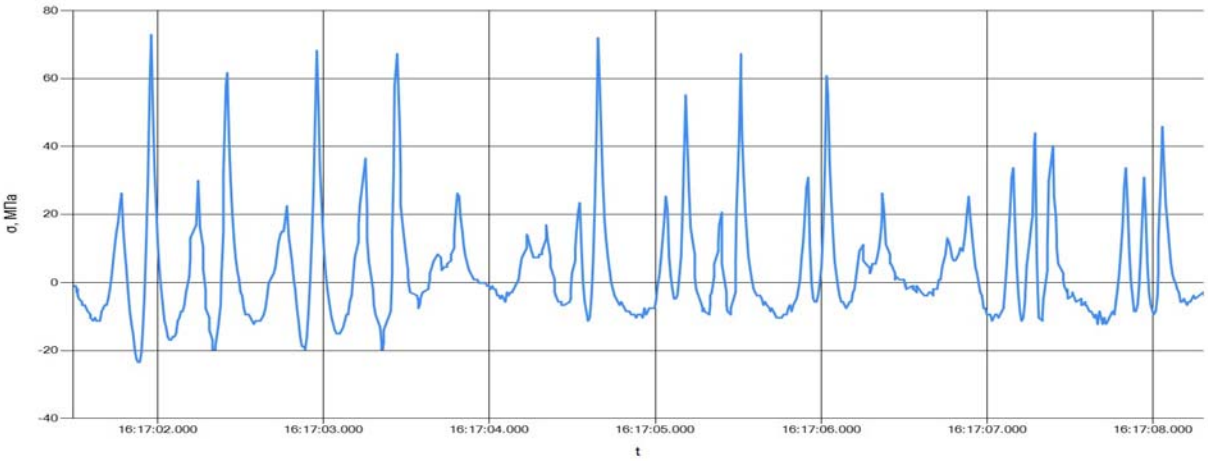


Figure 9 – Diagram of stresses in the inner edge of the rail sole (reverse stroke)

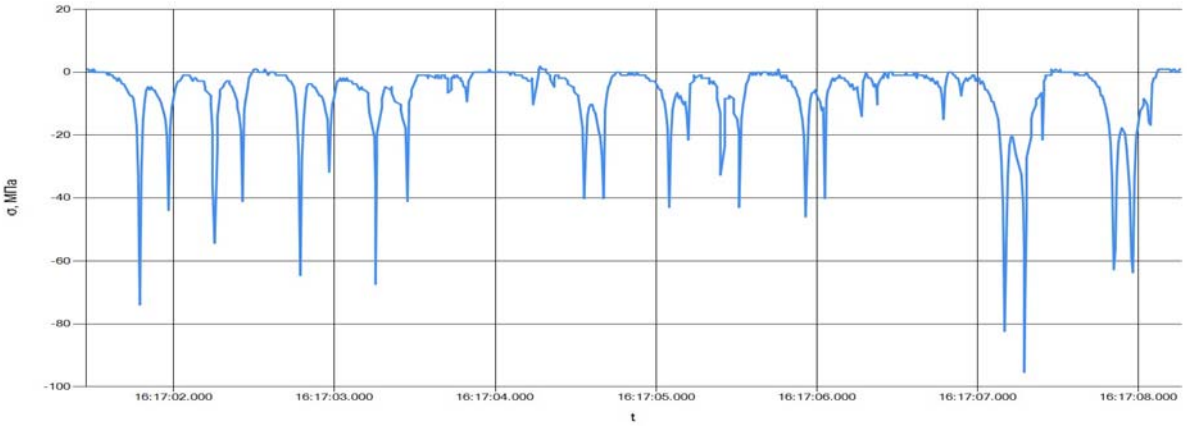


Figure 10 – Diagram of stresses in the neck of the rail (reverse stroke)

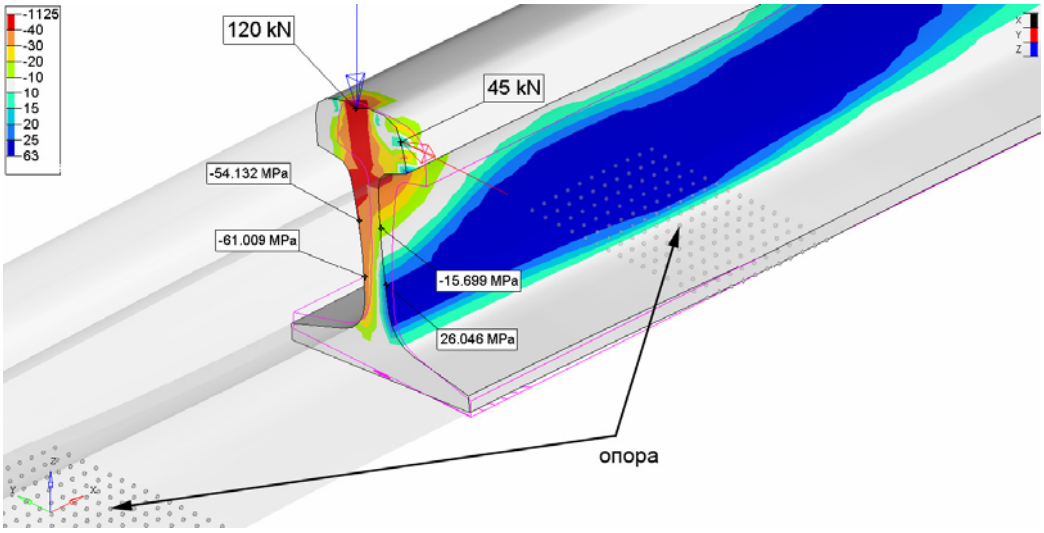


Figure 11 – Distribution of normal vertical stresses in the rail, MPa.
Vertical force 120 kN, lateral force 45 kN, loads between supports

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.

