

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

2 (422)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2017 ж.
МАРТ – АПРЕЛЬ 2017 г.
MARCH – APRIL 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 корреспондент-мүшесі

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

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

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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

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

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

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

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

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

Г л а в н ы й р е д а к т о р

д. э. н., профессор, член-корреспондент НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

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

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

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

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

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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

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

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

<http://наука-нанрк.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, corresponding member 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., corr. member. (Kazakhstan)
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., corr. member. (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.Kh. 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., corr. member. (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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 5 – 11

G. Zh. Zholtaev, M. I. Nalibaev

Institute of geological sciences named after K. I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan

DEVONIAN REEFS OF NORTHERN TORGAY ARE HIGHLY PROSPECTIVE FOR PROSPECTING FOR NEW OIL AND GAS FIELDS

Abstract. The obedience of geological and geophysical data shows that the geodynamic evolution of the North-Torgai basin in the Devonian and Carboniferous was favorable for the accumulation of marine and coastal marine sediments in conditions of a passive continental platform that provided the presence of oil and gas deposits in the section. Numerous oil manifestations and tributaries of oil and thickness of reservoirs – organogenic Limestones of the components of the reef, regional and zonal types. The weak dislocation of these rocks in the subsequent stages of the basin development conditioned the development not only of reefs, but also of various types of structural traps and sufficient conditions for the preservation of possible oil and gas deposits.

Devon reef Ybraihan (800 m high) is recommended as a high-priority object for prospecting for oil deposits.

We hope that the receipt of oil inflow at this facility will serve as a harbinger of the discovery of the New North – Torgai oil and gas province in the north of Kazakhstan.

Keywords: geodynamic evolution, Devonian, Carbon, oil-source strata, reefs, deposits, oil gas.

УДК 551.734.5:553.98

Г. Ж. Жолтаев, М. И. Налибаев

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

ДЕВОНСКИЕ РИФЫ СЕВЕРНОГО ТОРГАЯ – ВЫСОКОПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ДЛЯ ПОИСКОВ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Аннотация. Обобщение геологических и геофизических материалов показывает, что геодинамическая эволюция Северо–Торгайского бассейна в девоне и карбоне благоприятствовала накоплению морских и прибрежноморских осадков в условиях пассивной континентальной окраины, обеспечивавшей присутствие в разрезе нефтегазоматеринских толщ, о чем свидетельствует многочисленные нефтепроявления и притоки нефти и толщ коллекторов – органогенных известняков составляющих рифы, региональных и зональных покровов. Слабая дислоцированность этих пород в последующие этапы развития бассейна обуславливало развитие не только рифов, но и различного типа структурных ловушек и достаточные условия сохранности возможных залежей нефти и газа.

Как первоочередной высокоперспективный объект для поисков залежи нефти рекомендуется девонский риф Ыбрайхан высотой 800 м.

Надеемся, что получение притока нефти на этом объекте послужит предвестником открытия Новой Северо-Торгайской нефтегазоносной области на севере Казахстана.

Ключевые слова: геодинамическая эволюция, девон, карбон, нефтематеринские толщи, рифы, залежи, нефть газ.

Введение. На севере Торгайского прогиба, разделяющего Уральскую систему складчатости от древнего Кокшетауского массива, издавна известны признаки нефти, начиная с находок битума геологами В. Г. Чернышовым, А. А. Ершовым и Н. П. Туаевым в 1930-х годах. Работы по оценке перспектив нефтегазоносности предпринимались в 1950-х годах геологами ВНИГРИ. В 1958–1973 годах Северо-Казахстанским территориальным геологическим управлением выполнялись поисковые работы на нефть на Новонежинской, Щербаковской, Лесной и Коскольской площадях с бурением многочисленных поисковых и структурных скважин глубиной до 1500 м (Н. П. Кирда и другие, 1973 г.). Во многих скважинах наблюдались проявления капельно-жидкой нефти и битума в терригенных и карбонатных отложениях нижнекаменноугольного возраста. Лишь в скважине №119 из интервала 499–592 м был получен приток тяжелой смолистой и малосернистой нефти в объеме 1,5 тонны.

По материалам гравиразведки, сейсморазведки МОВ и результатам бурения структурно-поисковых и картировочных скважин, а также дешифрирования спутниковых снимков частотно-резонансным методом выделялись, возможно, перспективные участки Сарыкопинский, Новонежинский, Владимирский и другие.

ТОО “Севказгра” в 2005–2006 гг. проводило сейсмические исследования МОГТ-2Д. По результатам этих работ намечалось несколько структур, в том числе, возможно, рифогенной природы, и была пробурена скважина до глубины 2800 м, которая оказалась “сухой”.

Системной целенаправленной работы по изучению геологического строения этой огромной территории на предмет оценки возможности нахождения скоплений нефти и газа практически не велось.

Компания “Энергоресурсы” в 2012–2013 гг. в скважине Н-1 на Новонежинской площади из интервала 562,5–562,7 м получила приток тяжелой нефти, что послужило основанием для проведения сейсмических исследований 3Д МОГТ в 2013–2015 гг. для оценки ресурсного потенциала обнаружения и сейсмические работы 2Д МОГТ для изучения геологического строения территории восточнее Новонежинского месторождения, покрытой базальтами триасового возраста в Кушмурунской грабено-синклинали и на западном склоне Ащибойского поднятия северо-восточного простирания длиной более 40 км, примыкающего к южной периклинали Кокшетауского массива, т.е. на восточном борту Северо-Торгайского прогиба (рисунок 1).

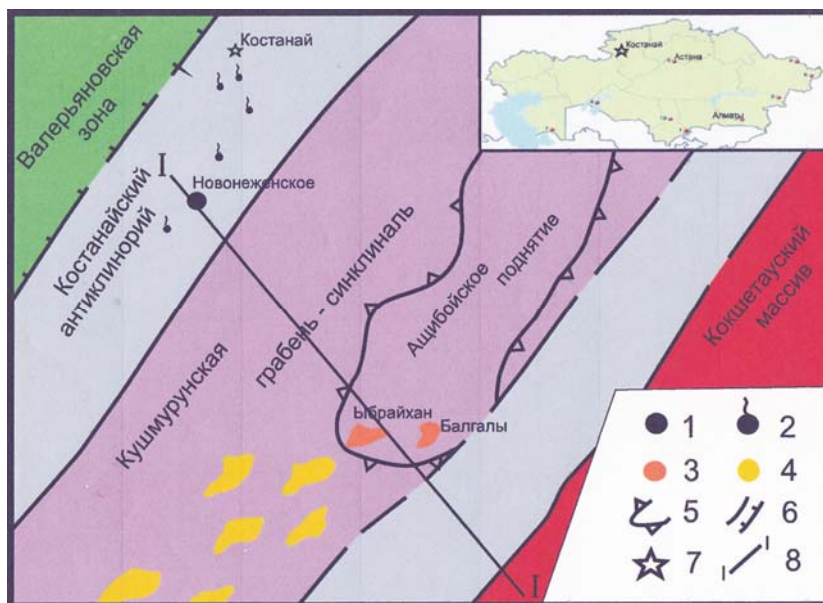


Рисунок 1 – Тектоническая схема Северо-Торгайского прогиба

1 – нефтяное месторождение; 2 – нефтепроявления; 3 – рифы выявленные; 4 – рифы предполагаемые; 5 – контур крупных структур; 6 – разрывные нарушения; 7 – район исследования на карте РК; 8 – линия геологического профиля.

Figure 1 – Tectonic scheme of the North-Torgai deflection

1 – oil field; 2 – oil manifestations; 3 – reefs identified; 4 – reefs expected; 5 – contour of large structures; 6 – breaking disruptions; 7 – area of research on the map of the RK; 8 – geological profile line

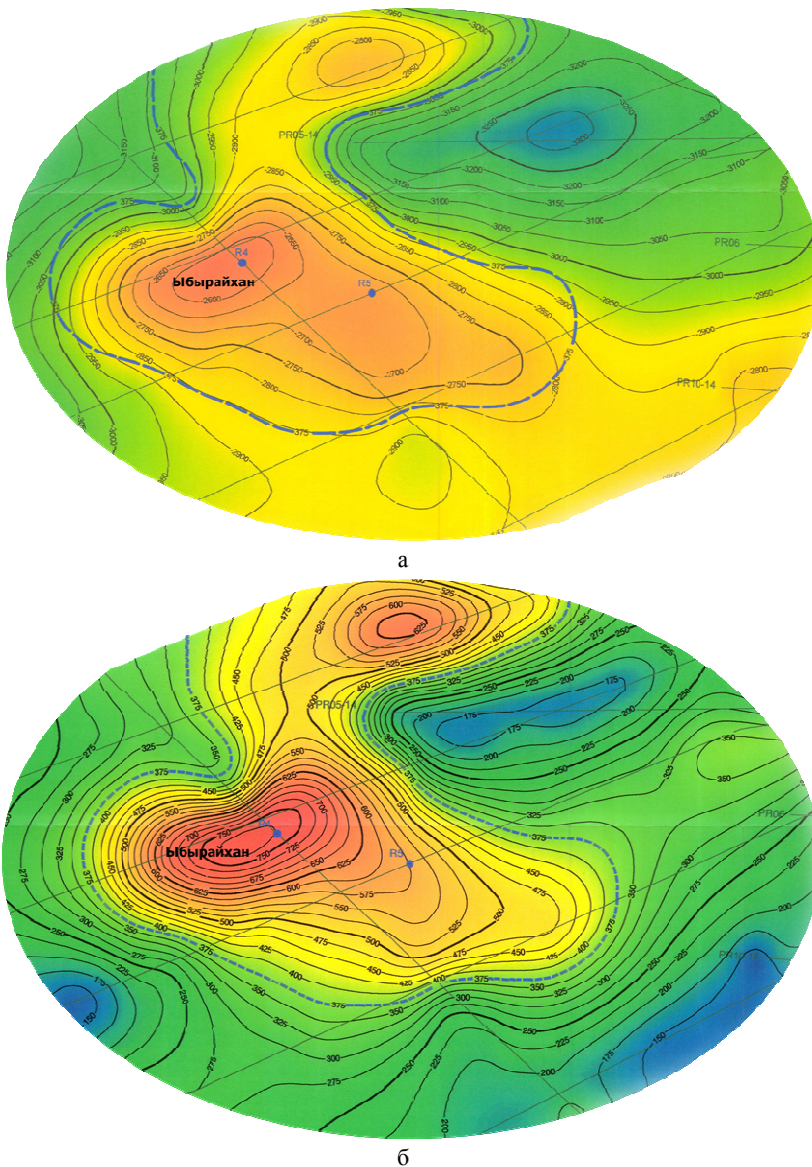
Основанием для проведения сейсмических исследований 2Д МОГТ также послужили результаты палеогеодинамических реконструкций с позиции тектоники плит, согласно которых исследуемая территория представляла собою в девоне и карбоне пассивную континентальную окраину Уральского палеоокеана на западном (по современной системе координат) склоне Казахстанской литосферной плиты со всеми характерными для нее условиями осадконакопления, нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Одновозрастные отложения на западной пассивной окраине Уральского палеоокеана являются известными основными нефтегазоносными комплексами Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (Башкирии и Татарии).

На сегодня сейсмическими исследованиями впервые достоверно выявлено и подготовлено под поисковое бурение несколько объектов – рифовой природы на двух стратиграфических уровнях, предположительно в фамен-франских и франско-турнейских карбонатно-терригенных комплексах.

Локальное поднятие Ыбрайхан по отражающему горизонту $D_{2.3}$ оконтурено по изогипсе – 2175 м и представляет антиклиналь с амплитудой более 50 м, а по отражающему горизонту R оно представляет четко картируемый риф высотой 800–850 м с размерами 4,5х2,5 км на уровне верхнего девона и турне. Ниже этого рифогенного комплекса на профилях достаточно уверенно просматривается карбонатная постройка на уровне фамен-франского ярусов (рисунки 2, 3).

Рисунок 2 – Риф Ыбрайхан:
а – структурная карта
по горизонту R;
б – карта изопачит
рифтогенного комплекса

Figure 2 –
Figure 2 – Ybyrayakhan reef
а – Structured map along horizon R,
б – Isopachite map of the
riftogenic complex



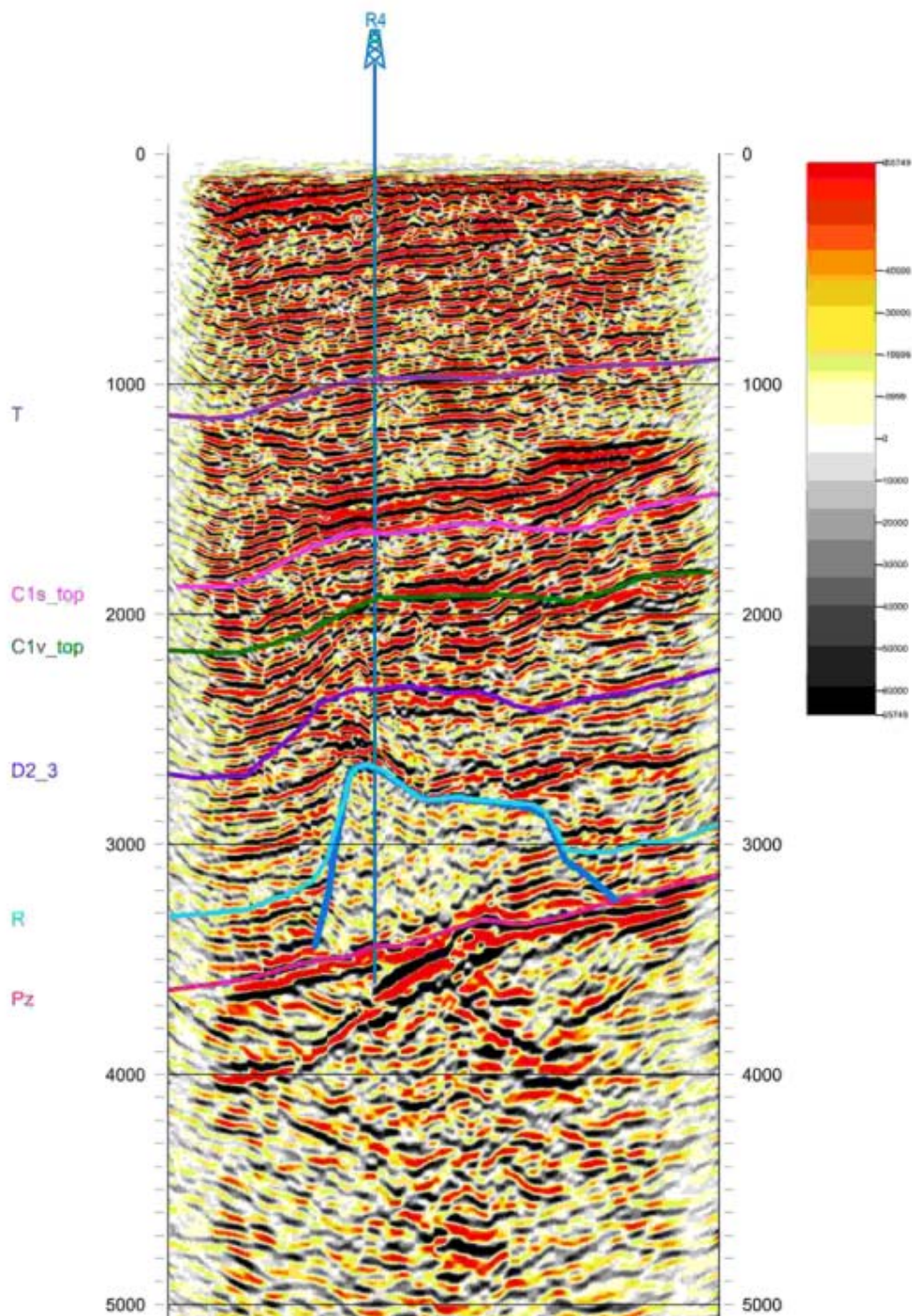


Рисунок 3 – Риф Ыбырайхан. Глубинный разрез (по материалам PGD Services, 2015 г.)

Figure 3 – Ybyrayakhan reef. Depth profile (according to PGD Services, 2015)

Восточнее рифа Ыбрайхан обнаружен еще один – риф Балгалы (Калкул) (рисунок 4), высота которого достигает 800 м по отражающему горизонту R. Вероятно, по юго-западному склону Ащибойского регионального поднятия развиты цепочки нескольких рифовых построек девон-каменноугольного возраста, представляющие интерес для поисков новых месторождений нефти и газа (рисунок 1).

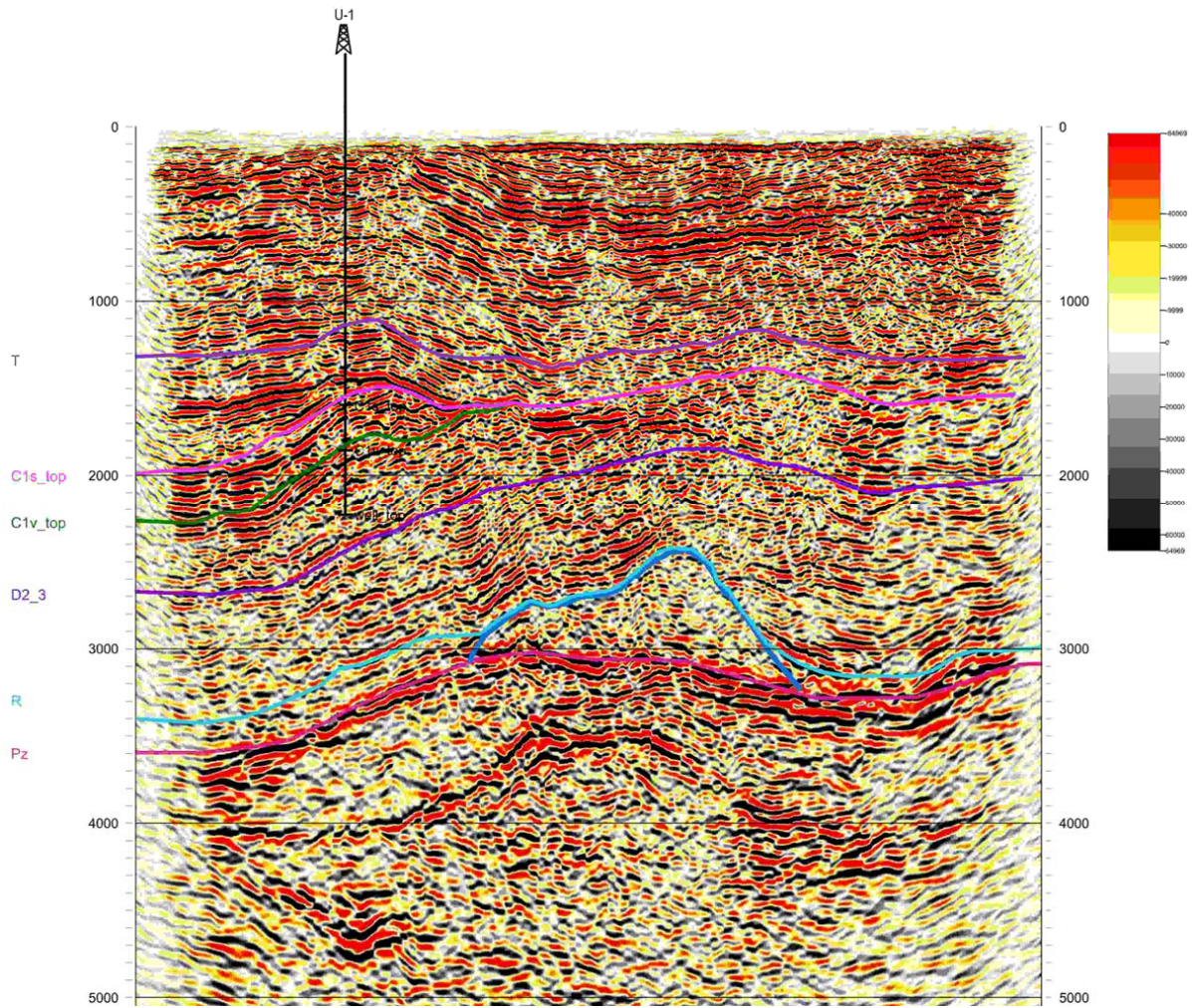


Рисунок 4 – Риф Балгалы (Калкул). Глубинный разрез (по материалам PGDServices, 2015 г.)