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] Kuanyshev BM, Kvashnin M.Ya. Estimation of the effectiveness of reinforcement of railroad bridges with composite material // Bishkek: Bulletin of KSUCTA. - №1 (51) - 2016. - C. 238-244.

[3] Kvashnin M.Ya., Bondar IS, Rystygulov PA, Kystaubaev 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. - T II, S. II-43 - II-47.

[4] Kvashnin M.Ya., Burombaev SA, Bondar IS, Zhangabylova AM 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 SA, Kvashnin M.Ya. Diagnostics and monitoring of artificial structures of trunk lines of JSC "NC" KTZh "// Almaty: Bulletin of KazATK. - No. 3 (98) - 2016. - P. 39-58.

В. Г. Солоненко, Н. М. Махметова, Квашнин М. Я., 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, CKDe-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 CKD6e-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, Kazakh Academy of Transport and Communications, v.solonenko@mail.ru

Makhmetova Narzankul Musaevna – Professor, Almaty, Kazakh Academy of Transport and Communications, makhmetova_n1958 @ .mail.ru

Kvashnin M.Ya. – Almaty, Kazakh Academy of Transport and Communications,

Bekzhanova Saule Ertaevna – Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications

KOSTENKO Nikolay Nikolaevich

(The 110th anniversary)



Kostenko Nikolay Nikolaevich - the honored geologist-explorer of Kazakhstan, the doctor of geological-mineralogical sciences. Kostenko N.N. began to study the quaternary deposits of Kazakhstan by the insistence of Academician Satpayev K.I. His methodical article was published in "Soviet Geology" journal according to the first results of his research in 1940. It reflected the methodology of mapping of the young Quaternary deposits of our Republic, which was of great interest to young geologists, as the need for building materials grew every year. In addition, the methodological recommendations for mapping quaternary deposits subsequently successfully spread to the study of similar deposits adjacent to Kazakhstan territories.

Geological career of N.N. Kostenko practically began from 1926 to 1929 when he worked in Geolkom, where he was under the guidance of Sergei Nikolaevich Mikhailovsky, the son of the famous Russian writer Nikolai Georgievich Garin-Mikhailovsky, geological exploration work was conducted in the Crimea. At this time, he was fascinated by geology. Impressed by the stories of S.N. Mikhailovsky about Kazakhstan, Nikolai Nikolayevich moved to Alma-Ata. Here he graduated from the evening courses of the training faculty for higher education. From 1930 to 1932, he worked in various geological enterprises in Semipalatinsk and Taldy-Kurgan cities. At the end of 1932, while continuing his production work, Nikolai Nikolayevich entered the Kazakh Geological Prospecting Institute of Semipalatinsk, which was transferred to Alma-Ata and transformed into the Kazakh Mining and Metallurgical Institute (later - Kazakh Polytechnic Institute, now - Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpaev). After graduation N.N. Kostenko worked as the head of the Almaty and Petropavlovsk hydrogeological parties. In 1938 Nikolai Nikolayevich studied the technique of producing spore-pollen analyzes in Leningrad at the All-Union Geological Institute (VSEGEI) and in Moscow at the Geological Institute of the Academy of Sciences of the USSR (USSR Academy of Sciences). This internship later gave him the opportunity to create a palynological laboratory under the Kazgeologic Administration, where he worked under the guidance of professionals - experts in palynology and malacology and where they creatively discussed the results obtained to determine and specify the age of the geological layers.

From 1939 to 1981 N.N. Kostenko worked continuously in the Kazakh Geological Administration (Yuzhkazgeologiya) at high positions, editing sheets of geological maps for southeastern Kazakhstan. In 1958 was created the Cenozoic (since 1962 Meso-Cenozoic) party on his initiative. He united under his own head a large team of specialists of various profiles (stratigraphers, paleontologists, palynologists, malacologists, and lithologists), who were engaged in a comprehensive study of the Mesozoic and Cenozoic deposits, which previously received insufficient attention. Nikolay Nikolaevich annually visited summer fieldwork in various regions of Kazakhstan with the party's staff, which consisted of several detachments, showing the youth's example of determination to learn new regions, tirelessness and unpretentiousness to life in the field. He was distinguished by his exceptional diligence, the richest experience of the researcher, sensitivity and attentiveness to people, subtle humor, charm and modesty. He figuratively described how the changes in the paleo geographic situation in the studied territory occur. The youth admired his erudition and ability to tell interestingly and intelligibly what they saw on geological outcrops and in routes. A lot was done in science for the first time: the principles and methods of stratigraphic dismemberment of young Cenozoic strata have been developed in this way; with his participation and under his leadership, the unified and correlational stratigraphic schemes of the Mesozoic and Cenozoic were compiled. He always stood at the source of new methodological approaches in stratigraphy. In the 1960s N. Kostenko and V.S. Bazhanov, V.S. Kornilova began intensively introduce the results of research on the remains of fossil vertebrates and plants collected from various regions of Kazakhstan in support of the first stratigraphic schemes of the Cenozoic deposits of Kazakhstan, which were approved by the KazMCMC in 1967 and 1971. In 1984, the Plenum of KazRMC issued a Decree that the most important task for all geological organizations of Kazakhstan in the next decade is the development and improvement of the stratigraphic and paleontological basis for the compilation and publication of the Geological Map of Kazakhstan at a scale of 1:50 000. Based on this Resolution with direct participation N.N. Kostenko conducted intensive preparation of mock-ups of stratigraphic schemes of Mesozoic - the Cenozoic deposits of Kazakhstan of the next generation. The obtained data formed the factual basis for the stratigraphic schemes of the Mesozoic and Cenozoic of Kazakhstan, adopted in 1986 at the III Kazakhstan Stratigraphic Conference and approved by the Moscow Committee of the USSR in 1988. (Neogene schemes) and in 1989 (Paleogene schemes) and published with the active participation of the author only in 1996.

The result of scientific and practical activities of N.N. Kostenko was his numerous scientific articles and monographs. Among them he co-authored books: "Geological structure of Central and Southern Kazakhstan" (1961), "Atlas of the leading forms of mammals of the anthropogen of Kazakhstan" (1962), "Fundamentals of stratigraphy of the anthropogen of Kazakhstan" (1963) , "Geomorphological outline of the western regions of Central Asia" (1964,), "Quaternary deposits of Kazakhstan and the adjacent territories of the Union republics" (Explanatory note to the map of scale 1: 1 500 000) "(1978)," Extinct animals of Kazakhstan (late Cenozoic paleogeography) " (1984). He edited 35 geological maps of scale 1: 200 000 with notes to them; together with V.F. Bespalov he edited the Geological map of the Kazakh SSR at a scale of 1: 500,000 with notes on 5 regions of Kazakhstan. N.N. Kostenko is the editor-in-chief of the Map of Quaternary Deposits of Kazakhstan and Adjacent Territories of Union Republics - Pub.1978.

Nikolai Nikolayevich was a participant in many international geological congresses, symposiums, meetings, conferences.

After he was retired in 1981 N.N. Kostenko continued work for 13 years more. In addition to scientific works, he participated in field research with the staff of the institutes of geology and zoology of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. Several doctoral and candidate dissertations were defended under his leadership.

N.N. Kostenko was awarded with medals: "For Valiant Labor in the Great Patriotic War of 1941-1945", "For Labor Valor", "Thirty Years of Victory in the Great Patriotic War of 1941-1945", "Forty Years of Victory" in the Great Patriotic War of 1941-1945 "," Veteran of Labor ", a sign" For Services to the Republic "and a number of letters of the Supreme Council of the Kazakh SSR.

N.N. Kostenko's scientific heritage continues to serve people who develop his ideas and work in scientific and practical aspects.

Dr. Tleuberdina P.A.
p.tleuberdina@gmail.com



КОСТЕНКО
Николай Николаевич

Костенко, Николай Николаевич (1907–1994) – заслуженный геолог-разведчик Казахстана, доктор геолого-минералогических наук, награждён медалями: "За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.". "За трудовую доблесть", "Тридцать лет победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.", "Сорок лет победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.", "Ветеран Труда", знаком "За заслуги перед Республикой" и рядом грамот Верховного Совета Казахской ССР. Он занимался изучением геологически самых молодых – четвертичных (антропогеновых) – отложений Казахстана, одновременных с возникновением и эволюцией человека, за что сослуживцы и называли его "антропогеновым богом Казахстана". Его отличали исключительное трудолюбие, богатейший опыт исследователя, чуткость и внимательность к людям, тонкий юмор, обаятельность и скромность. Научное наследие Н. Н. Костенко продолжает служить людям, развивающим его идеи и дело в научном и практическом аспектах.

Н. Н. Костенко родился 22 сентября 1907 года в Киеве в семье интеллигентов. Его отец окончил Офицерскую воздухоплавательную школу в Санкт-Петербурге. В Первую мировую войн он ушёл на фронт и пропал без вести. Со своей матерью Н. Н. Костенко, как беженцы, оказались в Севастополе. Там он начал работать подённо с 12 лет, чтобы прокормить себя и свою мать. В апреле 1921 г. он был принят в учебную команду Красного Черноморского флота. Зимой 1923 г., по окончании школы юнг, был зачислен младшим матросом на крейсер "Коминтерн", где прослужил до мая 1924 года. В это же время учился в Севастопольском вечернем рабочем техникуме и получил удостоверение электромонтёра. Больше года проработал он в городе Ялта. С 1926 и по 1929 г. он работал в Геолкоме, где под руководством Сергея Николаевича Михайловского, сына известного русского писателя Николая Георгиевича Гарина-Михайловского, проводились разведывательные геологические работы в Крыму. В это время он и увлёкся геологией. Под впечатлением рассказов С. Н. Михайловского о Казахстане, Николай Николаевич переехал в Алма-Ату. Здесь он закончил Вечерние курсы профактива по подготовке в высшие учебные заведения. С 1930 по 1932 г. он работал в различных геологических предприятиях в городах Семипалатинске и Талды-Кургане.

В конце 1932 г., не прекращая производственной работы, Николай Николаевич поступил в Казахский геолого-разведочный институт Семипалатинска, который переводится в Алма-Ату,

преобразовавшись в Казахский горно-металлургический институт (потом – Казахский политехнический институт, ныне – Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева). По окончании этого института Н. Н. Костенко работал начальником Алматинской и Петропавловской гидрогеологических партий. В 1938 г. Николай Николаевич обучался методике производства спорово-пыльцевых анализов в Ленинграде во Всесоюзном геологическом институте (ВСЕГЕИ) и в Москве в Геологическом институте Академии Наук СССР (ГИН АН СССР). Эта стажировка была ему необходима для организации при Казгеологоуправлении спорово-пыльцевой лаборатории, где анализировался бы возраст геологических слоев.

По настоянию академика К. И. Сатпаева Николай Николаевич занялся четвертичными отложениями Казахстана. Первая научная статья, подготовленная им для журнала «Советская геология», вышла в 1940 г. Она касалась методики картирования самых молодых четвертичных отложений Казахстана и представляла всесторонний интерес для молодых геологов, поскольку ежегодно росла потребность в строительных материалах.