Figure 4 – Balgaly (Kalkul) reef. Depth profile (according to PGD Services, 2015)

Предполагаемая продуктивная часть разреза по материалам структурно-картировочных и глубоких скважин представлена отложениями фаменского, франского ярусов девона и турнейско-го, визейского ярусов каменноугольной системы (рисунок 5).

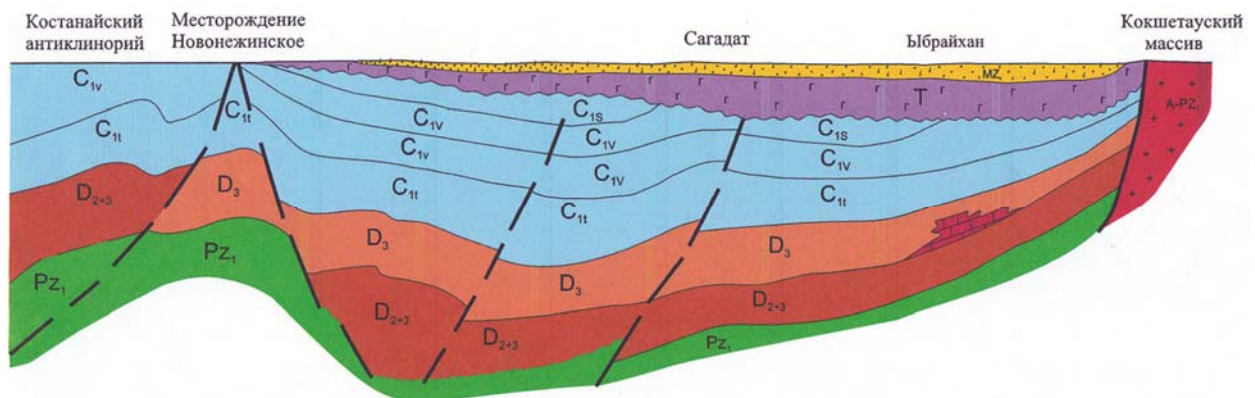


Рисунок 5 – Геологический профиль через Северо-Торгайский прогиб по линии I-I

Figure 5 – Geological profile through the North-Torgai deflection along the I-I line

Отложения девонского возраста изучены скважиной №1 Северо-Торгайской и структурно-картировочными скважинами на Костанайском (Боровском) антиклинории. Представлены они морскими и прибрежно-морскими осадками с преобладанием в их составе серых и темно-серых известняков органогенно-обломочных, доломитизированных со значительным содержанием органики с пропластками темно-серых аргиллитов, известковистых алевролитов и ангидритов.

Отложения турнейского и визейского возрастов представлены серыми и темно-серыми известняками органогенно-обломочными, органогенно-детритовыми, закарстованными и интенсивно трещиноватыми с пропластками темно-серых аргиллитов, алевролитов и зеленовато-серых песчаников. По трещинам и кавернам в известняках и песчаниках отмечены проявления жидкой нефти во многих скважинах.

Возраст этих отложений установлен по находкам фораминифер, брахиопод, криноидей специалистами Института геологических наук им. К. И. Сатпаева и АктюбНИГРИ.

В верхнедевонских и нижнекаменноугольных терригенных отложениях содержание $C_{орг}$ изменяется от 0,1 до 2,97% на объем породы, а содержание битумов достигает 0,28%, что свидетельствует о достаточно высоких нефтегазогенерационных их возможностях. Поэтому, морские и прибрежно-морские отложения девона и нижнего карбона по результатам геохимических исследований относятся к категории нефтегазоматеринских.

Преобладанием терригенных прибрежно-морских отложений характеризуется разрез серпуховского яруса толщиной 350–450 м. Он представлен переслаиванием алевролитов, аргиллитов и песчаников, туфопесчаников, известняков бежевато-серых и темно-серых, кавернозных и трещиноватых. По трещинам и кавернам отмечены твердые битумы и жидкая нефть в скважинах №119 и 134 на Костанайском антиклинории.

Несогласно на нижнекаменноугольных отложениях залегают континентальные красноцветные средне-верхнекаменноугольные отложения. Представлены они красновато-коричневыми, красновато-бурыми песчаниками, конгломератами, аргиллитами с пропластками андезито-базальтовых порфиритов и их туфов зеленовато-бурого, красновато-бурого цвета. По определениям фораминифер установлено присутствие алевролитов, аргиллитов и песчаников серых, красновато-коричневых башкирского возраста толщиной до 300 м. В разрезе башкирского яруса встречаются прослойки глинистых известняков, андезито-базальтов и их туфов.

При рассмотрении возможности постановки поисковых работ на нефть и газ на Кушмурунской грабен-синклинали принципиально важную роль играло присутствие ниже-среднетриасового возраста траппового комплекса, сложенный в основном базальтами, долеритами, липаритами – продуктами трещинного излияния. Некоторые геологи, их было большинство, это явление относили к отрицательным факторам при оценке перспектив нефтегазоносности всей Кушмурунской грабен-синклинали, другие, в числе которых авторы настоящей статьи, принимали их как положительный фактор как региональный флюидоупор и как фактор, создавший благоприятные термодинамические условия для полной реализации производительного потенциала нефтегазоматеринских толщ девона и карбона. На новых сейсмических материалах условия залегания базальтовой толщи характеризуется отражающим горизонтом «Т».

На базальтовой толще залегают терригенные верхнетриасовые, мезокайнозойские маломощные отложения.

Геодинамическая эволюция Северо-Торгайского прогиба благоприятствовала накоплению морских и прибрежно-морских осадков в условиях пассивной континентальной окраины, обеспечивавшей присутствие в разрезе нефтегазоматеринских толщ, толщ коллекторов региональных и зональных покрышек и различных видов ловушек как девонские рифы. Поэтому, есть все основания вести целенаправленный поиск месторождений нефти и газа в Северо-Торгайском осадочном бассейне.

Первоочередной рекомендуемый объект под поисковое бурение – риф Ыбрайхан с потенциальным ресурсом более 40 млн тонн, будем надеяться, что он послужит предвестником открытия новой Северо-Торгайской нефтегазоносной области на севере Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Туаев Н.П. Основные черты геологического строения юго-запада Западно-Сибирской низменности и Северо-Торгайского пролива и перспективы их нефтегазоносности. – ЦНИГРИ, 1957.
- [2] Клубов А.А. Геология и нефтегазоносность Торгайского прогиба. – 1957.
- [3] Кирда Н.П. Девонские и каменноугольные отложения Торгайского прогиба и перспективы их нефтегазоносности. – Изд-во АН КазССР, 1971.
- [4] Жолтаев Г.Ж. Геодинамические модели и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Западного и Южного Казахстана. – Алматы, 1992.
- [5] Акчулаков О., Жолтаев Г., Исказиев К.О., Куандыков Б.М., Коврижных Н.П., Огай Е. Научное обоснование углеводородного потенциала Республики Казахстан. – 2013.

REFERENCES

- [1] Tuayev N.P. Osnovnye cherty geologicheskogo stroenija jugo-zapada Zapadno-Sibirskoj nizmennosti i Severo-Torgajskogo proliva i perspektivy ih neftegazonosnosti. CNIGRI, 1957.
- [2] Klubov A.A. Geologija i neftegazonosnost' Torgajskogo progiba. 1957.
- [3] Kirda N.P. Devonskie i kamennougol'nye otlozhenija Turgajskogo progiba i perspektivy ih neftegazonosnosti. Izd-vo AN KazSSR, 1971.
- [4] Zholtaev G.Zh. Geodinamicheskie modeli i perspektivy neftegazonosnosti osadochnyh bassejnov Zapadnogo i Juzhnogo Kazahstana. Almaty, 1992.
- [5] Akchulakov O., Zholtaev G., Iskaziev K.O., Kuandykov B.M., Kovrizhnyh N.P., Ogaj E. Nauchnoe obosnovanie uglevodородного potenciala Respubliki Kazahstan. 2013.

Г. Ж. Жолтаев, М. И. Налибаев

Қ. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан

**СОЛТҮСТІК ТОРҒАЙ ДЕВОН РИФТЕРІ – ЖАҢА МҰНАЙ ГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫН ІЗДЕУ ҮШІН
ЖОҒАРЫ ПЕРСПЕКТИВТІ НЫСАН БОЛЫП ТАБЫЛАДЫ**

Аннотация. Солтүстік Торғай ойпатында жаңадан табылған девон рифтерінің сипаттамасы және оларда мұнай мен газ кен орындарын іздестірудің болашағы. Жаңадан жүргізілген сейсмикалық зерттеудің арнасында девон дәуірінде жаратылған Ыбрайхан және Балгалы рифтері табылған. Олардың мұнай мен газ кен орындарын іздеуге болашағы зор. Бұл рифтерден алынатын мұнай Солтүстік Торғай мұнайлы облысының бірінші белгісі болады деген үміттеміз.

Пассивті континенттік аймақтардың жағдайында теңізжағалаулық және теңіздік шөгінділердің қолайлы жағдайда девон және карбонда жиналуына Солтүстік Торғай бассейнінің геодинамикалық эволюциясы, геологиялық және геофизикалық материалдардың жалпылануы көрсетеді, мұнайгазаналық қалыңдық қимасында аймақтық және зоналық жапқыштар көптеген мұнайлықкөрсеткіш, мұнай ағымы және коллекторлардың қалыңдығы – риф құрайтын органогенді әктастардың қатысуын қамтамасыз етеді. Бассейіннің келесі кезеңінің дамуында бұл таужыныстардың әлсіз орналасуы рифтерден басқа да әр түрлі құрылымдық тұтқыштардың және ықтималды мұнай және газ шоғырларының жеткілікті жағдайларында сақталуы.

Бірінші реттегі жоғарғы перспективті объект ретінде мұнай шоғырларын іздеу үшін биіктігі 800 м девондық риф Ыбрайхан ұсынылады.

Осы объекте мұнай ағымының алынуы Солтүстік Қазақстанда жаңа Солтүстік Торғай мұнайгазды облысының ашылуына себепші болады деген үміттеміз.

Түйін сөздер: геодинамикалық даму, девон, карбон, нефтематеринские толщи, рифтер, кен шоғыры, мұнай және газ.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 12 – 22

L. I. Skrinnik, N. I. Ivanova, N. E. Kovalenko

K. Satpaev Institute of geological science, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: lisgeo@inbox.ru, nativi_51-60@mail.ru

**CARBONIFEROUS DEPOSITS OF SOUTH-EAST KAZAKHSTAN
AREA FRONTIER TO CHINA**

Abstract. Carry out stratigraphic schemes of Djungar Alatau and Northern Tien Shan Carboniferous deposits, defining more precisely and completed with new materials agglomerated after III Kazakh Stratigraphic conference at 1986 year. Necessity of lightening conditioned impending frontier map-making works and spreading international cooperation in regional geology and paleogeodynamics. Made more precise on palynology datas age of most stratigraphic subdivisions of Djungar Alatau, added to before cancelled Ainabulak and Koibyn suites. Argued early Tourney age of kyzylmoynak suite, Early Visein age of kyzylkyrkin suite Northern Tien Shan and late visein-early serpuhov age of facial row volcano-sedimentary deposits of Northern-Ketmen zone. Suggested to cancel Asin suit, analogous on content of the rocks and palynocomplexes to late Carboniferous kugaly suit. Most of describing stratigraphic subdivisions based on the palynocomplexes which are belonging to recognized in over the world archy-stratigraphic group of organic remains. Becoming more precisely stratigraphic scheme permit to sinchronise most important boundaries of sedimentation and magmatism of South-East Kazakhstan.

Key words: Djungar Alatau, Northern Tien Shan, geological age, Carboniferous, Tourney, Visein.

УДК 551.735(574.5)

Л. И. Скринник, Н. И. Иванова, Н. Е. Коваленко

Институт геологических наук, Алматы, Казахстан

**КАМЕННОУГОЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ
ПОГРАНИЧНЫХ С КИТАЕМ РАЙОНОВ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

Аннотация. Приведены стратиграфические схемы каменноугольных отложений Джунгарского Алатау и Северного Тянь-Шаня, уточненные и дополненные материалами, накопленными после III Казахстанского стратиграфического совещания 1986 г. Необходимость их освещения диктуется предстоящими пограничными картографическими работами и расширением международного сотрудничества в области региональной геологии и палеогеодинамики. Уточнен по палинологическим данным возраст большинства подразделений, схема Джунгарского Алатау дополнена актуминской, айнабулакской и койбынской свитами. Доказан раннетурнейский возраст кызылмоынакской свиты Северного Тянь-Шаня, ранневизейский кызылқыркінской свиты и поздневизейско-раннесерпуховский - фациального ряда вулканогенно-осадочных образований Северо-Кетменской зоны. Предложено ликвидировать асинскую свиту, аналогичную по набору пород и палинокомплексам кугалинской свите верхнего карбона. Подавляющее большинство описанных стратиграфических подразделений охарактеризованы палинокомплексами, которые в настоящее время принадлежат признанной во всем мире архистратиграфической группе органических остатков. Уточненная стратиграфическая схема позволяет синхронизировать важнейшие рубежи осадконакопления и магматизма Юго-Восточного Казахстана.

Ключевые слова: Джунгарский Алатау, Северный Тянь-Шань, геологический возраст, карбон, турнейский, визейский.

Введение. Предстоящие совместные международные картсоставительские работы на пограничных казахстанских и китайских территориях предполагают опережающее создание единой стратиграфической основы, увязанной с новейшей международной шкалой Времени. В связи с этим необходимо обеспечение широкого доступа к стратиграфическим материалам для их использования как узкими специалистами-палеонтологами, так и широким кругом геологов. Ниже изложены наши наиболее палеонтологически обоснованные данные по стратиграфии каменноугольных отложений пограничной с Китаем территории, включающей Джунгарский Алатау и северную часть Тянь-Шаня.

Джунгарский Алатау охватывает 3 структурно-седиментационные зоны с различным составом и фаціальным набором каменноугольных отложений. Это Северо-Джунгарская зона морской преимущественно кремнисто-глинисто-терригенной седиментации (Тастауский район), Центрально-Джунгарская зона прибрежно-морских флишоидов и туффитов (Бороталинский и Мынчукур-Басканский районы) и Южно-Джунгарская зона наземного вулканизма [1]. Пограничная с Китаем зона Тянь-Шаня представляет узкую субмеридиональную полосу, включающую наземные и прибрежные вулканогенные и морские осадочные комплексы каменноугольного возраста. Стратиграфия северной части Джунгарского Алатау, благодаря широкому развитию фауны брахиопод, кораллов и криноидей, разработана достаточно детально. В период после III Казахстанского стратиграфического совещания стратиграфическая схема этого района дополнена одним местным подразделением (актуминской свитой).

В Тастауском районе нижние горизонты каменноугольного разреза представлены песчаниками, алевролитами, углеродистыми алевролитами, кремнисто-глинистыми флишоидами, содержащими олистолиты фаунистически охарактеризованных силурийских и девонских отложений. В 1990 г. В. Ф. Избенко, В. Н. Бабушкиным, Н. Е. Коваленко при ГДП-50 эти отложения были выделены в **актуминскую свиту** [2]. Отложения этой свиты залегают с размывом на живетских отложениях и согласно перекрыты преимущественно кремнистыми накоплениями тастауской свиты. В нижней части актуминской свиты присутствуют линзы-олистоплаки известняков с фауной девона и конгломератов с галькой кремней, кварца, песчаников и лав кислого состава. Мощность отложений актуминской свиты около 500 м. Фауна брахиопод из углесто-глинистых алевролитов представлена *Chonetes cf. ishimicus* Nal., *Tylothyris laminensu*(M'Coy), *Eumetria cf. prima* White, мшанки *Rectifenestella aff. nododorsalis* Nekh., *Nikiferovella ulbensis* Nekh., *N. triserialis* Nekh. Верхняя часть актуминской свиты (кремнисто-глинистые алевролиты, туфоалевролиты, туффиты) согласно перекрывается пачкой голубых кремнистых алевролитов тастауской свиты. Турнейско-ранневизейский возраст актуминской свиты принят на основании определений фауны брахиопод и мшанок. Брахиоподы *Plicochonetes nalikiniformis* Aks., *Dictyoclostus cf. rosanovae* Sar., *D. dikarevae* Serg., *D. deruptoides* Sar., *Pustula altaica* Tolm., *Camarotoechia cf. laema*(kon), *Rotaia subtrigona*(M.et W.), *Spirifer ischimicus* Litv., *Sp. grimesi* Hall., *Sp. cf. kasachstanensis* Sim., *Tylothyris inereditus* Mon., *Brachythyris cf. atbasarica* Nal., *Torynifer salemensis* (Well), *T. cf. pseudo-lineata* (Hall), *Athyris lamellosa* L. Ev., *Dielasma cf. oliva* Tolm. раннего визейского века.

Мшанки *Rectifenestella aff. luguniensis* Nekh., *R. aff. narinica* Nekh., *R. ex gr. symmetrica* Nekh., *R. serratula* Ullr., *var. asiatica* Nekh., *R. rugusiformis* Nekh., *R. triangularis* Nekh., *Spinofenestella delambetensis* Nekh., *S. serguncova* Nekh., *S. aff. narynica* Nekh., *Laxifenestella tyrma* Nekh., *L. narymensis* Nekh., *Pseudonematopora turcestanica* Nikif., *Ramiporidra betpacdalensis* Nekh., *Conocladia kasakhstanica* Nekh., *Eridophora* sp., *Nematopora turkestanica* Nekh., характерные для позднего турнейского и раннего визейского веков.

Тастауская свита согласно перекрывает актуминскую и представлена преимущественно кремнистыми отложениями. В нижней ее подсвите среди кремнистых алевролитов и туффитов нередко прослойки песчаников и оползневых конгломератов, в верхней присутствуют прослойки и пачки вишневого яшмоидов. В верхах нижней подсвиты собраны обосновывающие ранневизейский возраст свиты остатки криноидей *Pentamerostella* sp., *Popokocrinus* sp., *Uniformicrinus* sp., *Concavicrinus* sp., *Bicostulatocrinus* sp и мшанки *Rectifenestella aff. luguniensis* Nekh., *R. aff. narinica* Nekh., *R. ex gr. symmetrica* Nekh., *R. serratula* Ullr., *var. asiatica* Nekh., *R. rugusiformis* Nekh., *R. triangularis* Nekh., *Spinofenestella delambetensis* Nekh., *S. serguncova* Nekh., *S. aff. narynica* Nekh., *Laxifenestella tyrma* Nekh., *L. narymensis* Nekh., *Pseudonematopora turcestanica* Niki., *Ramiporidra*

betpacdalensis Nekh., Conocradiella kasakhstanica Nekh., Eridophora sp., Nematopora turkestanica Nekh., характерные для позднего турнейского и раннего визейского веков.

Вероятно, присутствие в ней олистоплак и олистолитов осадочных пород с фауной девонского облика обусловило ранее принятый франско-ранневизейский возраст. Мощность отложений тастауской свиты 3000–4000 м.

Отложения **жиделинской свиты** согласно перекрывают кремни тастауской свиты. Нижняя подсвита включает базальную пачку грубозернистых песчаников, алевролит-песчаниковый флиш с мелкими линзами гравелитов и конгломератов, туфоалевролиты, кремнистые алевролиты. Средняя подсвита кремнистая, углеродисто-кремнистая и алевролитовая, верхняя песчано-алевролитовая с прослоями и пачками аргиллитов. Вверху присутствуют известковистые песчаники, известняки, чередующиеся с песчано-алевролитовыми пачками. Мощность свиты около 2000 м. Остатки мшанок *Fenestella balchaschensis Nekh., Sulcoretepora zigzag Utr., Meckoropora eximia Nekh.* и др. характерны для верхов нижневизейского подъяруса.

Джабыкская свита верхневизейско-нижнесерпуховского уровня в своей нижней части представлена глинисто-кремнистым флишем, чередующимся с углистыми алевролитами, туфоалевролитами и туффитами. Мощность 1000–1200 м, Верхняя подсвита (мощностью около 600 м) – это туфоалевролиты, туффиты, глинисто-кремнистые породы с прослоями песчаников. Возраст отложений по фораминиферам, криноидеям и мшанкам – вторая половина визейского и низы серпуховского ярусов [1].

Лежащие выше отложения **кенесской свиты** представлены глинисто-кремнистыми ритмитами, туфоалевролитами, чередующимися с песчаниками и алевролитами, внизу встречаются горизонты конгломератов и известняков. Мощность около 2000 м. Возраст по фораминиферам *Eostaffella aff. mirifica Brazhn., E. ex gr. postmosquensis Kir., Neoarcheodiscus cf. parvus Raus., N. postrugosus (Reitl.), Palaeotextularia aff. longiseptata Lip., Tetrataxis cf. libera Skw.* соответствует башкирскому ярусу [2].

Следующая вверх по разрезу **баламбайская свита** – это преимущественно песчаники, нередко известковистые, известняки, туфопесчаники, туфы, алевролиты, конгломераты. Мощность 600–1000 м. Возраст баламбайской свиты по фораминиферам из галек конгломератов *Eostaffella cf. angusta (Hir.) Propermodiscus cf. vetustus Dubk., Archaeodiscus tumidus Sim., Neoarchaeodiscus cf. parvus Raus., N. postrugosus (Reitl.)* определен как московский ярус [2]. **Дурнореченская свита** представлена валунно-галечными конглобрекчиями и конгломератами с прослоями и линзами песчаников и углистых алевролитов, несущих отпечатки флоры *Neuropteris dichotoma Neub.* Условно принят позднекарбонный возраст этих отложений [2].

Бороталинский район детально изучен А. В. Смирновым, Н. И. Ивановой, О. Н. Насикановой [3, 4]. Его каменноугольные отложения опробованы на палиноформы Л. И. Скринник.

Нижняя часть каменноугольного разреза выделена в **лабинскую свиту**. Она представлена полимиктовыми песчаниками, алевролитами с прослоями риолитовых туфов и маломощными линзами известняков. Мощность отложений 300 м, возраст определен по брахиоподам как ранний турнейский подъярус [1].

Следующая выше по разрезу **кызкурганская свита** – это серые полимиктовые и черные магнетитовые песчаники – продукт синхронного размыва базальтовых покровов сулубоканской свиты Южной Джунгарии. Мощность отложений 150 м. Лежащие выше риолитовые туфы, туффиты, туфопесчаники **ерменсайской свиты** имеют согласные нижнюю и верхнюю границы. Мощность их варьирует от 250 до 650 м, отражая прибрежный характер седиментации. Ранневизейский возраст определен по брахиоподам [1].

Кызылсайская свита представлена алевролитами, углистыми алевролитами, вулканомиктовыми песчаниками, в основании мелкогалечные конгломераты. Мощность отложений 80–1000 м. Возраст принят на основании определений Т.С.Гришиной (здесь и далее) в наших пробах нижневизейского палинокомплекса: *Dictyotriletes subamplectus Kedo, Buryzonotriletes orbiculatus (Lub.) Jach., Cyrtospora sp., C. cristifora (Lub.) Van der Zwan, Stenozonotriletes sp., S. explitus Jach., Acanthotriletes erinaceus (Waltz.) Lub., Lycospora verriculifer (Lub.) Pot. et Kremp., Trematonozonotriletes sp., Euryzonotriletes variabilis Naum., Lycospora sp., L. pussilla (Jbr.) Sawer., Stenozonotriletes spetcandus Naum., Cymbosporites sp., C. acutus (Kedo) Byvsch.*

Выше лежащие вулканогенно-осадочные отложения Бороталинского района выделены в **аксуйскую свиту**. Это риолитовые туфы, туфогравелиты, гравелиты, вулканомиктовые песчаники. Мощность отложений около 300 м. Поздневизейско-серпуховский возраст их принят по палинологическим определениям: *Lycospora breviapiculata* (Lub.) Pot. et Kremp., *Lycospora ostrogensis* (Medv.) Lub., *Florinites* sp., *Reticulatisporites mediareticulatus* Jbr., *Endosporites* sp., *Hymenozonotriletes mirabilis* (Lub.) Jach., *H.pailopterus* (Lub.) Naum., *Vallatisporites estispora costata* (Balme.) Spode, *Lycospora ostrogensis* (Medv.) Lub., *Florinites grandis* (Lub.) Dibn., *Granulatisporites piroformis* Jbr., *Potoniesporites* sp., *Reticulatisporites polygonalis* (Jbr.) S., B., *Triquitrites* sp., *T. bransonii* W., M.

Сандыктасская свита сложена базальными конгломератами, песчаниками, алевролитами, углистыми алевролитами с прослойками известняков. Вверху слоистые и массивные известняки. Мощность отложений сандыктасской свиты 750 м. Палинокомплекс *Crassispora* cf. *maculosa* (Knox.) Sul., *C. kasankei* (Pot. et Kr.) S., W., *Schelzospora* sp., *Granulispora* sp., *Cyclobaculisporites trichacantus* Lub., *Planisporites* sp., *Endosporites globiformis* (Loose), *Florinites* sp., *F.similis* Kas., *Microreticulatisporites* sp., *Densosporites* sp., *Diatomozonotriletes* sp., *Florinites mediapudens* (Loose) S., W., B., *Punctatisporites granifer* Pot. et Kr., *P. glaber* (Naum.) Lub., *Leiotriletes subintortus* (Waltz.) Jsch. характерен для отложений башкирского яруса.

Венчает разрез карбона Бороталинского синклинория **жаманбулакская свита**, отложения которой залегают (водораздел ручьев Жаманбулак-Нарын) с размывом и через мощную пачку конгломератов на туфах дегерезской свиты и сложенная розовыми и бурыми песчаниками, алевролитами с прослойками кислых туфов и редкими линзочками известняков. Мощность отложений 1000 м. Возраст по фораминиферам и брахиоподам определен как позднебашкирско-московский. Споры и пыльца из нижней части свиты – это *Microreticulatisporites triletes* (Kalid.) Jnos., *Lophozonotriletes incrustatus* (Lub.) Lub., *Lycospora punctata* Kosauk, *Nigrisporites nigritellus* (Lub.) Lub., *Cordaitina rotata* (Lub.) Lub., *Granulatisporites microgranifer* Jbr., из верхней подсвиты

Cordaitina uralensis (Lub.) Dib., *Vilsonia* cf. *vesicata* Kas., *Endosporites zonalis* (Loose) Knox., *Wallatisporites ciliaris* (Lus.) Osch. *Densosporites sphaerotriangularis* Kosauke; *Triquitrites novicus*, *Microreticulatisporites sulcatus* (W., et K.) Sm. et But. В целом палинокомплекс характерен для верхов башкирского и всего московского ярусов.

Бороталинский район отделен от лежащей далее к югу территории Южной Джунгарии Текелийским районом, где каменноугольные вулканогенно-осадочные накопления в основном перекрыты по Коксуйскому надвику более древними образованиями. По составу карбоновые отложения аналогичны южноджунгарским и расчленены по той же схеме.

В отличие от территорий, описанных выше, стратиграфическая схема каменноугольных отложений Южно-Джунгарской структурно-фациальной зоны на момент проведения III Казахстанского Стратиграфического совещания 1986 года содержала ряд дискуссионных вопросов, решению которых были посвящены публикации Л. И. Скринник, М. Р. Борукаевой, Е. П. Мамонова, А. Г. Дубовского и др. [2, 5].

Ранее последовательно существовало 3 схемы расчленения нижнекаменноугольных отложений Южной Джунгарии. Первая схема, составленная И. И. Никитченко при геолсъемке м-ба 1:50 000 в шестидесятых годах, включала жуантобинскую (C_{1t-v₁}), мукринскую (C_{1v₁}), карасайскую (C_{1v₂}) и алабасинскую (C_{1v₂₋₃}) свиты. П. П. Тихоновым (1957 г.) три последние свиты объединялись в котуркаинскую свиту.

Вторая схема, составленная на основе первой, была предложена в 1986 г. К. А. Азбелем и М. Р. Борукаевой и включена в региональную схему, принятую III Казахстанским Стратиграфическим Совещанием, в легенды и геологические карты по результатам ГДП-50 и ГДП-200 [1]. В этой схеме жуантобинская свита переведена в ранг серии и разделена на три свиты мощностью до 300–500 м, между карасайской и алабасинской свитами выделена алтынбековская (C_{1v₂₋₃}) свита. Вместе эти две последние свиты, по мнению М. Р. Борукаевой, образуют алтынэмельскую серию.

В 80–90-х годах Л. И. Скринник в процессе специальных стратиграфических работ (по заданию МГ и ОН КазССР) на базе палинологического метода был доказан более древний (ранневизейский) возраст алтынбековской и алабасинской свит, ранее охарактеризованных только остатками флоры широкого возрастного распространения, а также установлено существование мощной

лежащей выше верхневизейско-серпуховской алтынэмельской серии и серпуховский возраст завершающей нижнекаменноугольный разрез батпакской свиты [2-4].

Для отложений второй половины карбона южной части Джунгарского Алатау проведена ревизия последовательности разреза и датировки его подразделений. Утвержденная III Казахстанским совещанием стратиграфическая схема верхнекаменноугольных отложений включает **дегерезскую** наземную свиту андезитовых туфов и лав (башкирский и московский ярусы) и **кугалинскую** туффито-терригенную озерную (касимовский и гжельский ярусы) свиты. Как показывают наши материалы эта часть карбоновой схемы также потребовала доработки.

Ревизионные маршруты, проведенные Л. И. Скринник и палинологические определения Т. С. Гришиной и Л. Я. Ждановой после названного совещания позволили дополнить схему 1986 г. еще двумя свитами. Выделены ранее аннулированная айнабулакская свита башкирского и новая койбынская свита московского возраста, а на основе определений палинокомплексов сужен возраст дегерезской и кугалинской свит [3]. В результате составлена стратиграфическая схема, приведенная ниже (таблица).

Жуантобинская серия. Выделенная в ранге свиты И. И. Никитченко в 1957 г. и переведенная в ранг серии М. Р. Борукаевой в 1986 г., состоит из каракольской (пестроцветных риолит-трахириолитовых туфов и игнимбринов), сулубоканской (преимущественно андезито-базальты, базальты и туфы) и белекчинской свиты (риодациты и туфо-терригенные накопления) [5]. Флористические остатки в них не известны, но по 12 пробам эти отложения нами охарактеризованы палинокомплексом второй половины турнейского века: *Leiotriletes inermis* (Waltz), *Camarozonotriletes breviculus* Jsch., *Trematozonotriletes variabilis* (Waltz), *Convolutispora circumvallata* Cl., *Grandispora echinata* Hach.

Котуркаинская серия в ранге свиты выделена в южных и западных отрогах Джунгарского Алатау при геологической съемке в 60-х годах. В дальнейшем она была расчленена И. И. Никитченко на три свиты (мукринскую, карасайскую и алабасинскую), а позднее М. Р. Борукаевой верхняя половина карасайской свиты была выделена в алтынбековскую свиту. Таким образом, котуркаинская серия в настоящее время включает четыре зеленоцветные туфо-терригенные свиты снизу вверх: мукринскую, карасайскую, алтынбековскую и алабасинскую. Их мощность колеблется в пределах 200–500 м, но для крупномасштабного картирования М. Р. Борукаева и Е. П. Мамонов находят такое дробное членение наиболее удобным.

Возраст мукринской свиты по палинологическим данным нижневизейский. Карасайская свита охарактеризована фауной брахиопод средней части нижнего визе. Для накоплений алтынбековской и алабасинской свит, таким образом, остается интервал в пределах верхней части нижнего визейского подъяруса.

В целом возраст котуркаинской серии по флоре определяется в пределах первой половины визейского века: *Lepidodendropsis sigillarioides* Gongm., *Asterocalamites scrobiculatus* (Schloth) Zeill., *Lepidodendron volkmannianum* Sternb., *Neuburgia karatauensis* (Sternb.), *Stigmaria ficoides* (Sternb.), *Cardiopteridium* sp. (определения М. И. Радченко). Палинокомплексы из разных горизонтов котуркаинской серии включают *Trematozonotriletes bialatus* (Waltz), *T. dentatus* (Waltz), *Lophotriletes granulatus* Kedo et Jush., *L. vegetis* Jush., *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.), *Dictyotriletes magnus* Naum., *Stenozonotriletes individus* Naum., *S. limbosus* (And.), *Trachytriletes incesorilobus* Naum., *Angulysporites punctulosus* (Lub.) также первой половины визейского века.

Алтынэмельская серия была выделена в 1986 г. К. А. Азбелем и М. Р. Борукаевой на базе одноименной свиты В. Ф. Беспалова [5]. Позднее она была расчленена Л. И. Скринник на три свиты: жанабайскую базальт-андезитовую, кокшеельскую туфо-терригенную дацито-риолитовую и чильбырскую базальт-терригенную свиты [4]. В средней части стратотипического разреза алтынэмельской серии в хр. Алтынэмель, у перевала Чильбыр Л. И. Скринник собраны остатки флоры *Calamites* sp., *Mesocalamites* sp., *Lepidodendron* sp., *Paracalamites* sp., *Lepidodendron volkmannianum* Sternb., *Asterocalamites scrobiculatus* (Schloth) Zeill., *Belonophyllum kasakhstanicum* R., *Lepidostrobyllum* sp. (определения М. И. Радченко), характерной для второй половины раннего карбона.

Палинокомплекс по определению Т. С. Гришиной по нашим пробам в жанабайской свите представлен *Stenozonotriletes marginellus* (Lub), *Spinosisporites setosus* (Lub), *Planisporites setulosus*

(Lub), *Granulatisporites microgranifer* Ibr., *Verrucosisporites tuberculatus* (Waltz) Pot., *Florinites grandis* (Lub), *Crassispora ingorata* (Lub), *Turrisporites pyramidalis* Lub., *Platisaccus* sp., *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr) Naum., *Lycospora capellata* Driag., *L. verruculifer* Lub., *Trilobozonotriletes obnormis* Kedo, *Trematozonotriletes* sp поздневизейского облика

В отложениях верхней, чильбырской свиты определены споры второй половины визейского века *Azonalites minor* Kedo, *Dictyotriletes magnus* Naum., *Eurizonotriletes cilinosus* Andr, *Lycospora pusilla* (Ibr), *L. subtriquetra* (Lab), *L. curvata* (Lub), *Auroraspora limpida* Jush., *Remisporites psilopterus* (Lub), *Verrucosisporites tuberculatus* (Waltz), *Trachitriletes lasius* (Waltz) Naum., *Granisporites testicularis* (Lub), *Acanthotriletes microspinosus* (Lub).

Батпакская свита, завершающая разрез нижнекаменноугольных отложений, представлена сероцветными молассовыми накоплениями (конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами с подчиненными прослоями андезитовых и кремнекислых туфов), которые с размывом залегают на подстилающих толщах. Возраст отложений батпакской свиты определен остатками флоры верхов нижнего и низов среднего карбона: *Asterocalamites scrobiculatus* (Schloth) Zeill., *Calamites* sp., *Mesocalamites* sp. (определения М. И. Радченко.) в хр. Жалгызгагаш

Палинологический комплекс по определениям Т. С. Гришиной: *Remisporites mirabilis* (Lub), *R. psilopterus* (Lub), *Cyclobaculisporites trichacanthus* (Lub), *Lycospora subtriquetra* (Lub), *Coniferalis* sp. *Granisporites* sp. принадлежит серпуховскому ярусу. Возраст батпакской свиты в настоящее время принят как серпуховский ярус.

Следующая вверх по разрезу туффито-терригенная **айнабулакская свита**, выделенная Г. М. Фремдом в 50-х годах, а затем необоснованно исключенная из схемы, содержит ряд горизонтов витрофиров и агатоносных риодацитов. Мощность ее отложений 400 м [3]. Из нижней пачки айнабулакской свиты в стратотипическом разрезе определены серпухов-башкирские палиноформы: *Cyclogranisporites testiculatus* (Waltz), *C. lasius* (Lub.) Lub., *Endoculospora inordinata* (Lub.) Pasch., *Hymenozonotriletes informis* (Lub.) Naum., *Dictyotriletes reticulatus* Jbr., *Lophotriletes tuberculatus* (Lub.) Naum., *Trematozonotriletes* sp., *Lycospora* sp.

В верхней части пачки описаны *Cordaitina rugulifer* (Lub.) Sam., *Lycospora subtriquetra* (Lub.) Pot., *Schopfypollenites indecorus* (Lub.) Lub., *Hymenozonotriletes psilopterus* Lub., характерные для среднего карбона. Остатки флоры *Calamites* sp., *Paracalamites* sp. также характерны для второй половины карбона. Наиболее вероятен башкирский возраст айнабулакской свиты.

Нами дополнительно выделена **койбынская свита** (900 м), местами размытая до основания и потому оспариваемая М. Р. Борукаевой и др. Отложения койбынской свиты по р.Койбын в горах Атыджек перекрывают с размывом преимущественно терригенную айнабулакскую свиту и с размывом, а местами с параллельным несогласием перекрываются отложениями дегерезской свиты. Койбынская свита представлена туфами дацитового и риолитового состава с прослоями песчаников, гравелитов, туффитов, андезитовых тефроидов. Остатки флоры характеризуют ее возраст как верхнюю половину карбона. В нижней части койбынской свиты по ручью Койбын собраны отпечатки флоры *Lepidodendron* sp., *Calamites* sp., *Walchia* sp., *Samaropsis* sp., *Angaropteridium* sp. (определения М. И. Радченко). Палинокомплекс из этой же пачки: *Lycospora breviapiculata* (Lub), *Trachytriletes semiseptus* Jsch., *Raistrickia obtuzosetosa* (Lub) Hart., *Remisporites mirabilis* (Lub), *R. psilopterus* (Lub), *Florinites grandis* (Lub), *Verrucosisporites tuberculatus* (Waltz) Pot. et Kr., *Vallatisporites ciliaris* (Lub), *Cyclobaculisporites trihacanthus* (Lub), *Lycospora pusilla* S. W.B., *L. curvata* Lub., *Acanthotriletes matusus* Jush., *Cordaitina rotata* (Lub.). Наиболее вероятный возраст отложений койбынской свиты – первая половина московского века.

Вышележащая **дегерезская свита** представлена андезитовыми лавами, их агломератовыми туфами и тефроидами суммарной мощностью около 400 м, залегающими с размывом на туфах койбынской свиты. Палинокомплекс из ее алевролитов характерен для башкирского и московского ярусов: *Acanthotriletes circumaciis* Jsch., *Shophipollenites* sp., *Entilissa* sp., *E. gacemina* Isch., *Vallatisporites ciliaris* (Lub) Osch., *Lycospora breviapiculata* (Lub) Pot., *Florinites* sp., *Dictyotriletes polygonalis* Loose, *D. cancellatus* (Lub) Naum., *Platysaccus podocarpiformis* Lub., *Stenozonotriletes obnobilis* (Andr) Sib., *Striatohaplopinites* sp., *Vittatina striata* Lub., *Cordaitina rotata* (Lub) Sam. Возраст дегерезской свиты по положению в разрезе и составу палинокомплекса соответствует позднему московскому веку.

Кугалинская свита перекрывает разновозрастные отложения (вплоть до протерозоя в Копинском районе) с параллельным, либо со структурным несогласием. Свиту образуют песчаники, гравелиты, углистые алевролиты, кремни, водорослевые известняки, туфы андезитового и дацитового состава. Мощность отложений варьирует в пределах 500–900 м. В нижней и средней частях разреза собраны остатки флоры: *Ernestiodendron sp.*, *Lebachia sp.*, *Ginkgophillum sp.*, *Angarodendron obrutchevi*, *Sigillaria mammilaris*, *Lepidodendron sp.*, *Paracalamites sp.*, *Calamites sp.*, *Ginkgophyllum usovii*, *Dicranophyllum sp.* (определения К. З. Сальменовой) второй половины карбона и нижней перми.

Палинокомплекс из наших проб: *Cordaitina punctata (Lub)*, *Remisporites praetexus (Lub)*, *R. pilopterus (Lub)*, *Punctatisporites minutus Jbr.*, *Lycospora pussila S. W. B.*, *Densosporites sp.*, *Planisporites sp.*, *Shopfipollenites sp.*, *Entilissa sp.*, *Acanthotriletes cornutus Schw.*, *Potoniesporites radiosus Schw.*, *Striatohaploxylinites sp.*, *Speciosisporites rubidus Siver*, *Florinites ovalis Loose*, характерен для позднего карбона.

Стратиграфические работы в помощь геологическому картированию позволили Л. И. Скринник детально изучить, кроме отложений южной части Джунгарского Алатау, каменноугольные вулканогенно-осадочные отложения Заилийско-Кетменского района Северного Тянь-Шаня.