С 1939 по 1981 г. Н. Н. Костенко бессменно проработал в Казахском геологическом управлении (Южказгеология) на высоких постах, редактируя листы геологических карт по юго-восточному Казахстану. В 1958 г. по его инициативе была создана Кайнозойская (с 1962 г. Мезокайнозойская) партия. Он объединил под своим началом большой коллектив специалистов различного профиля (стратиграфов, палеонтологов, палеоботаников, литологов), вплотную занявшихся всесторонним изучением мезозойских и кайнозойских отложений, которым до этого уделялось недостаточное внимание.

Николай Николаевич с коллективом партии, состоявшей из нескольких отрядов, выезжал на летние полевые работы в различные регионы Казахстана, показывая пример молодёжи в неутомимости, смелости, оригинальности выводов. Он образно рассказывал, как происходят смены палеогеографических обстановок на изучаемой территории. Молодёжь восхищалась его эрудицией и способностью интересно и доходчиво рассказывать о том, что они видели на геологических обнажениях и в маршрутах.

Итогом работ Н. Н. Костенко явились научные статьи и монографии в количестве около 100, в том числе "Геологическое строение Центрального и Южного Казахстана" (1961, соавтор), "Атлас руководящих форм млекопитающих антропогена Казахстана" (1962, соавтор В. С. Бажанов), "Основы стратиграфии антропогена Казахстана" (1963), "Геоморфологический очерк западных районов Средней Азии" (1964. соавтор). "Четвертичные отложения Казахстана и прилегающих территорий союзных республик (Объяснительная записка к карте масштаба 1:1 500 000)" (1978), "Вымершие животные Казахстана (палеогеография позднего кайнозоя)" (1984, соавтор Б. С. Кожамкулова).

Многое в науке им сделано впервые: так разработаны принципы и методы стратиграфического расчленения молодых кайнозойских толщ; при его участии и под его руководством составлены унифицированные и корреляционные стратиграфические схемы мезозоя и кайнозоя.

Николай Николаевич был участником многих международных геологических симпозиумов, совещаний, конференций и конгрессов.

Выйдя на заслуженный отдых в 1981 г., Н. Н. Костенко в течение 13 лет продолжал активно трудиться. Помимо научных работ он ежегодно участвовал в полевых исследованиях с сотрудниками институтов геологии и зоологии АН КазССР. Под его руководством были защищены одна докторская и ряд кандидатских диссертаций. Он умер 31 марта 1994 г.

О своей жизни Н. Н. Костенко в девяностые годы написал сборник воспоминаний «Былое. Моя жизнь», который был издан его внучкой Смирновой Светланой в издательстве Геликон Плюс в Санкт-Петербурге в 2016 г.

Тлеубердина П.А.
p.tleuberdina@gmail.com

25-й Всемирный Горный Конгресс
АСТАНА 2018• КАЗАХСТАН



Всемирный Горный Конгресс 2018: продвижение фундаментального научного и технологического сотрудничества в горнодобывающей отрасли

19–22 июня 2018 года в Астане пройдет самое масштабное отраслевое мероприятие, объединяющее специалистов и ученых из 50 стран, работающих в области освоения месторождений твердых полезных ископаемых, науки и техники, а также охраны окружающей среды и промышленной безопасности – 25-й Всемирный Горный Конгресс (ВГК).

За годы проведения ВГК стал важнейшим событием в научно-технических кругах отрасли. Крупнейшие международные компании с нетерпением ждут участия в конгрессе, на котором сотни лучших ученых отрасли презентуют уникальные научные разработки, которые в дальнейшем применяются в производстве. Конгресс в Астане представит более 350 специализированных докладов сильнейших мировых институтов. Продвижение фундаментального научного и технологического сотрудничества в горнодобывающей отрасли, обмен знаниями и опытом – важнейшее преимущество предстоящего события в Астане.

Все поступающие доклады проходят тщательное изучение на предмет актуальности и научной ценности международным научным комитетом конгресса (МНК). На сегодняшний день МНК ВГК состоит из институтов и ассоциаций крупнейших горнодобывающих стран: Канадский институт горнодобывающей промышленности, металлургии и нефтедобычи (CIM), Австрийская ассоциация цветной металлургии (Austrian Non-Ferrous Metals Association), Немецкая федерация международных горнодобывающих и минеральных ресурсов FAB, Китайская национальная угольная ассоциация и многие другие.

Комитет возглавляют такие громкие в научных кругах имена, как Профессор Майкл Кармис (Директор Вирджинского центра исследований в области угля и энергетики), Леопольд Вебер (Вице-председатель ВГК), Профессор Ферри Хассани (McGill University), Профессор Йозеф Дубински (Председатель научного совета Central Mining Institute в Польше) и другие.

С докладами на Всемирном горном конгрессе World Mining Congress выступят хорошо известные эксперты горнодобывающей промышленности и представители смежных отраслей. Основными вопросами повестки ВГК 2018 станут инновации, устойчивое развитие, безопасность труда, реабилитация территорий, оставшихся после горных работ, автоматизация и роботизация производственных процессов.

Ожидается, что в World Mining Congress 2018 будут участвовать более 2500 специалистов, ведущие эксперты и ключевые игроки мировой горной отрасли, промышленные гиганты из Австрии, Великобритании, Ганы, Германии, Ирана, Италии, Канады, Китая, Польши, России, США, Финляндии, ЮАР, Японии и других стран.

25-й Юбилейный Всемирный Горный конгресс пройдет под лозунгом: «Инновационное превосходство – шаг вперед на пути к росту мировой горной промышленности» и охватит в программе вопросы геологоразведки, добычи и обогащения, оценки рисков, привлечения международного финансирования и другие. В Конгрессе примут участие первые лица государства, ведущие эксперты мирового научного сообщества, инвесторы и финансовые институты, крупнейшие международные университеты и ассоциации.

Бриллиантовым спонсором проведения Всемирного Горного Конгресса выступает Eurasian Resources Group. Золотые спонсоры: ТОО «KazZinc», Группа KAZ Minerals, Polymetal International PLC. Серебряный спонсор ТОО «Kazakhmys Holding». Бронзовые спонсоры: ТОО «Leica Geosystems Kazakhstan» и компания AAEngineering.