В палеогеографическом отношении южная часть Джунгарского Алатау и Северный Тянь-Шань в каменноугольном периоде были частью активной континентальной окраины [2, 3, 6]. На севере в виде субширотной полосы размещался окраинный Джунгаро-Балхашский бассейн, в осевой части – наземный вулканический пояс и на юге Северного Тянь-Шаня, также широтно (в современной ориентировке) тыловой морской бассейн, отделенный от Южного Тянь-Шаня выступами каледонид [7, 8]. Морские отложения как северного, Джунгаро-Балхашского, так и южного, тылового, Северо-Тяньшанского (Туркестанского) бассейнов богаты различными органическими остатками, в то время как наземные накопления вулканического пояса содержат лишь остатки флоры и палинокомплексы. Палинологические определения позволили установить более узкие (до полуяруса) временные интервалы формирования наземных толщ и уточнить положение основных рубежей осадконакопления (смотри таблицу).

Каменноугольные отложения Северного Тянь-Шаня, согласно схеме В. К. Краснобородкина, большей частью принятой III Казахстанским Стратиграфическим совещанием 1986 г., включают 4 свиты турнейско-ранневизейского возраста (кызылмоинакская, торайгырская, чарынская, кызылқыркинская), две свиты визейско-серпуховского возраста (кулуктауская, майбулакская), серпуховскую далашикскую свиту и две свиты второй половины карбона (дегерезская и кугалинская) [1]. Л. И. Скринник в 90-х и начале 2000-х годов проведены ревизионные стратиграфо-палеонтологические работы с последующей арбитражной экскурсией, в результате которых была существенно уточнена стратиграфическая схема каменноугольных отложений Северного Тянь-Шаня [3, 6, 7]. Ниже она приводится в обновленном виде.

Кызылмоинакская свита базальт-терригенная свита, нижняя в составе кетменской серии, имеет мощность около 1200 м, залегает со структурным несогласием на ордовикских и силурийских морских толщах, субсогласно на красноцветной молассе фамена и документирована ранне-турнейским комплексом флоры *Asterocalamites scrobiculatus (Schloth)*, *Neuburgia karatauensis Radtch.*, *Caenodendron primaevum Zal.*, *Lepidodendropsis sigillarioides Goth et D.*, *Leptophloeum rhombicum Daws.*, а также спор и пыльцы: *Archaeozonotriletes minutus Kedo.*, *A. rarituberculatus Naum.*, *Stenozonotriletes pumilus Waltz.*, *Lophozonotriletes torosus Naum.*, *L. cristifer Lub.*, *L. curvatus Naum.*

Следующая выше по разрезу кетменской серии **торайгырская** риолит-туфо-терригенная свита с конгломератами перекрывает кызылмоинакскую свиту, а местами залегает на ордовикских стратифицированных и интрузивных образованиях. Мощность ее отложений варьирует в пределах 700–1200 м. В нижней части разреза вместе с отпечатками флоры *Lepidodendropsis sigillarioides Jongm.*, *Caenodendron sp.*, *Cardiopteridium sp.*, *Pteridorachis sp.*, определены микрофитосилии позднего турнейского века *Trachytriletes punctulatus (Waltz) Jusch.*, *Lophotriletes tuberculatus (Waltz) Jusch.*, *Acanthotriletes convexus Jusch.*, *A. cf mirus Jusch.*, *A. pennatus Jusch.*, *Brochotriletes minutus Jusch.*, *Euryzonotriletes sp.*, *E. sulcatus (Waltz) Jusch.*, *Stenozonotriletes sp.* Наиболее вероятно синхронность торайгырской свиты с описанной выше каракольской свитой Джунгарии.

Базальты следующей **чарынской свиты** предположительно синхронны базальтам сулубоканской свиты Джунгарии. В своей нижней части они охарактеризованы флорой *Caenodendron primaevum* Zal., *Asterocalamites* sp. и верхнетурнейско-ранневизейским палинокомплексом: *Grani-sporites* sp., *G. arugosus* (Naum) Lub., *Acanthotriletes* sp., *Lophotriletes vegetus* Jsch., *L. aff. grumosus* Naum., *Dictyotriletes cancellatus* (Walts.) Jsch., *Eurysonotriletes translaticus* Jsch., а венчающая разрез кетменской серии **кызылқырқинская свита** содержит остатки флоры и в разных своих частях палинокомплексы нижней половины визейского яруса. В нижней части это *Trematozonotriletes commutatus* (Waltz), *T. intermedius* (Waltz) Jsch., *Acanthotriletes crinaceus* (Waltz), *A. sentus* Jsch., *A. grandis* Jsch., *A. spinosus* Naum., *A. rectispinus* Lub., *A. mirus* Jsch., *A. convexus* Jsch., *A. pennatus* Jsch., *A. echinatus* Naum., *Lophotriletes parvatus* (Lub.), *Lophozonotriletes conformis* Naum., *Punctatisporites platirugosus* (Waltz), *Stenozonotriletes dissidens* Jsch., *Lycospora pusilla* Ibr., *Knoxisporites triradiatus* Hoffm., *Eurizonotriletes turbinatus* (Waltz), *Densosporites* sp., *Microreticulatisporites concavus* (But) Will., *Dictyotriletes magnus* (Naum.), *D. scrobiculatus* Kedo.

Последовательность разреза и состав накоплений **кызылқырқинской свиты** аналогичны котуркаинской серии Джунгарского Алатау. Также чередуются преимущественно рио-дацитовые туфы, песчаники, нередко углистые алевролиты с остатками флоры. В средней части разреза присутствуют единичные горизонты андезитов. Отличие в более пестрой окраске туфов кызылқырқинской свиты по сравнению с зеленоцветными породами котуркаинской серии. Комплекс спор из нижней части разреза *Eurysonotriletes orbiculatus* (Lub.) Jusch., *Stenozonotriletes spetcandus* Naum., *Acanthotriletes multisetus* (Lub.) Kedo., *Lophozonotriletes triangularis* Jusch., *Cymbosporites acutus* (Kedo) Byvsch. отвечает визейскому веку. Из верхней пачки определены *Dictyotriletes putidus* (Jsch) Lub., *Acanthotriletes senticosus* Jsch., *A. spinosus* Jsch., *Stenozonotriletes dissidens* Jsch., *Trematozonotriletes* sp., *T. intermedius* (Waltz.) Jsch., также принадлежащие первой половине визейского века.

Вышележащая часть каменноугольного разреза от середины визейского яруса до границы с верхним карбоном включает в наземной части района алтынэмельскую серию, сокращенную по мощности, но содержащую визейский палинологический комплекс: *Lycospora capiliata* Dringina, *L. verruculifer* Lub., *Verrucosisporites* sp.

Примерно на широте водораздельной линии хр. Торайгыр и Кетмень вулканы нижнего карбона содержат горизонты известняков, а далее к югу целиком замещаются карбонатными и терригенными отложениями, содержащими морскую фауну второй половины визейского и низов серпуховского ярусов. В зависимости от роли базальтов и риолитов в переходных разрезах В. К. Краснобородкиным, Ю. Н. Гилевым и др. выделяются близкие по возрасту майбулакская, шункарская, сатинская, кулуктауская, кыртасская свиты, синхронные морским, не содержащим вулканитов, отложениям кунгейской известняковой (C1V₂-S₁) и лежащей выше терригенной далашикской (C₁S) свитам расположенного южнее морского палеобассейна. Все названные вулканогенно-осадочные подразделения, благодаря обилию морской фауны, легко коррелируются между собой и с международной стратиграфической шкалой.

Наземные вулканические накопления второй половины каменноугольного периода аналогичны по составу и набору пород описанным выше одновозрастным накоплениям южной части Джунгарского Алатау и расчленены по той же схеме: на айнабулакскую, койбынскую, дегерезскую, кугалинскую свиты и охарактеризованы остатками флоры и палинокомплексами.

В горах Болабогуты в нижней части **айнабулакской свиты** Т. С. Гришиной обнаружены верхнекарбоновые миоспоры *Trematozonotriletes commutatus* (Walts) Jsch., *Eurysonotriletes literatus* (Walts) Jsch., *Asonomonoletes* sp., а для ее верхов, кроме перечисленных, характерна также форма *Lycospora* sp.

Отложения **койбынской свиты** у родн. Уенке-булак вблизи подножья гор Бола Богуты залегают на разных горизонтах айнабулакской свиты и несогласно перекрыты андезитами дегерезской свиты. В ее разрезе чередуются лавы и туфы риолитового и риодацитового состава. В верхней пачке в прослое туффитов Т. С. Гришиной определены *Lycospora subtriquetra* (Lub.) Pot. Kr., *Dictyotriletes* sp., *Trachytriletes lasius* (Walts) Naum., *Lophozonotriletes* sp. второй половины карбона.

Отложения **дегерезской свиты** (андезибазальты, андезиты и их туфы) залегают с галечными конгломератами в основании на дацитовых туфолавах койбынской свиты и содержат в верхней пачке коричневых песчаников палинокомплекс: *Knoxisporites sp.*, *K. glomus Schw.*, *Potoniesporites sp.*, *P. novicus Enok.*, *Stenozonotriletes obnobilis (Andr.) Siv.*, *Striatohaplopinites sp.*, *S. tectularis (Lub.) Samoil.*, *Vittatina striata Lub.*, *V. costabilis Wilson.*, *Florinites sp.*, *Spinosisporites spinosus Alper.*, *Cordaitina rotata (Jub.) Samoil.*, характерный для второй половины карбона.

Кугалинская свита в хр. Кетмень к востоку от с. Шункар по р. Сасыкбулак охарактеризована богатым комплексом спор. В 80 м от основания свиты из алевролитов Т. С. Гришиной выделены позднекарбоновые *Turrissporites resistans (Lub.) Lub.*, *T. rigidispinosus (Lub.) Lub.*, *Laevigatosporites cf. vulgaris Jbr.*, *Cyclobaculisporites gibberulus (Lub.) Lub.*, *Speciosisporites rubidus Siver*, *Angulisporites splendidus Snar.*, *Florinites ovalis Loose*, *F. pellucidus Wilson*, *Striatohaploxyrinites sp.*, *Remissporites praetextus (Lub.) Lub.*, *Punctatisporites minutus (Jbr.) Alpern.*, *Potoniesporites sp.*, *Striatodiploxypinities sp.* В верхней части разреза кугалинской свиты Т. С. Гришиной определены *Schopfipollenites sp.*, *Entilissa sp.*, *Acanthozonotriletes cornutus Schwartz*, *Potoniesporites radiosus Schwartz*, также позднекаменноугольные.

Приведенные комплексы соответствуют касимовскому и гжельскому ярусам верхнего карбона. Соответственно в виде подразделений общей шкалы эти данные найдут отражение на сводных картах пограничных с Китаем и другими странами территорий.

Морские отложения каменноугольной системы на Северном и Центральном Тянь-Шане отвечают режиму деградации Туркестанского тылового бассейна. Нижняя часть карбоновых отложений Южно-Кетменского района представлена вулканогенными накоплениями кетменской серии, аналогичными описанным выше. Второй половине визейского и низам серпуховского яруса отвечают преимущественно карбонатные накопления **кунгейской свиты** и ее аналогов в зоне перехода от наземных вулканогенных к морским условиям седиментации. Лежащие на ней туф-фито-терригенные морские накопления **далашиксской свиты** серпухова согласно перекрыты регрессивно построенной терригенной **туюксской свитой** башкирского возраста, а та, в свою очередь, – **текесской** пестроцветной терригенной толщей. В базальной пачке туюксской свиты из прослойки алевролитов Т. С. Гришиной выделены *Remissporites psilopterus (Lub.) Lub.* – зональный вид позднебашкирско-раннемосковского времени, а также *Punctatisporites glaber (Naum) Lub.*, *Nigriporites arguatus (Porth.) Drag.*, *Gyngkocicadophitus erosus (Lub.) Samoil.*, *Cordaitina uralensis (Lub.) Samoil.*, *Crucisaccites sp.*, *C. ornatus (Samoil.) Dibn.*, характерные для московского яруса.

Текесская свита, венчающая карбоновый разрез Текесского района, представлена красно-коричневыми с прослоями серых песчаниками, линейно и косослоистыми, чередующимися с красно-коричневыми алевролитами. В виде единичных тонких прослоев присутствуют известковистые песчаники, известняки и туффиты [8]. В четырех пробах, взятых по разрезу текесской свиты, Т. С. Гришиной определены позднекарбоновые споры и пыльца: *Cordaitina uralensis (Lub.) Samoil.*, *C. punctata (Lub.) Lub.*, *Potoniesporites sp.*, *Leiotriletes platyrugosus (Walts.) Jusch.*, *L. nigritellus Lub.*, *Acanthotriletes curvispinosus Lub.*, *A. crinaceus (Walts) Lub.*, *Spinosisporites rectispinus Lub.*, *Capilatisporites multisetus (Lub.) Lub.*, *Remysporites psilopterus (Lub.) Lub.*, *Verrucosisporites scurrus (Lub.) Lub.*, *Crutesporites globosus Les.*, *Florinites tener Medw.*, *Cordaitina praetexta (Lub.) Medw.*, *C. ornata Samoil.*, *Vittatina striata Lub.*, *Potoniesporites sp.* и другие. Мощность отложений текесской свиты около 1000 м.

Изложенные материалы показывают, что нашими работами стратиграфическая схема Джунгарского Алатау и Северного Тянь-Шаня, принятая III Казахстанским стратиграфическим совещанием 1986 г., существенно дополнена и уточнена. В этом объеме она будет представлена на предстоящем стратиграфическом совещании.

Более точная датировка вулканогенных свит по спорово-пыльцевым и фаунистическим определениям подтвердила геологические выводы о наличии в каменноугольном разрезе Юго-Восточного Казахстана шести крупных рубежей осадконакопления, отмеченных поверхностями несогласий, размывов и седиментационных перерывов. Они примерно совпадают с границами фаменского и турнейского ярусов, с серединами турнейского, визейского, серпуховского и башкирского ярусов и с основанием верхнего отдела каменноугольной системы [9]. Пермские отложения также ложатся на разные горизонты подстилающих толщ. Вероятно, перерыв и фаза тектогенеза разделяют также каменноугольные и пермские отложения.

Работа выполнена при поддержке комитета науки МОН РК за счет фонда грантового финансирования на 2015–2017 гг. проекта № 3449/ГФ-4 "Корреляция магматических и металло-генетических комплексов пограничной территории Казахстана и Кыргызстана".

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Решение III Казахстанского стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою. – Алма-Ата, 1986. С региональными стратиграфическими схемами. – Ч. I: Докембрий и палеозой. – Санкт-Петербург, 1991. – Южный Казахстан. – Табл. 12.
- [2] Скринник Л.И., Смирнов А.В., Сенкевич М.А., Насиканова О.Н., Дубовский А.Г. Стратиграфия девонских и каменноугольных отложений Южной Джунгарии // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1980. – № 5. – С. 8-16.
- [3] Скринник Л.И., Гришина Т.С., Радченко М.И. Стратиграфия и палеогеография карбона Юго-Восточного Казахстана // Геология и разведка недр Казахстана. – 1998. – № 4. – С. 9-14.
- [4] Скринник Л.И. Алтынэмельская серия Джунгарского Алатау // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1988. – № 5. – С. 46-52.
- [5] Азбель К.А., Борукаева, Мамонов Е.П. и др. Стратиграфия девонских и каменноугольных отложений южных отрогов Джунгарского Алатау. Геология и полезные ископаемые Южного Казахстана. – 1980. – С. 5-18.
- [6] Базанов Е.Н., Борукаева М.Р., Иванова Н.И. и др. Проблемы стратиграфии палеозоя Южного Казахстана // Геология и полезные ископаемые юга Казахстана. – 1991. – С. 25-36.
- [7] Скринник Л.И. Строение кетменской серии Северного Тянь-Шаня // Стратиграфия палеозоя Казахстана. – Алма-Ата, 1989. – С. 32-41.
- [8] Скринник Л.И., Эсминцев А.Н. Латеральные ряды каменноугольных отложений Северного Тянь-Шаня // Известия АН РК. Сер. геол. – 2008. – № 3. – С. 4-16.
- [9] Скринник Л.И., Ткаченко К.Н. О структурном членении разреза Илийского вулканического пояса // Проблемы региональной геологии и геофизики Казахстана. – Алма-Ата, 1985. – С. 16-26.

REFERENCE

- [1] Decision of III Kazakhstan stratigraphic conference on Precambrian and Phanerozoic. Alma-Ata, 1986. Part 1. Precambrian and Paleozoic. Sankt-Peterburg, 1991. Tabl. XII (in Russ.)
- [2] Skrinnik L.I., Smirnov A.V., Senkevich M.A., Nasikanova O.N., Dubovski A.G. Stratigraphy of Devonian and Carboniferous formations of South Djungaria // News of ASKazSSR. Ser. geol. 1980. N 5. P. 8-16 (in Russ.)
- [3] Skrinnik L.I., Grishina T.S., Radchenko M.I. Carboniferous stratigraphy and paleogeography of the South-East Kazakhstan // Geology and exploration of Kazakhstan. 1988. N 4. P. 9-14 (in Russ.)
- [4] Skrinnik L.I. Altynamel serie of Djungar Alatau // News of ASKazSSR. Ser. geol. 1988. N 5. P. 46-52 (in Russ.)
- [5] Azbel K.A., Borukaeva M.R., Mamonov E.P. etc. Stratigraphy of Devonian and Carboniferous formations of Djungar Alatau south offshuts // Geologie and mineral resoursers of theSouth Kazakhstan. 1980. P. 5-18 (in Russ.)
- [6] Bazanov E.N., Borukaeva M.R., Ivanova N.I., etc. Problems of Paleozoic stratigraphy of Southern Kazakhstan // Geology and mineral resurses of South Kazakhstan. Alma-Ata, 1991. P. 25-36 (in Russ.)
- [7] Skrinnik L.I. Content of ketmen serie of the Nothern Tien Shan // Paleozoic stratigraphy of Kazakhstan. Almaty, 1989. P. 32-41.
- [8] Skrinnik L.I., Esmintcev A.N. Lateral rows of Nortern Tien-Shan Carboniferous formations // News of ASKazSSR. Ser. geol. 2008. N 3. P. 4-16 (in Russ.)
- [9] Skrinnik L.I., Tkachenko K.N. About structural divisions of Ili volcanic belt // Problems of Kazakhstan regional geology and geophysic. Alma-Ata, 1985. P. 16-26.

Л. И. Скринник, Н. И. Иванова, Н. Е. Коваленко

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

ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ КӨМІР КЕН ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ ҚЫТАЙМЕН ШЕКАРАСЫ

Аннотация. III Қазақстанның стратиграфиясы 1986 жылғы кезеңнен кейін жинақталған нәтижелері Жоңғар Алатауы мен Солтүстік Тянь-Шаньның стратиграфиялық схемалары келтірілген. Өңірлік геология және палеогеодинамика саласында халықаралық ынтымақтастықтың кеңейтілуі және алдағы шекаралық картографиялық жұмыстармен қажеттілігі қамтылған. Жоңғар Алатауының сызбасы ертеректе күші жойылған ай-набұлақ және қойбын свитасымен палеонтологиялық деректер бойынша ең бірлік жасы бойынша нақтыланған. Солтүстік Кетпен аймағының қалыптасуы кеш визей –ерте серпухов фашиалды қатары жанартау шөгінді және ерте визей қызылқырқын свитасымен, Солтүстік Тянь-Шань қызылмойнақ свитасымен турней жасында дәлелденген. Жоғарғы карбон калинокомплексы қоғалы свитасы және сол сияқты іріктелген жыныстар асин свитасымен жою ұсынылған. Органикалық қалдықтар архистратиграфиялық топта бүкіл әлемде тиесілі танылған, стратиграфиялы бөлінген палинологистикалық кешен көбінесе сипатталған. Оңтүстік Шығыс Қазақстан магматизмі мен анықталған стратиграфиялық сызба маңызды кезеңнің тұнбасымен синхрондануына мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Жоңғар Алатау, Солтүстік Тянь-Шань, геологиялық жас, көміртек, турней, визей.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 23 – 30

Z. T. Umarbekova¹, K. Sh. Dyusembayeva¹, K. T. Kubashev²

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

THE BAKYRCHIK DEPOSIT AND VIEWS ON THE FORMATION OF THE MINERAL DEPOSITS IN BLACK SHALE BEDS

Abstract. Gold deposits in black shale type have huge reserves of hard-gold. The prevailing part of reserves of native gold is in carbonaceous terrigenous deposits in Russia. These deposits are represented by objects of various scales – from small to unique (In Russia – Olimpiada, Nezhdanin, Natakin, May; in Uzbekistan – Muruntau, Kokpatas, Zarmitan, Daugyztau, Amantaitau; in Kazakhstan – Bakyrchik; in Tajikistan – Chore; in Kyrgyzstan – Kumtor; in the United States – Mather Lod; in Australia – Bendigo, Olympic Dam).