Внесите свой вклад в мировую горную промышленность

Организационный комитет приглашает вас подать доклад для выступления и публикации на 25-м Всемирном Горном Конгрессе, если вы:

– желаете осветить актуальные вопросы отрасли;
– имеете научные труды, исследования, аналитические данные;
– готовы предложить инновационные технические решения и разработки;
– заинтересованы в международном научно-техническом сотрудничестве;
– хотите улучшить свой опыт в качестве международного Спикера.

Темы сессий Всемирного Горного Конгресса:

– Мировой бизнес
– Открытые горные работы
– Подземные горные работы
– Обогащение
– Энергетика и энергоэффективность
– Инновации и индустрия 4.0
– Промышленная безопасность
– Кадры для ГМК
– Женщины в ГМК
– Геологоразведка
– Экология, переработка отходов
– Автоматизация
– Уголь
– Устойчивое развитие
– Геотехнология подземного скважинного выщелачивания
– Машиностроение в ГМК
– Транспорт и логистика

* Крайний срок предоставления тезисов доклада – 26 января 2018 г.
* Крайний срок предоставления черновой версии доклада – 1 марта 2018 г.

Подробная информация на сайте https://wmc2018.org/ru/kongress/submit-the-report.
По всем вопросам участия, пожалуйста, обращайтесь: wmc2018@iteca.kz
Официальный сайт события: https://wmc2018.org/ru/
Организатор: **Министерство по инвестициям и развитию Республики Казахстан**
Оператор: ТОО «Iteca».

МАЗМҰНЫ

Попов В.А., Оздоев С.М., Кузнецова Л.Л., Нигматова С.А., Касымханкызы А. Оңтүстік-Торғай мұнайгазды бассейнінің жанғыш тақтатастары....5
Шабанова Т.А., Глаголев В.А. Наномирдегі карбон компоненттері мен кремнезем....18
Коробкин В.В., Саматов И.Б., Тулемисова Ж.С., Добровольская Е.А. Минералды мақта өндірісі үшін габбро-базальт тобына жататын тау жыныстарын жоғары температуралық сынақтан өткізу....23

Аймақтық геология

Сейітов Н. Жердің жаралуы мен оның геологиялық дамуының бастапқы сатысының мүмкін болған ерекшеліктері....33

Минерагения, болжамдар, перспективалар

Ақылбеков С.А. Оңтүстік Қазақстанның Жоңғар-Балқаш минерагеникалық аймағында сирек және басқа металлдардың ірі кенорындарының болашағын анықтау....40
Омірсеріков М.Ш., Степаненко Н.И., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С., Кембаев М.К. Сирек металды Баян кенорынының қосымша қорын өнеркәсіптік кендерге болжамды бағалап, ГАЖ-технологиясы негізінде зерттеу....56

Минералогия

Павлова З.Н., Плехова К.Р., Левин В.Л., Котельников П.Е. Барбарлы кен орнының мыс никель кендеріндегі заттың кеш гидротермалді қайта топтастыруы туралы....65

Сейсмология

Джанабилова С.О. Солтүстік Тянь-Шаньның сейсмикалық жаңа ақаулық-блок құрылымы....71

Гидрогеология

Митрофанова А.Н., Калита Р.Ш., Шарапханова Ж.М. Үшінші кезектегі жобалық «трансқазақстан» каналының буферлік зона аумағының гидрогеологиялық жағдайлары....80
Осипов С.В., Ливинский Ю.Н., Ерменбай А.М. Ақмола облысы жер асты суларының болжамды ресурстары....91
Арыстанбаев Я.У., Казанбаева Л.М., Нургазиева А.А., Рахметов И.К., Абсеметова А.Е. Болашақта жаһанды климаттық өзгерістердің әсерінен болатын ауызсу тапшылығын жою (болдырмау) мақсатында Қазақстанның құрғақ аудандарындағы жер асты суларын пайдаланудың жолдарын талдау....98

География

Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Жданов В.В., Ранова С.У. Оңтүстік Шығыс Қазақстанның таулы аудандарындағы ірі сейсмогенді опырылмалар мен жылжымалар....107
Беккулиева А.А., Акиянова Ф.Ж. Маңғыстау түбегі жағалаулық зонасының карсттық-абразиялық бедер пішіндері....115
Акиянова Ф.Ж., Темирбаева Р.К., Оразбекова К.С. Аумақты функционалды зоналау негізінде Қазақстаның каспий маңы аймағындағы табиұғатты пайдаланудың әлеуметтік-экономикалық аспектілері....127

Экология

Романова С.М., Крупа Е.Г. "Көлсай Көлдері"мемлекеттік ұлттық табиғи бағындағы көл суының карбонатты-кальцийлі тепе-теңдік күйі....139
Қазанғапова Н.Б., Абеуова Ш.М., Романова С.М., Сатова К.М. Қарағанды орман көшетжайының топырағы – аймақтың экологиялық және ландшафтты-эстетикалық жағдайының негізі.. 150

Әдістеме

Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л., Трушель Л.Ю. Сырдария артезиан бассейнінің гидрогеологиялық талаптарының аймақтық математикалық үлгісін құру....157
Абетов А.Е., Ниязова А.Т., Саурыков Ж.Ж. Солтүстік Үстірт өңірінің гравикалық және магниттік өрістерінің Эйлер нүктелерін Geosoft Oasis Montaj™ бағдарламасында көлемді модельдеу....171
Шоманова Ж.К., Сафаров Р.З., Тлеулесов А.К., Носенко Ю.Г., Жумаканова А.С., Ларичкин В.В. Металлургиялық өндіріс қалдықтарының құрамын оларды көмірсутекті шикізат өңдеу катализаторларының активтік фазасы ретінде пайдалану мақсатында зерттеу....195

Техникалық ғылымдар

Баешов Ә.Б., Журинов М.Ж., Абдувалиева У.А., Адайбекова А.А., Гаипов Т.Э., Мырзабеков Б.Э. Ультрадыбысты өрісте катодты импульсті токпен поляризациялау арқылы никель ұнтақтарының электрототықсыздану заңдылықтарын зерттеу.....178
Заплетин М.П., Жакыпов А.Т., Мазакова Б.М., Жумаханова А.С. Жерді қашықтықтан зондтауға арналған web қолданба.....186
Журинов М.Ж., Баешов А.Б., Иванов Н.С., Гаипов Т.Э., Абдувалиева У.А., Конурбаев А.Е., Мырзабеков Б.Э., Сарсенбаев Н.Б. Импульсті токпен поляризацияланған фенолдың түйіршікті электродтарда электрохимиялық тотығуы.....201
Караева Ю.В., Варламова И.А., Литти Ю.В., Ковалёв Д.А., Сахметова Г.Е., Сатаев М.И. Жартылай үздіксіз метантенк үшін органикалық заттар бойынша жүктеудің экспресс-бағалау.....207
Терейковская Л., Терейковский И., Айтхожаева Е., Тынымбаев С., Иманбаев А. Биометриялық аутентификация жүйелерінде графикалық үлгілерді тануға арналған нейрожелілік модельдегі шығыс сигналын кодтау.....217
Мырхалыков Ж.У., Бажиров Т.С., Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Фокеева Л.Х., Сырманова К.К., Боташев Е.Т. Экологияға техногендік әсерін төмендету мақсатында полимерлі материалдарды толықтырғыш рөліндегі күкірттің баяулатқыш қабілеттілігін бағалау.....225
Шамильуулу Ш., Амиргалиев Б.Е., Черикбаева Л. Scikit-learnml фреймворк және Weka бағдарламасы арқылы диабет ауруларының медициналық деректерін критикалық талдау.....231
Машеков С.А., Гладков М.В., Абсадыков Б.Н., Машекова А.С. Deform-3D көмегімен үшбілікті орнақта шыбықты жаймалап-баспақтайтын сыйстырылған процесті моделдеу.....237
Бровко И.С., Байболов Қ.С., Ибрагимов Қ., Құнанбаева Я.Б. Үлкен ұзындықтағы қаданың көп шөгетін грунтпен өзара әрекетін, үлгі және далалық жағдайдағы зерттеулердің нәтижесі.....246
Сейтмуратов А.Ж., Рамазанов М.И., Медеубаев Н.К., Калиев Б.К. Стационарлық емес ішкі әсер кезіндегі қатты немесе созылмалы-қатты пластинкалардың математикалық тербеліс теориясы.....255
Айтхожаева Е.Ж., Сейлова Н.А. Электрондық қоғамның ақпараттық қауіпсіздігі және интернет заттардың.....264
Бахтаев Ш.А., Тойгожинова А.Ж., Сыдықова Г.Қ., Қоджабергенова Ә.К. Атмосфералық ауада озон концентрациясын бақылаудың жаңа әдістері.....273
Солоненко В.Г., Махметова Н.М., Квашнин М.Я., Бекжанова С.Е. Жылжымалы құрам әсеріндегі рельстің кернеуін анықтау.....282

Ғалымды еске алу

Костенко Николай Николаевич (*туылған күніне 110 жыл*) 289

Хроника

2018 жылғы Дүниежүзілік Тау-Кен Конгресі: Негізгі ғылыми-технологиялық жоғарлау тау-кен өнеркәсібіндегі ынтымақтастық.....293

СОДЕРЖАНИЕ

Попов В.А., Оздоев С.М., Кузнецова Л.Л., Нигматова С.А., Касымханкызы А. Горючие сланцы Южно-Торгайского нефтегазоносного бассейна..... 5
Шабанова Т.А., Глаголев В.А. Углеродистые соединения и кремнезём в наномире.....18
Коробкин В.В., Саматов И.Б., Тулемисова Ж.С., Добровольская Е.А. Высокотемпературные испытания пород габбро-базальтовой группы Казахстана для производства минеральной ваты..... 23

Региональная геология

Сеитов Н. Возможные особенности образования земли и начального этапа ее геологического развития..... 33

Минерагения, прогнозы, перспективы

Акылбеков С.А. Перспективы выявления крупных месторождений редких и других металлов в Жонгаро-Балхашской минерагенической зоне в Южном Казахстане..... 40
Омирсериков М.Ш., Степаненко Н.И., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С., Кембаев М.К. Исследование редкометалльного месторождения Баян на базе ГИС-технологии и прогнозная оценка его дополнительных ресурсов на промышленные руды..... 56

Минералогия

Павлова З.Н., Плехова К.Р., Левин В.Л., Котельников П.Е. О позднегидротермальной перегруппировке рудного вещества в медно-никелевых рудах Варваринского месторождения..... 65

Сейсмология

Джанабилова С.О. Новейшая разломно-блоковая структура Северного Тянь-Шаня и сейсмичность..... 71

Гидрогеология

Митрофанова А.Н., Калита Р.Ш., Шарапханова Ж.М. Гидрогеологические условия территории буферной зоны предполагаемого «Трансказахстанского» канала третьей очереди.....80
Осипов С.В., Ливинский Ю.Н., Ерменбай А.М. Прогнозные ресурсы подземных вод Акмолинской области.....91
Арыстанбаев Я.У., Казанбаева Л.М., Нургазиева А.А., Рахметов И.К., Абсеметова А.Е. Анализ использования подземных аридных вод Казахстана в условиях изменения климата и роста Водопотребления и методы их искусственного восполнения..... 98