The Bakyrchik deposit is located in the Kyzyl zone, cutting the basic structure of Kalba region. Ore-bearing carbonaceous shales, mudstones, siltstones and sandstones are interbedded in the Bukon suite Middle Carboniferous age. The rocks were shale intensively, contain of carbonaceous matter and sulfides (till 5-10%). Siltstones are saturated most with gold-bearing sulfides (pyrite and arsenic pyrite) containing carbonaceous matter of 0.2-0.4% in the presence of carbonate material. The ore bodies are presented system en echelon mineralized zones of considerable power (till 20 m). The composition of the ore: pyrite, arsenic pyrite, antimony, gold, marcasite, chalcopyrite, pyrrotite, gray ores (tennantite and tetrahedrite), galena, sphalerite, cinnabar, native silver, quartz, carbonates. Auriferous are pyrite II of pyritohedron habit and acicular arsenic pyrite. The gold in both sulfides is presented in the microscopic and submicroscopic forms. Direct contact with the carbon is installed in the interval of 0.2-1.5% content only. There is a positive relationship of gold with boron, strontium and phosphorus. Ore deposits have a wide range of elements: gold, silver, lead, zinc, copper, cobalt, nickel, molybdenum, arsenic, phosphorus, boron, strontium. The arsenic content in the ores of is 0.3-1.5%. Mineralization complex polygenic nature with multiple conversion of syngenetic sedimentogene auriferous material in the fault zone of dislocation-thermal metamorphism refers to the type mineralized zones of gold-sulphide type. In terms of reserves refers to the unique.

Keywords: gold, carbonaceous shale, pyrite, arsenic pyrite, formation, deposits.

УДК 553.411

З. Т. Умарбекова¹, К. Ш. Дюсембаева¹, К. Т. Кубашева²

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

БАКЫРЧИК И ВЗГЛЯДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ

Аннотация. Золоторудные месторождения черносланцевого типа обладают колоссальными запасами трудноизвлекаемого золота. Так в России преобладающая часть запасов коренного золота находится в месторождениях углеродисто-терригенных комплексов. Эти месторождения представлены объектами различного

масштаба – от мелких до уникальных (Олимпиада, Нежданинское, Наталкинское, Майское, Советское в России; Мурунтау, Кокпатас, Зармитан, Даугызтау, Амантайтау в Узбекистане; Бакырчик в Казахстане; Чоре в Таджикистане; Кумтор в Киргизстане; Мазер Лод в США; Бендиго, Олимпик Дэм в Австралии).

Месторождение Бакырчик находится в Кызыловской зоне смятия широтного простирания, секущей основные структуры Калбинского региона. Рудовмещающие углеродсодержащие сланцы, аргиллиты, алевролиты и песчаники в тонкоритмичном переслаивании буконьской свиты среднекаменноугольного возраста. Породы интенсивно рассланцованы, содержат углеродистое вещество и сульфиды (до 5-10%). Наиболее насыщены золотоносными сульфидами (пиритом и арсенопиритом) алевролиты с содержанием углеродистого вещества 0,2-0,4% при наличии карбонатного материала. Рудные тела представлены системой кулисообразных минерализованных зон значительной мощности (до 20 м). Состав руд: пирит, арсенопирит, антимонит, золото, марказит, халькопирит, пирротин, блеклые руды (теннантит и тетраэдрит), галенит, сфалерит, киноварь, самородное серебро, кварц, карбонаты. Золотоносными являются пирит II пентагондодекаэдрического габитуса и игольчатый арсенопирит. В обоих сульфидах золото присутствует в микроскопической и субмикроскопической формах. Прямая связь с углеродом установлена только в интервале содержаний 0,2-1,5%. Отмечается положительная связь золота с бором, стронцием и фосфором. Руды месторождения характеризуются широким набором элементов: золото, серебро, свинец, цинк, медь, кобальт, никель, молибден, мышьяк, фосфор, бор, стронций. Содержание мышьяка в рудах 0,3-1,5%. Оруденение сложной полигенной природы с многократным преобразованием сингенетического седиментогенного золотоносного материала в приразломной зоне дислокационно-термального метаморфизма, относится к типу минерализованных зон золото-сульфидного типа. По запасам относится к уникальным.

Ключевые слова: золото, углеродистые сланцы, пирит, арсенопирит, месторождения, формирование.

Введение. В решении вопросов генезиса золото-сульфидных месторождений, локализованных в углеродисто-терригенных толщах, одной из ключевых проблем является определение роли осадочно-диагенетических сульфидов в рудообразовании. Согласно точке зрения, обоснованной на примере месторождения Сухой Лог, рудные тела представляют собой залежи золотоносных осадочно-диагенетических и осадочно-гидротермальных сульфидов, испытавшие дислокационный, региональный и контактовый метаморфизм [1]. Дискуссионность предложенной модели в первую очередь связана с отсутствием в рудах названного месторождения реликтовых образований, которые можно достоверно определить как осадочно-диагенетические. Предполагается, что они были практически полностью регенерированы и переотложены при эпигенетических процессах.

По данным многих авторов, занимавшихся вопросами генезиса золото-сульфидных месторождений в черносланцевых толщах разработаны модели их формирования, базирующиеся на реальных наблюдениях во многих золотоносных провинциях, приуроченных к зонам влияния глубинных, проникающих в мантию разломов. При образовании руд золото-сульфидных месторождений с углеродистым веществом предполагаются мантийные и корово-мантийные источники золота. Среди основных моделей приведены следующие: 1) **осадочно-метаморфогенная модель** заключается в образовании промышленного золотого оруденения, в результате сегрегации и переотложения рассеянного в докембрийских флишоидных толщах хомогенного и кластогенного золота, попавшего туда при размыве древних кор выветривания. Формирование золоторудных месторождений протекало в три этапа. В течении первого, гидротермально-осадочного этапа на дне морских бассейнов в резко восстановительных условиях были образованы осадки с повышенной фоновой золотоносностью. Во второй, элизионно-катагенетический этап, вследствие погружения металлоносных осадков на значительные глубины образовывались элизионные воды, способные к растворению и переносу тяжелых металлов в более верхние горизонты осадочных бассейнов. Уже на этом этапе могли частично возникать промышленные рудные концентрации [2]. Основная же часть промышленных месторождений формировалась на самом позднем этапе в связи с процессами динамометаморфизма, а также контактового и регионального метаморфизма. Допускается что на этом этапе могли принимать участие также флюиды магматического происхождения, осуществляющие регенерацию и переотложение более ранних концентраций золота; 2) **метаморфогенно-гидротермальная модель** рассматривает образование руд с проявлением высокоградиентного зонального метаморфизма, широко распространенных в орогенно-складчатых областях. В качестве источника рудного вещества рассматриваются осадочные и осадочно-вулканогенные комплексы, более глубокие по отношению к рудовмещающим толщам уровней метаморфизма. Из расположенных над очагами гранитизации толщ, рудное вещество извлекается метаморфическими

растворами и переносится в верхние низкотемпературные зоны. Непосредственное рудоотложение происходит из гидротермальных растворов регрессивной стадии метаморфизма, возникающих вслед за диафторитовыми переотложениями рудовмещающих пород. Данная генетическая концепция наиболее полно разработана В. А. Буряком [3] для золото-кварц-сульфидного оруденения «сухоложского» типа; 3) *модель интрателлурического углеродного метасоматоза* предложена П. Ф. Иванкиным с соавторами для объяснения условий формирования золоторудных месторождений в черносланцевых толщах на материале наблюдений на ряде рудных полей западного Узбекистана. Выделяются два этапа их формирования, резко различающихся по физико-химическим условиям рудоотложения. На первом этапе происходят метасоматические преобразования дислоцированных пород в форме углеродного метасоматоза под воздействием сильно восстановительных флюидов мантийного происхождения с привнесом золота и других металлов в количествах, превышающих кларковые. На втором, собственно рудообразующем этапе, в результате 2–3-х кратной переработки сульфидизированных углеродистых пород возникали промышленные концентрации золота [4]; 4) *магматогенно-гидротермальная модель* является наиболее ранней и хорошо разработанной моделью. Она предполагает связь золотого оруденения с растворами магматического происхождения, источниками которых могли служить интрузии гранитоидов. Подобная связь предполагается для месторождений Бакырчикского района [5].

Уникальное по запасам золота месторождение Бакырчик является близким аналогом всемирно известного гиганта Мурунтау в Узбекистане и имеет много общих черт с ним в формировании промышленных золотых руд. Основная особенность становления месторождения – ремобилизация сингенетичного золота из черносланцевых углеродисто-аргиллит-алевролитовых отложений в основном процессе тектонометаморфического преобразования пород [6]. Оруденение на месторождении Бакырчик разведано на глубину 1000–1500 м, а рудолокализирующие структуры прослежены геофизическими методами до глубины 3 км, среднее содержание золота 9,4 г/т.

Бакырчикское рудное поле, включающее углеродисто-золотосульфидные месторождения Бакырчик, Большевик, Глубокий Лог, Промежуточное, Чалобай, Холодный Ключ и Сарбас, расположено на участке осложнения зон позднегерцинских коллизий симатических блоков и блоков тектонизированных офиолитов Зайсанской складчатой системы в соответствии с рисунком 1. Сложено каменноугольными морскими (C_3 - C_2b), прибрежно-морскими (буконьская свита C_2m) и континентальными (бакырчикская черносланцевая толща C_3) терригенными отложениями с несколькими стратоуровнями золотоносных углеродисто-алевролит-пелитовых горизонтов с сингенетичной золото-пиритовой минерализацией. Содержание золота в них на порядок выше фонового, а в бакырчикской черносланцевой толще 100-150 мг/т, органического вещества от 0,2 до 1,5-2,0%, в линзах антракосолита бакырчикской толщи достигает 26,5-54,1%. В алевролит-песчаных отложениях единичны горизонты туфов и покровы трахиандезитовых порфириров. Каменноугольные терригенные толщи прорваны одиночными штоками и многочисленными дайками плагиогранит-порфириров и диоритовых порфириров, образующих пояса северо-западного и субширотного простираций.

Осадочные отложения смяты основной складчатостью мезозонально-шовного типа в сжатые (северо-западной ориентировки) линейно вытянутые складки с широким развитием вязких разломов и зон кливажного течения пород. Они пересечены мощной (50–350 м) субширотной Кызыловской надвиговой зоной смятия, проявленной вдоль одиночного глубинного разлома верхнемезозонально-шовную зону наложенной складчатости. В лежащем боку и центральной её части развита система сближенных, полого падающих на север, вязких разломов, сопровождаемых наклонно лежащими сжатыми складками, послонным кливажированием и плейчатостью. Отмечается будинирование даек лампрофириров и прослоев песчаников, развитие складок нагнетания. В тектонически ослабленную Кызыловскую зону внедрена плагиогранит-гранодиоритовая интрузия кунушского комплекса (C_3 - P_1), выявленная геофизическими исследованиями на глубине 2–5 км и имеющая золото-мышьяково-редкометалльную специализацию (Au, As, Sb, W, Mo и др.). Именно вольфрам служит индикатором крупных месторождений золота в черносланцевых толщах [7]. Она сопровождается золото-кварцевожилыми проявлениями (Километровая, Золотая, Фабричная и др.), являющимися более поздними по отношению преобладающему углеродисто-золотосульфидному оруденению.

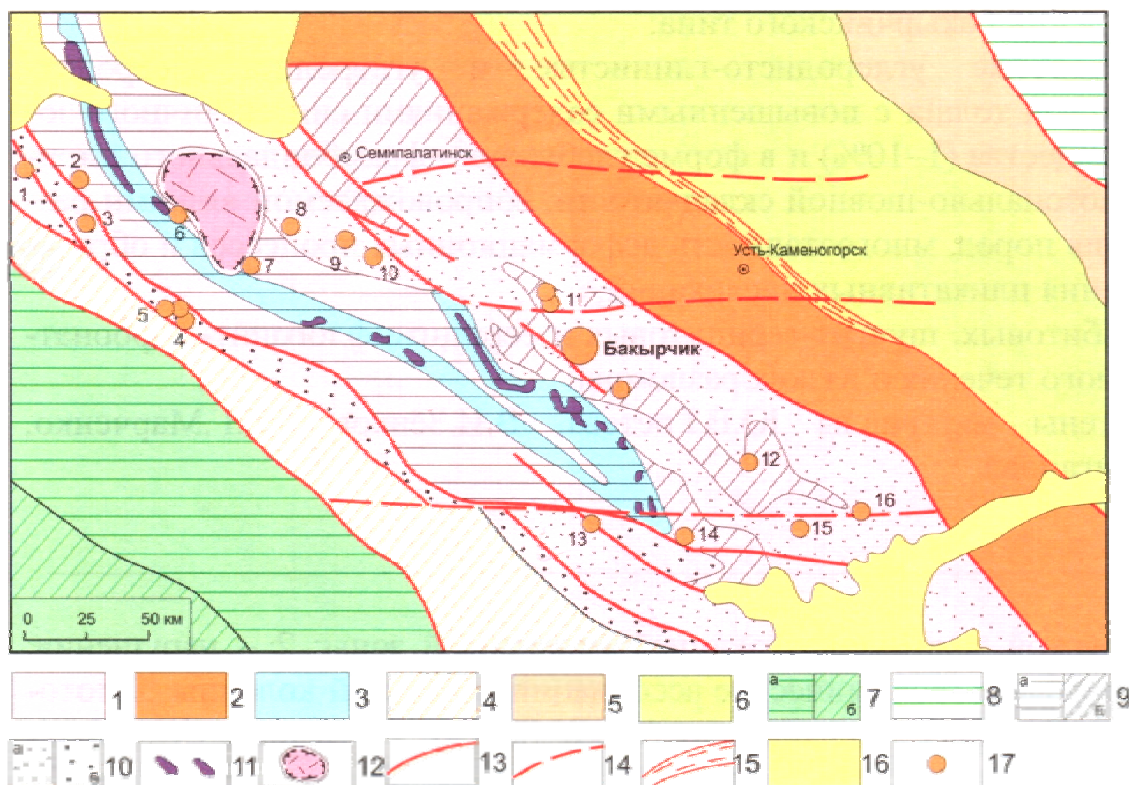


Рисунок 1 – Приуроченность Бакырчикского месторождения к участку осложнения зон поздне-герцинских коллизий симатических блоков Зайсанской складчатой системы.

1-6 – Зайсанская герцинская складчатая система: 1-2 – зоны пострифтовых коллизий блоков: 1 – симатических (Западно-Калбинский золоторудный углеродисто-терригенный пояс), 2 – сиалических (Калба-Нарымский танталово-вольфрамо-оловянный пояс), 3 – зона тектонизированных офиолитов Чарского позднедевонского рифта, 4 – зона энсиалических дуг (Жарма-Саурский золото-медно-никелево-редкометалльный пояс), 5-6 – зоны энсиалических дуг: 5 – ранней, D_1-D_2 и 6 – поздней, D_2-D_3 (Рудно-Алтайский полиметаллический пояс) стадий; 7-8 – каледонские складчатые системы: 7 – Чингиз-Тарбагатайская (зоны энсиалических островных дуг ранней, C_1-O_2 (а) и поздней, O_{1-2} (б) стадий), 8 – Горно-Алтайская (пассивная континентальная окраина); 9-12 – структуры Западно-Калбинского золоторудного пояса: 9 – области глыбовых (а) и конседиментационных раннеорогенных (б) поднятий, 10 – прогибы: а – орогенные молассовые (с редуцированным вулканизмом), б – вулканогенно-молассовые; 11 – ультрабазиты; 12 – наложенные континентальные вулканогенно-тектонические сооружения киммерийского рифтогенеза; 13 – глубинные разломы; 14 – скрытые субширотные разломы фундамента герцинид; 15 – Иртышская зона смятия; 16 – мезозой-кайнозойские отложения; 17 – золоторудные месторождения в углеродисто-терригенных толщах: 1 – Балтемир, 2 – Балдыколь, 3 – Кемпир, 4 – Алимбет, 5 – Жанан, 6 – Мираж, 7 – Суздальское, 8 – Мукур, 9 – Мукур Восточный, 10 – Кедей, 11 – Миялы, 12 – Сенташ, 13 – Васильевское, 14 – Балажал, 15 – Жумба, 16 – Кулуджун.

Figure 1 – The association Bakyrchik deposit to the site complications late Hercynian collision of blocks Zaisan fold system

Для месторождений характерен четкий структурный контроль золотого оруденения. Все рудные объекты углеродисто-золотосульфидного типа расположены в пределах Кызыловской зоны смятия и приурочены к узлам пересечения ею вязких разломов основной складчатости на рисунке 2. Рудные тела представлены субсогласно линзообразной формы. Они погружаются на север под углом $35-40^\circ$, вытягиваясь по падению Кызыловского надвига вдоль линий пересечения с вязкими нарушениями и зонами кливажного течения пород ранней складчатости. В частности, все золоторудные залежи месторождения Большевик контролируются областью сочленения Кызыловской зоны смятия с серией вязких разломов, развитых в осевых плоскостях тесно сжатых конгруэнтных складок. Длина рудных тел по простиранию не превышает 120 м, протяженность в направлении погружения превосходит 1200 м.

Структурный контроль оруденения подтверждается трассированием рудо локализирующих зон дислокаций вторичными комплексными и пометалльными ореолами рассеяния As, Sb, Mo, W, Au. Отмечается изменение состава типоморфной геохимической ассоциации по вертикали от Hg - Sb - Ag в

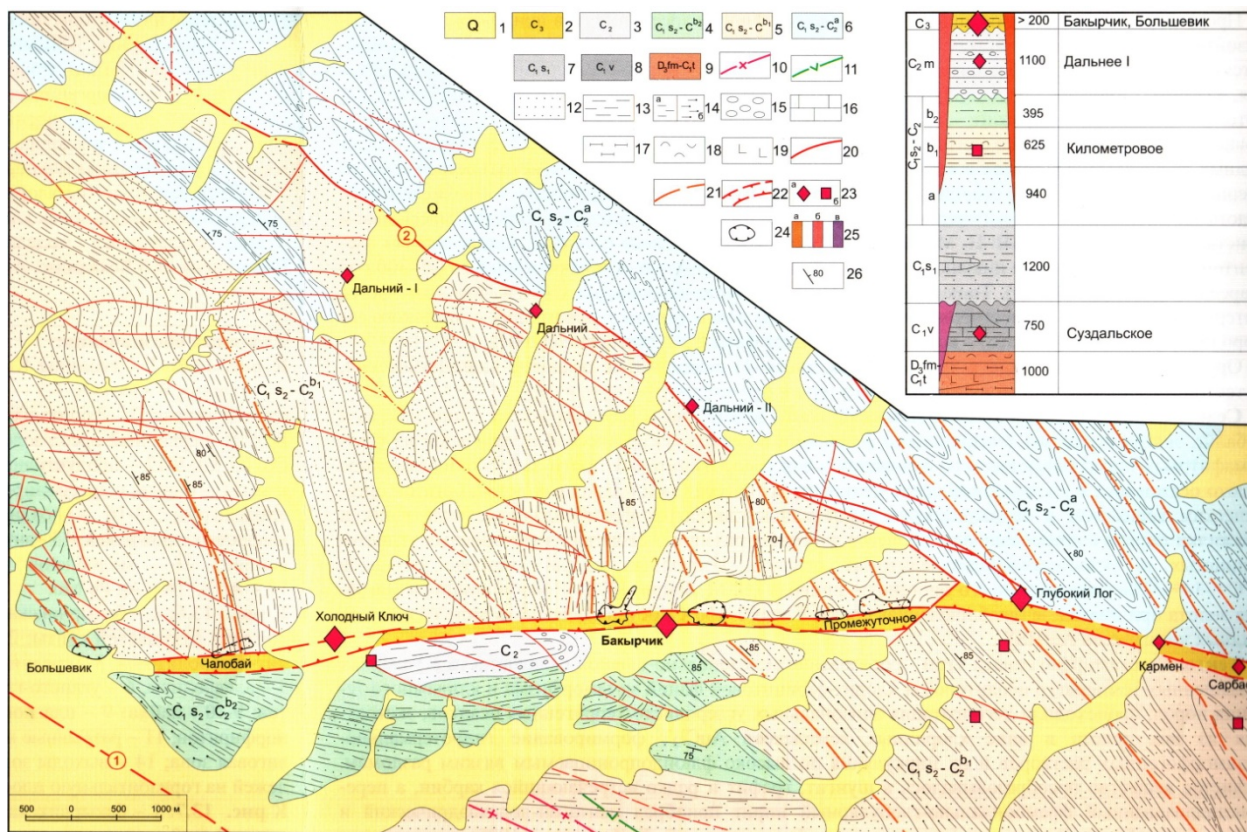


Рисунок 2 – Приуроченность золоторудных месторождений Бақырчикского рудного поля к участкам пересечения Кызыловской зоны смятия с вязкими разломами основной складчатости

1 – неоген-четвертичные осадки; 2 – бақырчикская черносланцевая толща C_3 ; 3 – буконьская конгломерат-песчаниковая свита C_2m ; 4-6 – пачки алевролит-песчаниковой толщи $C_1-S_2-C_2b$: 4 – верхняя пелит-алевролитовая, 5 – средняя алевролит-песчаниковая, 6 – нижняя песчаниковая; 7 – аганактинская алевролит-песчаниковая свита C_1S_1 ; 8 – опановская аргиллит-известняковая свита C_1v ; 9 – карабайская базальтово-кремнистая свита $D_3fm_2-C_1t$; 10, 11 – дайки: 10 – субщелочных гранит-порфиров и монзонит-порфиров, 11 – диабазов и диоритовых порфиров; 12-19 – разновидности пород: 12 – песчаники, 13 – переслаивание песчаников и алевролитов, 14 – алевролиты глинистые (а) и глинисто-углистые (б), 15 – конгломераты, 16 – известняки, 17 – фтаниты, 18 – туфы, 19 – базальты и андезиты; 20 – разломы (1 – Западно-Калбинский, 2 – Северо-Западный); 21 – вязкие разломы; 22 – Кызыловская надвиговая зона; 23 – месторождения углеводородно-золотосульфидного (а) и проявления золото-кварцевожильного (б) типов, 24 – золотодобывающие карьеры; 25 – интрузивные комплексы: а – габбро-монзонит-граносиенит-гранитпорфировый (семейтауский Т1), б – гранодиорит-плагигранитовый (C_3-P_1); в – протрузии ультрабазитов; 26 – элементы залегания пород.