География

Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Жданов В.В., Ранова С.У. Крупные сейсмогенные обвалы и оползни в горных районах Юго-Восточного Казахстана.....107
Беккулиева А.А., Акиянова Ф.Ж. Карстово-абразионные формы рельефа береговой зоны полуострова Мангыстау.....115
Акиянова Ф.Ж., Темирбаева Р.К., Оразбекова К.С. Социально-экономические аспекты природопользования в прикаспийском регионе Казахстана на основе функционального зонирования территории.....127

Экология

Романова С.М., Крупа Е.Г. Состояние карбонатно-кальциевого равновесия воды озер государственного национального природного парка "Көлсай Көлдері"..... 139
Казангапова Н.Б., Абеуова Ш.М., Романова С.М., Сатова К.М. Почвы карагандинского лесопитомника – основа экологического и ландшафтно-эстетического состояния региона.. 150

Методика

Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л., Трушель Л.Ю. Создание региональной математической модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна..... 157
Абетов А.Е., Ниязова А.Т., Саурыков Ж.Ж. Объемное моделирование точек Эйлера для геоплотностных и геомагнитных моделей Северо-Устюртского региона в программном пакете Geosoft Oasis Montaj^{TM}.....171
Шоманова Ж.К., Сафаров Р.З., Тлеулесов А.К., Носенко Ю.Г., Жумаканова А.С., Ларичкин В.В. Исследование состава отходов металлургического производства с целью их использования в качестве активных фаз катализаторов переработки углеводородного сырья.....195

Технические науки

Баешов А.Б., Журинов М.Ж., Абдувалиева У.А., Адайбекова А.А., Гаипов Т.Э., Мырзабеков Б.Э. Исследование закономерностей электровосстановления никелевых порошков при поляризации катодным импульсным током в ультразвуковом поле..... 178

Заплетин М.П., Жакыпов А.Т., Мазакова Б.М., Жумаханова А.С. Веб приложение для дистанционного зондирования земли..... 186

Журинов М.Ж., Баешов А.Б., Иванов Н.С., Гаипов Т.Э., Абдувалиева У.А., Конурбаев А.Е., Мырзабеков Б.Э., Сарсенбаев Н.Б. Электрохимическое окисление фенола на кусковых электродах при поляризации импульсным током..... 201

Караева Ю.В., Варламова И.А., Литти Ю.В., Ковалёв Д.А., Сахметова Г.Е., Сатаев М.И. Экспресс оценка нагрузки по органическому веществу для метантенка полунепрерывного действия..... 207

Терейковская Л., Терейковский И., Айтхожаева Е., Тынымбаев С., Иманбаев А. Кодирование выходного сигнала нейросетевой модели, предназначенной для распознавания графических образов в системах биометрической аутентификации..... 217

Мырхалыков Ж.У., Бажиров Т.С., Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Фокеева Л.Х., Сырманова К.К., Боташев Е.Т. Оценка ингибирующей способности серы в роли наполнителя полимерных материалов с целью уменьшения техногенного влияния на экологию..... 225

Шамильуулу Ш., Амиргалиев Б.Е., Черикбаева Л. Критический анализ медицинских данных пациентов с диабетом при помощи фреймворк Ascikit-learnml и программы Weka..... 231

Машеков С.А., Гладков М.В., Абсадыков Б.Н., Машекова А.С. Моделирование совмещенного процесса прокатки-прессования прутка в трехвалковом стане с помощью Deform-3D..... 237

Бровко И.С., Байболов К.С., Ибрагимов К.И., Кунанбаева Я.Б. Результаты модельных и натурных исследований взаимодействия крупногабаритных свай с просадочным основанием..... 246

Сейтмуратов А.Ж., Рамазанов М.И., Медеубаев Н.К., Калиев Б.К. Математическая теория колебаний упругих или вязкоупругих пластин при нестационарных внешних воздействиях..... 255

Айтхожаева Е.Ж., Сейлова Н.А. Информационная безопасность электронного общества и интернет вещей..... 264

Бахтаев Ш.А., Тойгожинова А.Ж., Сыдыкова Г.К., Коджабергенова А.К. Новые методы контроля концентрации озона в атмосферном воздухе..... 273

Солоненко В.Г., Махметова Н.М., Квашнин М.Я., Бекжанова С.Е. Определение напряжений в рельсе при воздействии подвижного состава..... 282

Памяти ученого

Костенко Николай Николаевич (*110 лет со дня рождения*) 291

Хроника

Всемирный Горный Конгресс 2018: продвижение фундаментального научного и технологического сотрудничества в горнодобывающей отрасли..... 293

CONTENTS

Popov V.A., Ozdoev S.M., Kuznetsova, L.L. Nigmatova S.A., Kasymkhankyzy A. Oil shale of South-Torgay oil and gas basin....5
Shabanova T., Glagolev B. Carbonaceous connections and oxide of silicon in nanoworld....18
Korobkin V., Samatov I., Tulemissova Zh., Dobrovolskaya Ye. High-temperature tests of the gabbro-basalt group of Kazakhstan for production of mineral wool....23

Regional geology

Seitov N. Possible features of formation of the earth and initial stage of its geological development....33

Mitallogeny, forecasts, perspectives

Akylbekov S.A. Prospects of the search for large rare and other metals deposits in Jongar-Balkhash mineragenous zone in the South Kazakhstan....40
Omirserikov M.Sh., Stepanenko N.I., Isaeva L.D., Asubaeva S.K., Togizov K.S., Kembayev M.K. Investigation of rare metal deposit called Bayan on the basis of GIS technology and forecast assessment of its additional resources for industrial ores....56

Mineralogy

Pavlova Z.N., Plehova K.R., Levin V.L., Kotelnikov P.E. On the late hydrothermal rearrangement of ore matter in copper-nicel ores of the Varvarinskoe deposit....65

Seismology

Janabilova S.O. The latest fault-block structure of the Northern Tien-Shan and seismicity....71

Hydrogeology

Mitrofanova A.N., Kalita R.Sh., Sharapkhanova Zh.M. Hydrogeological conditions territories of the buffer zone of the proposed "Transkazakhstan" channel third stage....80
Osipov S.V., Livinsky Y.N., Ermenbay A.M. Forecast resources of underground waters of the Akmola region....91
Arystanbaev Ya., Kazanbaeva L.M., Nurgazieva A.A., Rahmetov I.K., Absemetova A.A. Analysis of the use of graund water in arid regions of Kazakhstan in terms of climatechange and rizing water consumption and methods of their for artifiscial recharge....98

Geogragy

Medeu B.R., Blagovechshenskiy V.P., Zhdanov V.V., Ranova S.U. Big sesmic rackfalls and landslides in the mountaine regions of Shout-Eastern Kazakhstan....107
Bekkuliyeva A. A., Akiyanova F.Zh. Karst-abrasion land forms of coastal zone of Mangystau peninsula....115
Akiyanova F.Zh., Temirbayeva R.K., Orazbekova K.S. Socio-economic aspects of nature management in the pre-Caspian sea region of Kazakhstan based on functional zoning of the territory....127

Ecology

Romanova S.M., Krupa E.G. Condition of carbonate-calcium equilibrium of water in lakes of state national natural park "Kølsai Kølderi"....139
Kazangapova N.B., Abeuova Sh.M., Romanova S.M., Satova K.M. Soils of the Karagandy forest nursery: the basis of environmental and aesthetic landscapevalue of the region.. 150

Methods

Panichkin V.Yu., Miroshnichenko O.L., Trushel L.Yu. Development of regional mathematical model of the hydrogeological conditions of the Syrdarya artesian basin....157
Abetov A., Niyazova A., Saurikov Zh. 3D modeling of Euler's points for geodensity and geomagnetic models of North Ustyurt region in Geosoft Oasis Montaj^{TM} software....171

Engineering sciences

Bayeshov A.B., Zhurinov M.Zh., Abduvaliyeva U.A., Adaibekova A.A., Gaipov T.E., Myrzabekov B.E. Research of regularities of electroreduction of nickel powders at polarization by the cathodic impulse current in the ultrasonic field.... 178

Zapletin M.P., Zhakypov A.T., Mazakova B.M., Zhumakhanova A.S. The web application for planning remote sensing of the earth.... 186

Shomanova Zh.K., Safarov R.Z., Tleulesov A.K., Nosenko Yu.G., Zhumakanova A.S., Larichkin V.V. Study of composition of waste from metallurgy production aimed in use them as active phases of catalysts for hydrocarbon raw materials refining.... 195

Zhurinov M.Zh., Bayeshov A.B., Ivanov N.S., Gaipov T.E., Abduvaliyeva U.A., Konurbaev A.E., Myrzabekov B.E., Sarsenbayev N.B. Electrochemical oxidation of phenol on lumpy electrodes at a surge current polarization.... 201

Karaeva J.V., Varlamova I.A., Litti Y.V., Kovalev D.A., Sakhmetova G.E., Sataev M.I. Rapid assessment of organic loading rate for a semi-continuous anaerobic digester.... 207

Tereykovska L., Tereykovskiy I., Aytkhozhaeva E., Tynymbayev S., Imanbayev A. Encoding of neural network model exit signal, that is devoted for distinction of graphical images in biometric authenticate systems.... 217

Myrkhalykov Zh.U., Bazhirov T.S., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Fokeyeva L.Kh., Syrmanova K.K., Botashev Ye.T. Assessment of inhibitive property of sulfur as a filler of polymer materials with a view to reduce technogenic impact on ecology.... 225

Shamiluulu Sh., Amirgaliyev B.Y., Cherikbayeva L. Critical analysis of Scikit-learn ML framework and Weka ML toolbox over diabetes patients medical data.... 231

Mashekov S.A., Gladkov M.V., Absadykov B.N., Mashekova A.S. Simulation of combined process of rod extrolling in three-roll mill using Deform-3D.... 237

Brovko I.S., Baibolov K.S., Ibragimov K.I., Kunanbayeva Y.B. The results of modeling and field studies of the interaction of large piles with ground subsidence.... 246

Seitmuratov A., Ramazanov M., Medeubaev N., Kaliev B. Mathematical theory of vibration of elastic or viscoelastic plates, under non-stationary external influences.... 255

Aytkhozhaeva E.Zh., Seilova N.A. Information security of the electronic society and the internet of things.... 264

Bachtaev Sh.A., Toigozhinova A.Zh., Sydykova G.K., Kodzhabergenova A.K. New controlling methods of the ozone concentration in the atmospheric air.... 273

Solonenko V.G., Makhmetova N.M., Kvashnin M.Ya., Bekzhanova S.E. Determination of rail voltages after impact of mobile composition.... 282

In Memory of Scientists

KOSTENKO Nikolay Nikolaevich (*the 110th anniversary*).... 2

Chronicle

World Mountain Congress 2018: promotion of fundamental scientific and technological cooperation in the mining industry.... 2

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, минерагении, 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 мене 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 мене 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 аналагично 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 статьей представлять весь материал в одном документе (одном файле) и точно следовать правилам при оформлении статьи.

Мы приглашем к сотрудничеству всех зайнтересованных лиц, желающих поделиться своими идеями, мыслями и фактическими материалами на страницах нашего журнала. Пишите нам, звоните или присилайте 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 Scince 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 статьей 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

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

http://geolog-technical.kz/index.php/kz/

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 08.12.2017.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 6.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко 28, т. 272-13-19, 272-13-18