Figure 2 – The association of gold deposits of Bakyrchik ore field to areas of intersection of the Kyzyl zone with viscous faults basic folding

приповерхностных горизонтах до $Mo - Bi - W - Be$ на глубине, что позволяет различать по соотношению элементов ($As/P, As/Pb, Mo$) подрудную, околорудную и надрудную зоны [8]. Наиболее контрастен коэффициент $v = Au/P, Cu, Pb, Mo$.

Превалирующими рудными минералами являются пирит и арсенопирит, в приповерхностных горизонтах отмечается антимонит, более редки марказит, халькопирит, пирротин, галенит. Различаются четыре разновозрастные парагенетические ассоциации - пирит-I - мельникит - марказитовая, золото-I - пирит-II - арсенопиритовая, золото-II - сфалерит - галенит - халькопиритовая и золото-III - антимонит - марказит - энаргитовая [10]. Золото в рудах в основном тонкодисперсное, находится в арсенопирите и пирите в виде тонких (0,1–5 микрон) каплевидных включений, дендритов и зерен. Видимое золото (десятые доли миллиметра) встречается по трещинкам в сульфидах и в ассоциации с антимонитом. Среди превалирующего тонкодисперсного золота выявлено три морфологических разновидности золотин – спутано-волокнистая, массивная и кристаллически-зернистая [11]. Золото высокопробное (95–98%). Типоморфным элементом-примесью является

никель. Повышенной никеленосностью отличаются пириты (20–300 г/т) и арсенопириты (32–145 г/т). Тонковолокнистое золото часто ассоциирует с бунзеитом, отмечается интерметаллид AuNi_2 . На месторождении установлены новые формы ультрамикроскопического самородного золота (нанозолото) – коллоидная и ионная фазы.

Исследованиями М. Г. Марченко золото установлено не только в сульфидах, но и в углеродистом веществе месторождений «черносланцевого» типа Казахстана, что повышает рудный потенциал этих объектов [12]. Были открыты нано- и микроформные минералы золота и платиноидов в сульфидах и углеродистом веществе, которые в химически связанном состоянии и заключены в определенные (фуллерено- и графеноподобные) наноструктурированные частицы, играющие ведущую роль в рудонакоплении и переносе рудных компонентов.

Оруденение сформировано в три основных этапа: 1) седиментный осадочно-диагенетический, 2) тектоно-метаморфогенный и 3) интрузивно-термально-метаморфогенный.

Седиментный осадочно-диагенетический этап – золото, как и ассоциирующие с ним никель и кобальт, экстрагировались ювенильными флюидами в период тектонической активизации из ультрамафитовых пород океанического основания и зон серпентинитовых протрузий. Мобилизованное золото осаждалось в илоподобной среде мелководных бассейнов и подводных дельт, богатой органическим веществом и сероводородом, развивались глобулярно-фрамбоидальные включения и прожилки пирита с образованием в процессе диагенеза ритмично-слоистых золотоносных углисто-глинистых и углисто-алевролит-пелитовых осадков. Изотопный состав углерода ритмитов $\delta^{13}\text{C} = -14 \div -31\%$ указывает на его биогенную природу (Н. М. Заири, 1978). Ремобилизация и миграция золота при диагенезе (слабощелочная среда, $T = 100\text{--}150^\circ\text{C}$) осуществлялась в виде гидросульфидных комплексов $\text{Au}(\text{HS})_2^-$.

Тектоно-метаморфогенный этап – образование мезозонально-шовной складчатости в условиях повышенных температур цеолитовой и хлорит-серицитовой фаций метаморфизма и кливажного течения пород, происходили дегидратация эпизональных углеродисто-терригенных осадков, экстракция из них золота в виде хлоридных комплексов AuCl_2 , формирование гидротермально-метаморфогенных растворов и их циркуляция по высоко флюидопроницаемым вязким разломам. Углистое вещество преобразовывалось в шунгит, графит и редко встречающийся карбин, а перекристаллизованный фрамбоидально-глобулярный пирит приобрел пентагон-додекаэдрический и кубический габитус. В этот этап (стресс-метаморфический, по В. Б. Чекваидзе, 1999) миграция метаморфогенных растворов сопровождалась рассеянной околоразломной серитизацией и проявлением кливажно-прожилкового окварцевания и образованием шунгито-серицитовых метасоматитов. Содержание углеродистого вещества в обрамляющих оруденение шунгитово-серицитовых метасоматитах и тектонитах – 13,4–15,2%. Ремобилизованное золото осаждалось на восстановительных геохимических барьерах, наиболее интенсивно на участках слияния разнонаправленных потоков гидротермально-метаморфогенных растворов, циркулировавших по вязким разломам основной складчатости и Кызыловской зоны смятия. Метаморфогенная природа новообразований подтверждается изотопами углерода шунгитов ($\delta^{13}\text{C} = -22 \div 26,8\%$), кислорода и углерода карбонатов ($\delta^{18}\text{O} = +12 \div +18\%$, $\delta^{13}\text{C} = -2,5 \div -10\%$). Температурный интервал метаморфогенного преобразования (по разнице $\Delta^{13}\text{C}$ графит - карбонат) составляет 200–250°C (Н. М. Заири, 1978). Преобладание в газовой фазе флюида азота, водорода, метана, диоксида углерода [13] обусловлено их формированием в процессе разложения органических, в том числе азотсодержащих соединений при тектонометаморфическом преобразовании пород.

Интрузивно-термально-метаморфогенный этап – ремобилизация сингенетического и гидротермально-метаморфогенного золота в ареалах воздействия интрузии и даек гранодиорит – плагиогранитового комплекса ($\text{C}_3\text{-P}_1$) и пироксеновых диабазов семейтауского интрузивного комплекса (T_1); транспортировка золота гидротермальными растворами по вязким нарушениям, образование золото-антимонит-энаргитовой парагенетической ассоциации с обогащением ранее образованных рудных залежей и сопровождающих их метасоматитов. В отличие от свинцов ранних руд абсолютный возраст свинцов флюидов интрузивно-термально-метаморфогенного этапа 300 ± 15 ($\text{C}_3\text{-P}_1$) и 230 ± 10 (T_{1-2}) млн. лет [14].

Основные индикаторы месторождений бақырчикского типа:

1. Золотоносные ритмично-слоистые углеродисто-глинистые и углеродисто-алевролит-пелитовые микрофации черносланцевой толщи с повышенными содержаниями сингенетического золота (10–150 мг/т), органического вещества (1–10%) и в форме глобулярно-фрамбоидального пирита.

2. Интенсивное проявление мезозонально-шовной складчатости, сопровождаемой вязкими разломами и зонами кливажного течения пород, многоэтапность деформационных процессов и образование гибридных структур пересечения пликативных дислокаций.

3. Широкое развитие хлорит-альбитовых, шунгит-серицитовых и серицито-флогопит-карбонатных метасоматитов в зонах кливажного течения и вязких разломов.

При составлении модели учтены материалы Ю. В. Гостева, В. И. Зенкова, Л. Г. Марченко, Е. Нусипова, В. Б. Чекваидзе, А. А. Шиганова.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Буряк В.А., Хмельевская Н.М. Сухой Лог – одно из крупнейших золоторудных месторождений мира (генезис, закономерности размещения оруденения, критерии прогнозирования). – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 156 с.

[2] Жаутиков Т.М., Фомичев В.И. Особенности формирования углеродисто-золотосульфидных месторождений Бақырчикского рудного поля // Труды 2 Международной научно-практической конференции “Проблемы рудных месторождений и повышения эффективности геологоразведочных работ”. – Ташкент, 2003. – С. 167-168.

[3] Буряк В.А. Метаморфогенно-гидротермальный тип золотого оруденения // Геология рудных месторождений. – 1975. – Т. 18, № 2. – С. 15-26.

[4] Иванкин П.Ф., Иншин П.В. О взаимодействии углерода и воды в петрогенезисе // Советская геология. – 1977. – № 1. – С. 35-46.

[5] Масленников В.В., Микитченко В.Я. О связи золотого оруденения в черносланцевых формациях с магматизмом (на примере Кызыловско-Эспинского рудного района) // Магматизм, флюиды и оруденение. – Изд-во Дальневост. Отд. АН СССР.

[6] Блюман В.А., Иванова В.П., Красавина Т.Н., Хорева Б.Я. Термический критерий уровня метаморфизма углеродсодержащих пород (на примере Западного Узбекистана) // Зап. Всес. минер. общества. – 1970. – Вып. 5. – С. 575-579.

[7] Рафаилович М.С., Шевкунов А.Г., Колоскова С.М., Ежков Ю.Б. Вольфрам как индикатор крупных месторождений золота в черносланцевых толщах.

[8] Нарсеев В.А., Уваров В.В. К геохимии золота терригенных пород // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. – Алма-Ата: ОНТИ Каз ИМС, 1977. – Вып. 7. – С. 18-47.

[9] Шиганов А.А. Геохимические поисково-оценочные критерии золоторудных месторождений Казахстана (методич. рекомендации). – М., 1985. – 122 с.

[10] Старова М.М. и др. Месторождение Бақыршик // В кн. Металлогения Казахстана. – Алма-Ата, 1980. – С. 52-61.

[11] Матвиенко В.Н. Типоморфизм самородного золота, особенности углеродистого вещества и кремнезема как индикаторы процессов образования золоторудных месторождений // Геология Казахстана. – 1994. – № 6. – С. 31-52.

[12] Нарсеев В.А., Гостев Ю.В., Захаров А.В. и др. Бақырчик (геология, геохимия, орудинение). – М., 2001. – 174 с.

[13] Marchenko L.G., Komashko L.V. The role of nanostructured particles and carbon films in accumulation of precious metals on deposits «black shale» type // Известия НАН РК. Сер. геологическая. – 2011. – № 5. – С. 76-85.

[14] Сыромятников Н.Г. Изотопно-свинцовый и радиологический методы при поисках и оценке масштаба рудных месторождений Казахстана // Геология Казахстана. – 2002. – № 3. – С. 20-39.

REFERENCES

[1] Burjak V.A., Hmel'evskaja N.M. Suhoj Log – odno iz krupnejshih zolotorudnyh mestorozhdenij mira (genezis, zakonomnosti razmeshhenija orudenenija, kriterii prognozirovanija). Vladivostok: Dal'nauka, 1997. 156 p.

[2] Zhautikov T.M., Fomichev V.I. Osobennosti formirovanija uglerodisto-zolotosul'fidnyh mestorozhdenij Bakyrchikskogo rudnogo polja // Trudy 2 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii “Problemy rudnyh mestorozhdenij i povyshenija jeffektivnosti geologorazvedochnyh rabot”. Tashkent, 2003. P. 167-168.

[3] Burjak V.A. Metamorfofogenno-gidrotermal'nyj tip zolotogo orudenenija // Geologija rudnyh mestorozhdenij. 1975. Vol. 18, N 2. P. 15-26.

[4] Ivankin P.F., Inshin P.V. O vzaimodejstvii ugleroda i vody v petrogenezise // Sovetskaja geologija. 1977. N 1. P. 35-46.

[5] Maslennikov V.V., Mikitchenko V.Ja. O svjazi zolotogo orudenenija v chernoslanцевых formacijah s magmatizmom (na primere Kyzyl'ovsko-Jespinskogo rudnogo rajona) // Magmatizm, fljuidy i orudenenie. Izd-vo Dal'nevost. Otd. AN SSSR.

[6] Bljuman V.A., Ivanova V.P., Krasavina T.N., Horeva B.Ja. Termicheskij kriterij urovnja metamorfizma uglerodsoderzhashih porod (na primere Zapadnogo Uzbekistana) // Zap. Vses. miner. obshhestva. 1970. Vyp. 5. P. 575-579.

[7] Rafailovich M.S., Shevkunov A.G., Koloskova S.M., Ezhkov Ju.B. Vol'fram kak indikator krupnyh mestorozhdenij zolota v chernoslanцевых tolshhah.

[8] Narseev V.A., Uvarov V.V. K geohimii zolota terrigennyh porod // Geologija, geohimija i mineralogija zolotorudnyh rajonov i mestorozhdenij Kazahstana. Alma-Ata: ONTI Kaz IMS, 1977. Vyp. 7. P. 18-47.

- [9] Shiganov A.A. Geohimicheskie poiskovo-ocenочnye kriterii zolotorudnyh mestorozhdenij Kazahstana (metodich. rekomendacii). M., 1985. 122 p.
- [10] Starova M.M. i dr. Mestorozhdenie Bakyrshik // V kn. Metallogenija Kazahstana. Alma-Ata, 1980. P. 52-61.
- [11] Matvienko V.N. Tipomorfizm samorodnogo zolota, osobennosti uglerodistogo veshhestva i kremnezema kak indikatory processov obrazovaniya zolotorudnyh mestorozhdenij // Geologija Kazahstana. 1994. N 6. P. 31-52.
- [12] Narseev V.A., Gostev Ju.V., Zaharov A.V. i dr. Bakyrchik (geologija, geohimija, orudinenie). M., 2001. 174 p.
- [13] Marchenko L.G., Komashko L.V. The role of nanostructured particles and carbon films in accumulation of precious metals on deposits «black shale» type // Izvestija NAN RK. Ser. geologicheskaja. 2011. N 5. P. 76-85.
- [14] Syromjatnikov N.G. Izotopno-svincovyj i radiologicheskij metody pri poiskah i oцenke masshtaba rudnyh mestorozhdenij Kazahstana // Geologija Kazahstana. 2002. N 3. P. 20-39.

З. Т. Умарбекова¹, К. Ш. Дюсембаева¹, К. Т. Кубашева²

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

БАҚЫРШЫҚ КЕН ОРНЫ ЖӘНЕ ҚАРА ТАҚТАТАС ҚАБАТЫ КЕНОРНЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСТЫРУ БОЙЫНША ТҮРЛЕРІ

Аннотация. Қара тақтатас типті Алтын кенорны қиын игерілгенмен орасан зор қорына ие. Осылайша, Ресейде алтынның түп қорларының басым бөлігі көміртек-терригенді кешендерінің салаларында табылады. Бұл кенорындар әр түрлі өлшемдегі нысандарымен ұсынылған - шағын бірегей үшін (Ресейде Олимпиада, Нежданинское, Наталкинское, Майское, Советское; Өзбекстанда Мұрұнтау, Қоқпатас, Зармитан, Дауғызтау, Амантайтау; Қазақстанда Бақыршық; Тәжікстанда Чоре; Қырғызстанда Кумтор; АҚШ-да Мазер Лод; Австралияда Бендиго, Олимпик Дэм).

Бақыршық кенорны Қалба ауданының негізгі Қызылды аймағының мыжылу белдемінің ендік құрылымын кесу арқылы, орналасқан. Жұқа реттілікпен Бөкен свитасы орта көмір жастағы көміртекті тақтатастармен, сазтастармен, құмайттастармен және құмтастармен кенделген. Таужыныстар қарқынды қабатталған, көміртекті заттар құрамы мен сульфидтері (5-10%) бар. Ең қанық алтыны бар сульфидтер (пирит және арсенопирит) карбонатты материалдың қатысуымен 0,2-0,4%-ға көміртекті материалдарды қамтитын сазтастарға толы. Кенді дене (20 метрге дейін) айтарлықтай кулисо тәрізді жүйесімен минералданған белдем аймағында ұсынылған. Кенді құрамы: пирит, арсенопирит, антимонит, алтын, марказит, халькопирит, пирротин, сұр кендері (теннантит және тетраэдрит), галенит, сфалерит, киноварь, таза күміс, кварц, карбонаттары. Алтынның құрамында пирит II пентагондодекаэдрлі әдеті және ине тәріздес арсенопириті болып табылады. Осы екеуінде де алтын сульфиді микроскопиялық және субмикроскопиялық түрінде кездеседі. Көміртегінің тікелей байланысы тек 0,2-1,5% интервалды құрамында орнатылған. Алтынның бормен, стронций және фосформен жағымды қарым-қатынасы көрсетілген. Кеннің кенорында алуан түрлі элементтер жиынтығы бар: алтын, күміс, қорғасын, мырыш, мыс, кобальт, никель, молибден, күшәла, фосфор, бор, стронций. Күшәланың кендік құрамы 0,3-1,5%. Жарылымға дейінгі аудан дислокация-термиялық метаморфизмге бірнеше конверсиялық сингенетикалық седиментогендік алтыны бар материалмен минералданып, күрделі полигендік немесе табиғаттағы алтын-сульфид типті түрі болып табылады. Қорлары жағынан бірегей болып табылады.

Түйін сөздер: алтын, көміртект тақтатас, пирит, арсенопирит, қалыптасу, кенорын.

Сведения об авторах:

Умарбекова Замзагуль Тлеухановна – Ph.D., 1 курс по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Дюсембаева Куляш Шарановна – кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор кафедры ГРМ и ПИ

Кубашева Кымбат – магистратура, 1 курс специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 31 – 36

N. K. Kudaybergenova, M. M. Stetsyura, O. S. Fazylova, V. A. Semashko

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

COPPER-BEARING MINERAL CUPRITE IN THE DEPOSITS OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article brings the most complete data on the prevalence, paragenetic associations, morphology, physical and optical properties, composition and structure of copper-bearing mineral cuprite at the various deposits of Kazakhstan concerning their genetic types. It is cited short review about a history of discovery and study this mineral. The most amount of cuprite characterizes the zone of oxidation of rhenium-zinc-lead-copper (so named copper sandstone) formation. This formation includes such well-known copper and copper-sulphide deposits as Jezkazgan, Jilandy, Sharykty, Aksu, Kenen and others. According to data of T. A. Satpayeva, the mineral was determined in the oxidation' zone all over Jezkazgan's deposit, having associated at various sectors with native copper, nantokite, atacamite, malachite, azurite, antofagastite, botallackite, chrysocolla, goethite, cerussite, anglesite and others minerals. F. V. Chuhrov had marked here 3 genetic types of the mineral: 1) cuprite, formed on the score of chalcozine' oxidation; 2) cuprite, substituted for native copper; 3) cuprite, fallen out of solutions in the form of mono-crystals.

The forms of cuprite are various: crystals, needle-like inclusions, but mostly – grainy and earthy aggregates.

Cuprite is used together with other copper-bearing minerals as copper ore, thou its independent importance is not large, for in spite of wide prevalence, cuprite do not forms great accumulations.

The material is prepared on the basis of actual data of scientists-geologists' investigations with our editorial additions and photographs of the mineral from the unique Jezkazgan' collections of T. A. Satpayeva and R. B. Aubaikirova (The Geological scientific and systematized collection fund of LTD “K. I. Satpayev Institute of geological sciences”, the former Geological scientific-research museum of the Institute).

Key words: cuprite, mineral, native copper, malachite, azurite, chalcozine, ore, formation, paragenetic association, deposit, content, aggregate, zone of oxidation.

УДК 549.518.1

Н. К. Кудайбергенова, М. М. Стецюра, О. С. Фазылова, В. А. Семашко

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

МЕДЬСОДЕРЖАЩИЙ МИНЕРАЛ КУПРИТ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КАЗАХСТАНА

Аннотация. Наиболее полно приведены данные по парагенетическим ассоциациям, морфологии, физическим, оптическим свойствам, составу и структуре медьсодержащего минерала куприта на месторождениях различных генетических типов Казахстана. Материал подготовлен по результатам фактических данных научных исследований ученых-геологов с нашими редакционными дополнениями и фотоснимками минерала из уникальных коллекций месторождения Жезказган Т. А. Сатпаевой и Р. Б. Аубакировой из коллекционного

научно-систематизированного каменного фонда ТОО «Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева» (ранее Геологический научно-исследовательский музей ИГН им. К. И. Сатпаева).

Ключевые слова: куприт, минерал, самородная медь, малахит, азурит, халькозин, руда, формация, парагенетическая ассоциация, месторождение, содержание, агрегат, зона окисления.

Введение. «Недра, богатые полезными ископаемыми, являются естественным природным преимуществом государства и должны служить для обеспечения благосостояния народа» (Концепция развития геологической отрасли Республики Казахстан до 2030 г.).

Общее содержание меди в земной коре сравнительно невелико и составляет 0,01 вес. %, а символ Cu происходит от латинского *aes cuprium* (позднее *Cuprum*), так как именно на Кипре (*Cyprus*) находились медные рудники древних римлян. В природе в настоящее время известно около 200 соединений меди (самородная медь встречается очень редко), но промышленное значение имеют немногие из них. Обычно элемент находится в виде сульфида, оксида или карбоната. И главными минералами меди заслуженно считаются халькопирит (так называемый медный колчедан), борнит, халькозин, малахит и, наконец, куприт. Этот последний минерал благодаря особым химическим свойствам дает наибольший выход меди при его промышленном использовании. Добыча куприта была и остается рентабельной и осуществляется во многих регионах нашей планеты. Крупные месторождения минерала отмечены на территории Чили, США, Перу, Намибии, Заира, Франции, России, Казахстана и др.

Интересно, что исследования минерала куприта растянулись не на одно столетие. Еще в 1546 году минерал в виде землистых агрегатов под названием «красная медь» был описан Георгом Агриколой. В 1758 г. шведский минералог А. Кронстедт назвал буровато-красные выделения куприта «медной печеновой рудой». В 1783 г. французский кристаллограф Ж. Б. Роме-де-Лиль, изучавший кристаллы из Корнуолла (Великобритания) и Баната (Румыния), составил первое подробное описание минерала. В течение ещё почти полувека рядом ученых-минералогов куприту присваивались разные названия: «красное медное стекло» (русский академик П. Паллас, 1793 г.), «медная кирпичная руда» («отец описательной минералогии» А.Г. Вернер, 1817 г.), «руберит» (канадский минералог Э. Дж. Чепмен, 1843 г.), «рубиновая медь», «октаэдрическая медная руда» и др. Здесь следует отметить, что во всех названиях отмечались в первую очередь содержание меди и характерный цвет. И только в 1845 году австрийский минералог и физик В. Хайдингер при описании этого минерала присвоил ему современное название «куприт» Cu_2O – от латинского *cuprum* – медь [1].

В Казахстане куприт – один из широко распространённых минералов медьсодержащих месторождений. Наиболее развит минерал в зоне окисления месторождений рениево-цинково-свинцово-медной (медисто-песчанниковой) формации, включающей известные стратиформные медные и медно-сульфидные месторождения и рудопроявления (Жезказган, Жиланды, Шарыкты, Аксу, Кенен и др.) (рисунки 1, 2).

На месторождении Жезказган максимальные скопления куприта наблюдаются в зоне богатых окисленных руд, где с другими сопутствующими минералами он занимает значительное место в общих запасах месторождения. Однако к зонам выщелоченных руд его количество постепенно уменьшается. По данным Т. А. Сатпаевой (ИГН им. К. И. Сатпаева), минерал установлен в зоне окисления всех рудоносных участков месторождения Жезказган. Значительные количества куприта отмечались на Беловском участке в ассоциации с самородной медью, нантокитом, атакамитом, антофагаститом и боталлакитом. На Златоустовском участке он был встречен с самородной медью, атакамитом, малахитом. На Никольском участке куприт ассоциирует с самородной медью, брошантитом, малахитом, хризоколлой, церусситом, англезитом, линаритом и биверитом. На Карпиенско-Анненском участке он наблюдался в комплексе с брошантитом, малахитом, азуритом, хризоколлой, гематитом, гётитом и гидрогётитом. В ассоциации с малахитом, азуритом, брошантитом минерал был встречен на участке Крестовский. На поверхности самородной меди минерал слагает мелкокристаллическую сыпь (0,1–0,2 мм), а также агрегаты кристаллов (до 0,7 см). На куприте в свою очередь развит малахит в виде тонких налётов и корок. С атакамитом он встречен в кварцевых прожилках, в которых скопления атакамита заполняют промежутки между его зёрнами. Сплошные криптокристаллические выделения минерала развиты в виде прожилков и



Рисунок 1 – Куприт мелко-тонкозернистый. Месторождение Жезказган. Из колл. Т. А. Сатпаевой. № 134/2. 1944 г. Разм. обр. 6,0x7,5 см

Figure 1 – Fine grainy cuprite. Jezkazgan. Collection of T. A. Satpayeva. № 134/2. 1944 y. Size 6,0x7,5 cm



Рисунок 2 – Куприт землистый. Месторождение Жезказган. Из колл. Р. Б. Аубакировой. № 58/1218. 1962 г. Разм. обр. 7,0x12,5 см

Figure 2 – Earthy cuprite. Jezkazgan. Collection of R. B. Aubakirova. № 58/1218. 1962 y. Size 7,0x12,5 cm

неправильных агрегатов в пустотах песчаника. Редко был встречен в массе элита и малахита. Землистые массы куприта в виде кирпично-медной руды, пропитывающие песчаник, заполняют трещины и пустоты пород [2].

По генетическому признаку в Жезказгане Ф. В. Чухров выделил три типа куприта: 1) куприт, образованный за счет халькозина; 2) куприт, заместивший самородную медь; 3) куприт, отложившийся из растворов в виде монокристаллов [3].

На месторождении Босшаколь платиноидно-рениево-молибденово-медной формации куприт – один из второстепенных минералов зоны гипергенеза [4]. Выходы медных руд на поверхность приурочены к западной части месторождения в виде полосы шириной от 100 до 700 м. На месторождении отчётливо отмечается вертикальная зональность: зоны окисления, выщелачивания, вторичного сульфидного обогащения и первичных руд. Наиболее высоким содержанием меди отличаются зона окисления и зона вторичного обогащения.

Месторождения золото-молибденово-медной формации (Аяккожан, Кожаншат IV, Миялы и др.) характеризуются незначительным проявлением куприта. Он образуется по халькозину как неустойчивый промежуточный продукт, в ассоциации с самородной медью и замещается малахитом [4].

На рудных участках рениево-золото-молибденово-медной формации (Конырат, Коксай, Шатырколь и др.) куприт является также редким минералом. На месторождении Шатырколь отмечается развитие куприта и самородной меди в интервалах, промежуточных между областью слабого вторичного сульфидного обогащения и преобладающего развития карбонатов и силикатов меди с гидроокислами железа. Он является второстепенным минералом и ассоциирует, кроме самородной меди, с сапонитом и теноритом. В зоне окисления месторождения Коксай из собственно медных минералов, кроме куприта, развиты хризоколл, азурит, планшеит, биксбиит, хиггинсит, халькофиллит и самородная медь [4, 5].

На месторождениях железо-молибденово-медной формации (Александровское, Алмалы, Каскырмазган, Караша и др.) минерал также редок. По данным Н. М. Митряевой и З. А. Козловской (ИГН им. К. И. Сатпаева), на месторождении Алмалы отмечался в следующих парагенетических ассоциациях: халькозин–куприт–самородная медь; медная смоляная руда и халькозин–куприт–атакамит; халькозин–куприт–малахит. В малахите, наиболее широко распространенном на месторождении, куприт присутствует в виде мелких (2,0–3,0 мм) гнезд. В зоне окисления Караша минерал, по данным А. М. Мысник и Т. С. Силюк, образует вкрапленность и мелкие гнездовидные скопления

в окварцованных сланцах в ассоциации с гидроокислами железа и марганца, азуритом, малахитом, реже хризоколлой [4, 6]. Образование куприта на всех рудопроявлениях формации связано, как на многих других медных объектах, с ранней стадией формирования зоны окисления.

Минерал на рудопроявлениях мышьяково-кобальтово-золото-молибденово-медной формации (Саякская группа месторождений) является второстепенным, и его редкие включения отмечаются в массе более поздних минералов зоны окисления – малахите, азурите и др.

На месторождениях серебряно-медной формации (Айская, Анненская группа, а также объекты Шолактуз-Актасского участка) куприт с самородной медью и теноритом образует гнездовые и вкрапленные скопления. Наблюдается замещение малахитом и азуритом. На Анненском участке он замещает самородную медь, и при полном окислении медных минералов пустотки выполняются сфероидально-волокнистым малахитом [4].

На рудных объектах золото-медно-молибденово-свинцово-цинковой формации (Кызылэспе, Каратас I–V, Кокзабой, Коскудук, Кокзабой Медный, Сокуркой и др.) куприт относится к группе второстепенных минералов. На участке Каратас I незначительные находки минерала отмечаются в ассоциации с самородной медью. Наиболее крупные его скопления (гнезда ~ 3x5x7 см) в ассоциации с малахитом и хризоколлой наблюдаются в зоне окисления Медного Кокзабоя.

Куприт является одним из распространённых минералов зоны окисления не только медьсодержащих, но и полиметаллических месторождений. В Рудноалтайской зоне Казахстана он был установлен во многих месторождениях: Николаевское, Орловское, Тишинское, Белоусовское, Иртышское, Греховское, Зырянское и др. Куприт почти на всех этих объектах приурочен к зонам охристых и сажистых руд. Наиболее же характерными для него ассоциациями являются: 1) куприт – малахит, азурит; 2) барит – халькопирит – куприт, лимонит – азурит – малахит; 3) халькозин – куприт – самородная медь – малахит; 4) кварц – пирит, халькопирит – халькозин – кристаллический куприт, самородная медь – тенорит, малахит; 5) кварц – куприт – малахит; 6) куприт I – смитсонит – самородная медь – куприт II, лимонит – малахит – церуссит; 7) первичные сульфиды – механическая смесь карбонатов и сульфатов Pb, Zn, Cu и Fe – монгеймит – куприт – смитсонит – малахит – церуссит – серебро; 8) ярозит – церуссит – самородная медь – куприт – малахит, азурит; 9) кварц – куприт – атакамит – малахит, азурит. Анализируя приведённые ассоциации, Г. П. Болгов сделал вывод о природе образования куприта путем окисления халькозина, не исключая возможность варианта медленного окисления самородной меди. Конечным продуктом его парагенетического ряда на этих объектах являются малахит, реже азурит [7].

На месторождениях баритово-медно-свинцово-цинковой формации Центрального (Жайрем, Кайракты, Карагайлы и др.) и Южного (Шалкия, Туюк, Жанаарасан, Текели, Бадам и др.) Казахстана куприт редок. В Карагайлы и Кайракты установлены микроскопически тонкие нитевидные жилки с теноритом в первичных (халькопирит) и вторичных (халькозин) сульфидных рудах [8]. На участках Туюк, Шиналысай и Сарытау куприт развит в виде мелких зерен (0,01–0,1 мм) с самородной медью в халькопирит-борнитовой руде [9]. В Комурши минерал в виде землистых агрегатов тёмно-красновато-бурого цвета развит с гидрогётитом. В месторождениях Текелийской зоны (Коксу, Пасечное) куприт установлен в нескольких образцах в виде мелких зёрнышек в тесной ассоциации с самородной медью и малахитом [10]. На месторождениях Кумыстинского рудного поля (Большой Каратау) он является весьма распространённым минералом, встречается в ассоциации с самородной медью, теноритом, делафосситом, гидроокислами железа, малахитом, азуритом [11].

На месторождении Абаил рениево-молибденово-железо-марганцево-баритово-фосфорнованадиевой формации куприт отмечен в кавернозных гидрогётитовых рудах в ассоциации с гидрогётитом, гётитом, турьитом, кальцитом, реже псиломеланом, пиролюзитом, арагонитом, скородитом [12]. На месторождениях медно-свинцово-цинково-висмутово-молибденово-вольфрамовой формации (Байназар) установлен в ассоциации с другими гипергенными минералами: лимонитом, ярозитом, гидрогематитом, малахитом, ковеллином, купротунгститом и др. [11].

Формы образования куприта разнообразны: кристаллические, зернистые и землистые агрегаты, пористые и игольчатые выделения. Кристаллы обычно октаэдрического, реже додекаэдрического или кубического облика. Одиночные кристаллы с хорошо выраженными гранями

встречаются редко. Размеры их обычно не превышают десятых долей сантиметра. По данным П. В. Еремеева (Еремеев, 1812), на Зырянском месторождении находили кристаллы размером до 1,0 см, позже на Николаевском месторождении К. П. Януловым были установлены октаэдры размером до 2,0 см [7]. Куприт на месторождении Шатырколь в форме мельчайших октаэдров встречен на поверхности сапонита. Однако чаще он образует зернистые и землистые агрегаты, развитые на поверхности халькозина, дендритов самородной меди и др. (Жезказган, Алмалы, Шатырколь и др.). На алтайских месторождениях куприт встречается также в форме кирпичной медной руды, которая представляет собой плотный натечный агрегат, состоящий из порошковидной механической смеси с гидроокислами железа, глиной, кальцитом и др. [5, 7].

Цвет куприта в кристаллических зернистых агрегатах красный, рубиново-красный, темно-красный, до серовато-красного. Неизменные кристаллы полупрозрачны и просвечиваются рубиново-красным цветом. Выветрелые кристаллы стально-серые, темно-бурые. Цвет плотных землистых агрегатов буровато-красный, красно-бурый, непрозрачный. Блеск алмазный до матового. Плотность в зависимости от примесей от 5,82 до 6,3. Твёрдость минерала колеблется в пределах от 3,5 до 4, алтайских кристаллических купритов 3,78–4,48 [7].

В полированных шлифах в отраженном свете минерал беловато-серого цвета с голубоватым оттенком. Внутренние рефлексы красные.

Теоретический химический состав куприта: Cu_2O – 100; Cu – 88,82. На месторождении Зырянское химический состав минерала следующий (мас.%): SiO_2 – нет, Fe_2O_3 – 0,40, Al_2O_3 – 2,20, PbO – нет, ZnO – нет, BaO – нет, MgO – 0,30, Cu_2O – 95,50, Ag – 0,04. Спектроскопически в купритах Рудного Алтая отмечены в незначительных количествах Al, Si, Zn, Pb, Ag, Ca, Mg, Mn и Fe. В Медном Кокзобое в минерале установлены (%): Cu \geq 1,0; Pb < 0,01; Zn < 0,01; Ag \geq 0,005; Mo > 0,001; Ti – 0,005; Mn – 0,002; Al – 0,03; Mg – 0,01; Si – 0,2. Такие элементы, как Pb, Zn, Ag – свойственны первичным рудам. Примесь Al, Mg, Si, Ti – объяснима механическим загрязнением пробы минералами вмещающих пород [7].

Спектральным анализом в куприте месторождения Жезказган определены (%): Pb – 0,0001; Ag – 0,002; также V – сл; Ti – сл; Fe [13].

По данным рентгеноструктурного анализа, его основные линии межплоскостных расстояний соответствуют: 3,00 (4-1); 2,46 (10); 2,13(6-8); 1,518 (9); 1,28 (10); 1,23 (2) и близки к эталонным [13, 14].

Образование минерала в медных и медьсодержащих месторождениях Казахстана в основном происходит за счет окисления халькозиновых руд. Он может также образоваться путем медленного окисления самородной меди. Куприт неустойчив. На поздних стадиях формирования зон окисления замещается другими гипергенными минералами. При повышенной концентрации углекислоты в растворах он переходит в малахит, реже азурит (известны «медные рогульки» из Николаевского месторождения – псевдоморфозы малахита по куприту). В восстановительных условиях по нему развивается самородная медь. Очень редко отмечается замещение куприта теноритом, атакамитом и другими гипергенными минералами.

Разновидности: халькотрихит, гидрокуприт.

В экспозиции коллекционного научно-систематизированного каменного фонда ТОО «Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева» (ранее Геологический научно-исследовательский музей ИГН им. К. И. Сатпаева) демонстрируется уникальная коллекция куприта из месторождения Жезказган, переданная Т. А. Сатпаевой, М. К. Сатпаевой и Р. Б. Аубакировой (ИГН им. К. И. Сатпаева) и представленная мелко-тонкозернистыми агрегатами, землистыми массами, кристаллами додекаэдрических и кубических форм размером до 2 см и их сростками, а также темно-бурой сыпью минерала на поверхности самородной меди.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кантор Б.З. Минералы. – М.: Хоббикнига: АСТ-пресс, 1995. – 192 с.
- [2] Сатпаева Т.А. Рудообразующие минералы Джезказганского месторождения. – Алма-Ата: Наука, 1949. – 137 с.
- [3] Чухров Ф.В. Рудные месторождения Джезказганско-Улутавского района в Казахстане. – М.: Изд-во АН СССР, 1940. – 118 с.
- [4] Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд меди. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 192 с.

- [5] Нарвайт Г.Э., Розина Б.Б. Зона гипергенеза Чатыркольского месторождения // Тр. Минералогия и геохимия Центрального Казахстана и Алтая. – Алма-Ата: Наука, 1971. – С. 84-98.
- [6] Медно-порфировые месторождения. Серия: Балхашский сегмент. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 200 с.
- [7] Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. – Алма-Ата: Наука, 1957. – Т. II. Галогениды, окислы, кислородные соли. – С. 39-55; 68-69; 72-86.
- [8] Фурсова М.З. Минералогия зоны окисления скарново-барито-полиметаллического месторождения Карагайлы // Минералогия и геохимия рудных месторождений Казахстана (полиметаллы): Тр. ИГН им. К.И. Сатпаева АН КазССР. – Алма-Ата: Наука, 1966. – С. 106-133.
- [9] Геология и минералогия полиметаллических и медных месторождений Южного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1968. – 192 с.
- [10] Вейц Б.И. Минералогия главнейших месторождений и рудопоявлений Текелийской зоны Джунгарского Алатау. – Алма-Ата: Наука, 1972. – 136 с.
- [11] Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд свинца и цинка. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 266 с.
- [12] Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения железа и марганца. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 208 с.
- [13] Аубакирова Р.Б. Зона окисления Джекказгана // Сб. Новое в исследованиях руд Джекказгана. – Алма-Ата: Наука, 1970. – С. 48-86.
- [14] Михеев В.И. Рентгеноструктурный определитель минералов. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 868 с.

REFERENCES

- [1] Kantor B.Z. Mineraly. M.: Hobbikniga. AST-press, 1995. 192 p. (in Russ.).
- [2] Satpayeva T.A. Rudobrazujushhie mineraly Dzhezkazganskogo mestorozhdenija. Alma-Ata: Nauka, 1949. 137 p. (in Russ.).
- [3] Chuhrov F.V. Rudnye mestorozhdenija Dzhezkazgano-Ulutavskogo rajona v Kazahstane. M.: Izd-vo AN SSSR, 1940. 118 p. (in Russ.).
- [4] Metallogenija Kazahstana. Rudnyje formacii. Mestorozhdenija rud medi. Alma-Ata: Nauka, 1978. 192 p. (in Russ.).
- [5] Narvajt G.E., Rozina B.B. Zona gipergeneza Chatyrkol'skogo mestorozhdenija. Tr. Mineralogija i geohimija Central'no-go Kazahstana i Altaja. Alma-Ata: Nauka, 1971. P. 84-98. (in Russ.).
- [6] Medno-porfirovye mestorozhdenija. Serija: Balhashskij segment. Alma-Ata: Nauka, 1986. 200 p. (in Russ.).
- [7] Mineralogija polimetallicheskih mestorozhdenij Rudnogo Altaja. Alma-Ata: Nauka, 1957. Vol. II. Galogenidy, okisly, kislородnye soli. P. 39-55; 68-69; 72-86 (in Russ.).
- [8] Fursova M.Z. Mineralogija zony okislenija skarnovo-barito-polimetallicheskogo mestorozhdenija Karagajly. Mineralogija i geohimija rudnyh Mineralogij Kazahstana (polimetally): Tr. IGN im. K. I. Satpayeva AN KazSSR. Alma-Ata: Nauka, 1966. P. 106-133. (in Russ.).
- [9] Geologija i mineralogija polimetallicheskih i mednyh mestorozhdenij Juzhnogo Kazahstana. Alma-Ata: Nauka, 1968. 192 p. (in Russ.).
- [10] Vejс B.I. Mineralogija glavnejshih mestorozhdenij i rudoprojavlenij Tekelijskoj zony Dzhungarskogo Alatau. Alma-Ata: Nauka, 1972. 136 p. (in Russ.).
- [11] Metallogenija Kazahstana. Rudnye formacii. mestorozhdenija rud svinca i cinka. Alma-Ata: Nauka, 1978. 266 p. (in Russ.).
- [12] Metallogenija Kazahstana. Rudnye formacii. Mestorozhdenija zheleza i marganca. Alma-Ata: Nauka, 1982. 208 p. (in Russ.).
- [13] Aubakirova R.B. Zona okislenija Dzhezkazgana. Sb. Novoe v issledovanijah rud Dzhezkazgana. Alma-Ata: Nauka, 1970. P. 48-86. (in Russ.).
- [14] Miheev V.I. Rentgenostrukturnyj opredelitel' mineralov. M.: Gosgeoltehzdat, 1957. 868 p. (in Russ.).

Н. Қ. Құдайбергенова, М. М. Стецюра, О. С. Фазылова, В. А. Семашко

Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар Институты, Алматы, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАН КЕН ОРЫНДАРЫНДАҒЫ МЫС ҚҰРАМДЫ МИНЕРАЛ КУПРИТ

Аннотация. Мақалада ең толы Қазақстанның әртүрлі кен орындарында куприттің парагенетик ассоциациялары, морфологиясы, физикалық және оптикалық қасиеттерінің, құрамы және құрылымы туралы негізгі мағлұматтар келтірілді. Бұл материал ғалымдарың-геологтарының зерттеулерінің базасында дайындалған, материалда біздің редакциялық қосымшаларымыз және куприттің сұреттері Т. А. Сәтбаеваның және Р. Б. Аубакированың коллекцияларынан келтірілген («Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты» ЖШС-дегі геологиясының ғылыми-жүйеленген коллекция қоры, бұрынғы институттың ғылыми-зерттеу геологиялық мұражайы).

Түйін сөздер: куприт, минерал, сомтума мыс, малахит, азурит, халькозин, кен, формация, парагенетик ассоциация, кен орын, қосынды, агрегат, тотығу белдемі.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 37 – 45

A. O. Baisalova¹, A. V. Dolgoplova², R. Seltmann², A. V. Stepanov¹, G. K. Bekenova¹¹Satpaev institute of geological sciences, Almaty, Kazakhstan,²Natural History Museum, London, Great Britain.

E-mail: baisalova73@mail.ru

**VARIATIONS OF CHEMICAL COMPOSITION OF GAGARINITE
FROM THE VERKHNEE ESPE DEPOSIT,
AS INDICATOR OF MINERAL FORMING CONDITIONS
AND POSITION IN METASOMATIC COLUMN**

Abstract. We describe physical and optical properties of gagarinite $\text{NaCa}(\text{Y,REE})\text{F}_6$. The chemical composition of gagarinite from different locations within the Verkhnee Espe rare-metal deposit and from point of mineralization of the Zailiisky Alatau (28 analyses) is provided. Due to partial change in the valence of yttrium and REEs, *apfu* of the elements was used to quantify concentrations. The even-numbered REEs, including cerium, neodymium, samarium *etc.*, are constantly present in the composition of gagarinite. From the odd-numbered REEs, praseodymium, terbium, holmium *etc.* were identified. The ratio of FU of yttrium and the sum of FU of rare earths in gagarinite from different locations were analysed. Variations in the chemical composition of gagarinite allow estimation of the relative location within the metasomatic column.

Key words: gagarinite, albitite, yttrium, rare-earth element (REE), metasomatic process, chemical composition, electron-probe analysis.

УДК 552.54

A. O. Байсалова¹, A. В. Долгополова², R. Seltmann², A. В. Степанов¹, Г. К. Бекенова¹¹Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,²Музей Естественной Истории, Лондон, Великобритания**ВАРИАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГАГАРИНИТА
ВЕРХНЕЭСПИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, КАК ИНДИКАТОР
УСЛОВИЙ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ
В МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ КОЛОНКЕ**

Аннотация. Дано описание физических и оптических свойств гагаринита $\text{NaCa}(\text{Y,REE})\text{F}_6$. Приведен химический состав гагаринита из разных мест Верхнеэспинского редкометального месторождения и точки минерализации Зайлийского Алатау (28 анализов). В связи с возможной частичной переменной валентности иттрия и других редкоземельных элементов в составе гагаринита для оценки их количественного содержания использован формульный коэффициент (ФК) элементов. В составе гагаринита постоянно присутствуют преимущественно четные редкоземельные элементы: церий, неодим, самарий и др.; из нечетных встречены празеодим, тербий, гольмий и др. Проанализировано соотношение формульного коэффициента иттрия к сумме формульного коэффициента редких земель гагаринита из разных мест. На основе вариаций химического состава минерала определялось его относительное место в соответствующих метасоматических колонках.

Ключевые слова: гагаринит, альбитит, иттрий, РЗЭ, метасоматический процесс, химический состав, электроннозондовый микроанализ.

Гагаринит $\text{NaCa}(\text{Y,REE})\text{F}_6$. Сложный фторид редких земель, кальция и натрия. Обнаружен А. В. Степановым в 1958 г. [1] и был условно назван накалифитом по составу, согласно имевшимся в то время первым анализам. В 1961 г. после уточнения химического состава минерал получил свое окончательное название в честь первого летчика-космонавта Ю. С. Гагарина.

Гагаринит, один из распространенных на месторождении минералов редких земель, концентрирует в себе заметную долю иттрия и редкоземельных элементов (РЗЭ). Минерал встречается в пегматоидных телах, в сильно катаклазированных кварцевых жилах, блоковом пегматоидном кварце (рисунок 1а) и сопровождающих его альбититах, в метасоматических породах экзоконтакта в шлирах и полосах гранитов, обогащенных рибекитом, эгирином, эльпидитом и, даже в «обычных» альбитизированных гранитах, вблизи пегматитовых жил. В пегматитах гагаринит образует шестигранные призматические кристаллы (рисунок 1б) размером до 3x15 см, прорастающие кварц или полевые шпаты и роговые обманки. В альбититах он чаще ксеноморфен, но изредка встречаются мелкие призмочки. В метасоматитах обычно ксеноморфен. В пегматоидном блоковом кварце гагаринит обычно распределяется вдоль трещинных зон. Несмотря на идиоморфизм его выделений в блоковом кварце очень редки формы с правильно ограниченными головками. Обычно это клиновидные или футлярообразные призмы (рисунок 1б), иногда с кварцевыми сердечниками. Сравнительно хорошо образованные шестигранные призмы с тупыми бипирамидами на концах встречены пока лишь в блоковом микроклине.

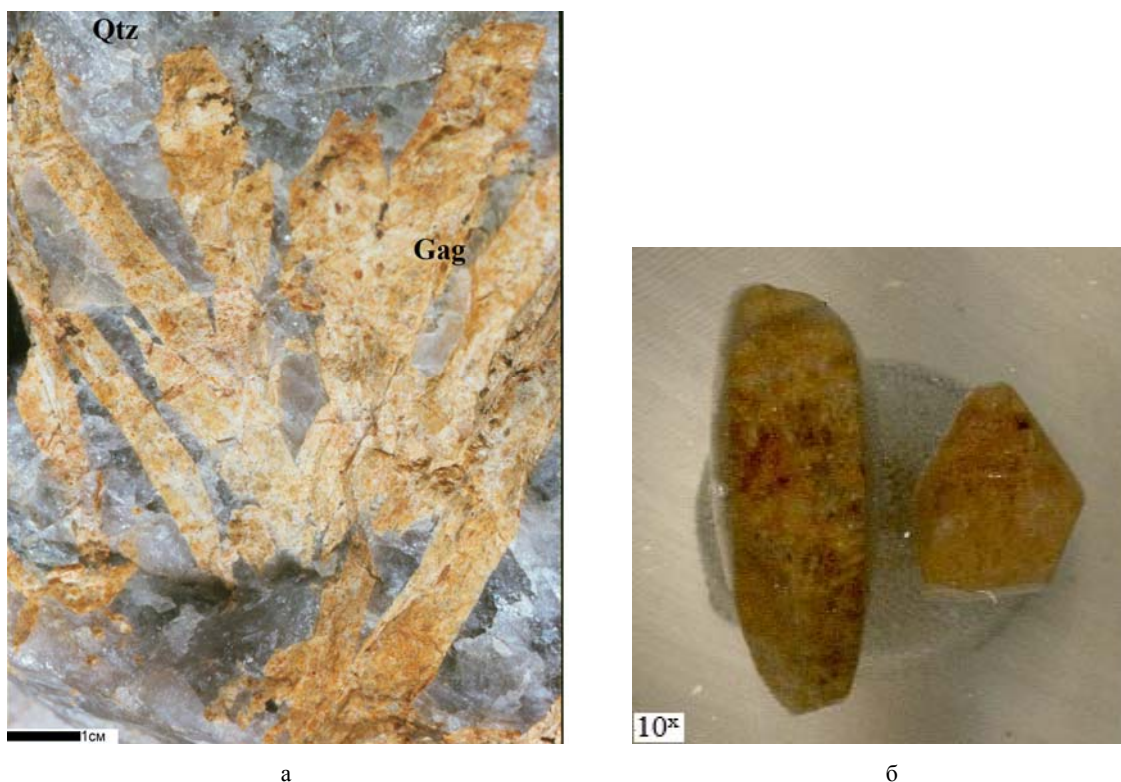


Рисунок 1 – Светло-желтоватые удлиненно-призматические кристаллы гагаринита в кварце (а); призматический шестигранный монокристалл гагаринита (б). Большой выход. Ув. 10^x

Figure 1 – Light yellowish elongated-prismatic crystals of gagarinite in quartz (a); prismatic hexahedral single crystal of gagarinite (b). Great cupol. Magnification 10^x

Кристаллы гагаринита, также как и всех других минералов месторождения, обычно сильно деформированы или разорваны поперечными трещинами и залечены кварцем (рисунок 1а). Совершенно лишённые вростков кристаллы гагаринита редки. По трещинкам очень часто развиваются минералы: бастнезит, монацит, ксенотим, фергусонит, иттрофлюорит, флюорит, циркон (рисунок 2) и др. Бастнезит-(Ce) в гагарините часто образует обильную равномерную вкрапленность мелких округлых зерен (рисунок 3).

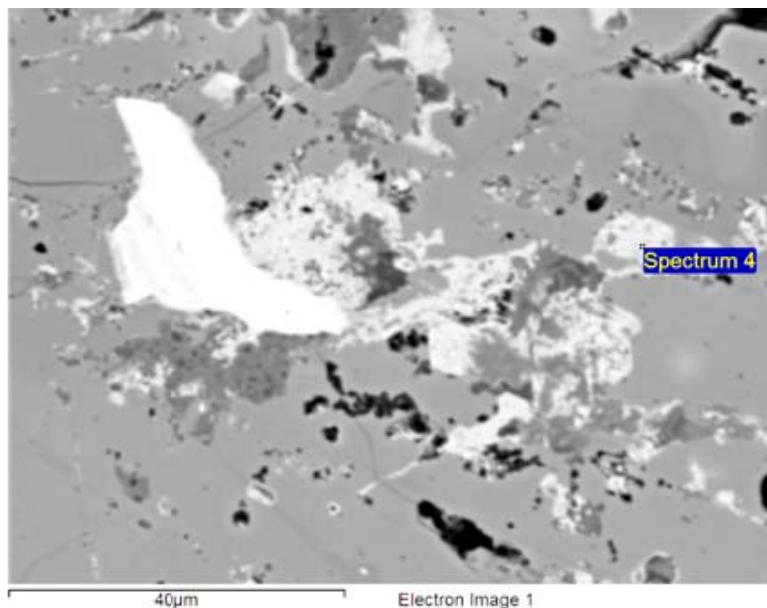


Рисунок 2 – В гагарините (серое) кристаллы бастнезита-(Ce) (белое), агрегаты флюорита (темно-серое) и иттрофлюорита (светло-серое). BEI-компо

Figure 2 – In gagarinite (gray) crystals of bastnesite- (Ce) (white), aggregates of fluorite (dark gray) and yttrifluorite (light gray). BEI-compo

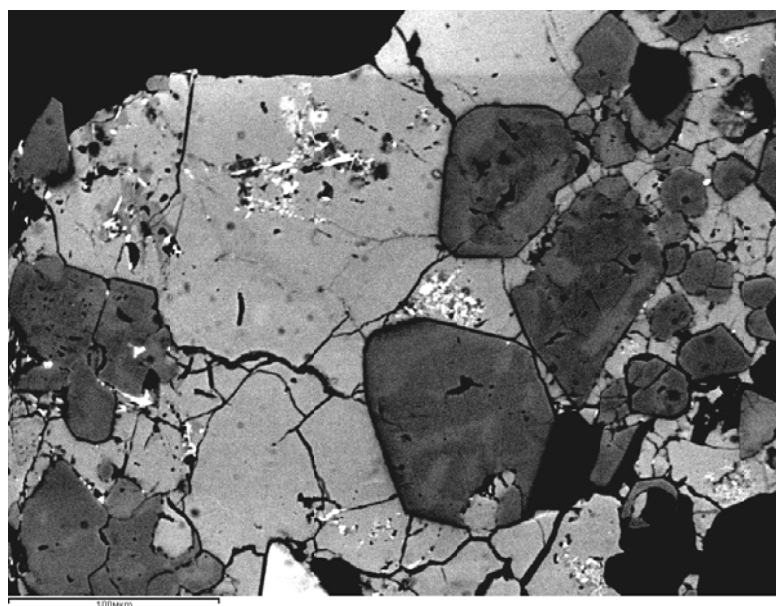


Рисунок 3 – В гагарините (серое) кристаллы циркона (темно-серое), микровкрапления бастнезита-(Ce) (белое). BEI-компо

Figure 3 – In gagarinite (gray) crystals of zircon (dark gray), microinclusions of bastnesite-(Ce) (white). BEI-compo

Цвет гагаринита белый со слабым розоватым оттенком, однако, за счет многочисленных тонких включений бастнезита, синхизита (иттросинхизита) и тончайших пленочных налетов гидроксидов и оксидов железа по трещинкам нередко – желтоватый, буровато-желтый. Прозрачен. В случае наличия примесей мутноватый, полупрозрачный или непрозрачный. Блеск стеклянный, слегка матовый. Спайность средняя до несовершенной по шестигранной призме. Хрупок. Черта белая. Твердость 4–4,5 по шкале Мооса. Гагаринит нерадиоактивен или очень слабо радиоактивен в

случае загрязнения. В ультрафиолетовых и катодных лучах не светится. По магнитным свойствам близок к таким минералам как рибекит, эгирин, астрофиллит.

При нагревании в муфеле сначала (до температуры 800°C) образец минерала спекается без заметного разложения и изменения формы, затем выше температуры 1050° происходит быстрое спекание с выделением газов и вспучиванием с образованием пористой шлакообразной массы розоватого или буроватого цвета. Полного расплавления не происходит.

В концентрированной серной кислоте разлагается при нагревании, при этом выделяются уменьшающиеся в размере пузырьки газа. Слабо растворим в воде, благодаря чему поверхностные выходы его обычно сопровождаются лунками и пустотами. Крупные штуфы чистого гагаринита имеют бугорчатую поверхность, напоминающую поверхность каменной соли. В связи с растворимостью плохо сохраняется в шлихах.

В шлифах минерал прозрачный, бесцветный или слегка мутновато-желтый в случае вторичных изменений. Одноосный положительный, но изредка аномально двуосный (2V от 0 до 20°), по видимому, за счет механических напряжений, возникающих при деформациях.

Показатели преломления для разных образцов варьируют в следующих пределах: N_e от 1,492 до 1,501; N_o от 1,472 до 1,474. Двупреломление от 0,020 до 0,027, а для тувинского образца гагаринита – 0,015 [1-4].

Плотность минерала для различных образцов колеблется от 4,420 до 4,452 г/см³.

Термограмма гагаринита имеет один резко выраженный эндоэффект с минимумом при температуре 720-750°C, обусловленный перестройкой кристаллической решетки из гексагональной в кубическую, аналогичную флюориту. Образцы минерала, содержащие неотделимую примесь бастнезита или иттротрихита, дают на термограммах дополнительный эндоэффект (при температуре 450 °C) соответствующий разложению карбонатов.

Дебаеграмма гагаринита имеет следующие наиболее интенсивные линии [d (Å) в Å]: 1,709 (10); 1,229 (10); 2,085 (9); 1,726 (9); 0,9967 (8); 2,98 (7); 1,012 (7). Параметры элементарной ячейки: a 5,99(2) Å; c 3,53(2) Å. Минерал кристаллизуется в гексагональной сингонии. Пространственная группа $P6_3/m$ [1-4]. Кристаллическая структура гагаринита была расшифрована и уточнена в работах [5, 6].

В гипергенных условиях гагаринит сравнительно легко выщелачивается или замещается тонкозернистым агрегатом карбонатов: бастнезита-(Ce), тенгерита, синхизита, кайнозита, а также иттрофлюоритом, опалом и глинистым материалом. Иногда в таких продуктах присутствует стронций до 1,0%, бериллий до 1,0%.

Для изучения химического состава были отобраны образцы из разных мест месторождения, положение которых в соответствующих им метасоматических колонках, в настоящее время, трудно оценить.

Ксеноморфные зерна гагаринита (обр. №195) были встречены в альбитизированной породе с обильной вкрапленностью циркона, пирохлора и др. минералов в эндоконтактной зоне вблизи центра большого выхода (рисунок 2).

Пальцевидные кристаллы (обр. №61a) диаметром до 3 см отобраны в кварце в центральной части крупного пегматоидного тела из большого выхода.

В 8 рудном теле на северо-востоке того же выхода непосредственно в экзоконтактной зоне гагаринит (обр. 116/61) находится в виде крупных блоков размером до 10 см с обильной вкрапленностью замещающих минералов: бастнезита, паризита, монацита, синхизита и реже рентгенита.

Следующий образец №125 был встречен и отобран из минеральной тонкозернистой «каши» преимущественно редкоземельных минералов в центральной части малого выхода.

Химический состав образцов гагаринита и присутствующих в них микровключений был изучен методом электроннозондового микроанализа на микроанализаторе JСХА 733 с применением энергодисперсионного спектрометра INCA ENERGY при ускоряющем напряжении 15 кВ, токе 25 нА, сфокусированном (диаметр 1–2 мкм) зонде. В качестве образцов сравнения использованы: альбит (Na), SiO₂ (Si); адуляр (K); CaSiO₃ (Ca); $x(PO_4)$ (x - PЗЭ).

В связи с возможной частичной переменной валентности иттрия и PЗЭ для оценки количественного содержания элементов в минерале наглядно оперировать атомными количествами или формульными коэффициентами (ФК). В химическом составе гагаринита (таблица) рассчитанные

Продолжение таблицы 1
Continuation of table 1

Место выявления Элемент	Обр. №116/61 из 8РГ, Большой выход										Обр. №125 Центр Малого выхода					Обр. №366 Заильский Алагау			
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	23	24	25	26	27	28	
Y	25,29	26,74	24,65	24,89	25,04	25,88	32,89	30,61	30,85	24,39	26,07								
Ce	2,28	2,33	2,35	1,73	2,21	1,48	0,57	0,27	0,00										
Pr					0,51	0,57	0,30	0,00	0,00										
Nd	2,22	2,49	2,58	1,99	2,21; Pm 0,47	2,80	1,35	0,73	1,05	2,19	2,92	0,73							
Sm	1,52	1,85	1,77	1,74	2,55	1,45	1,24	1,14	1,28	1,75	1,4	1,29							
Eu					1,07	0,53													
Gd	2,60	3,07	2,61	1,89	2,75	3,25	2,14	3,51	3,68	2,88	2,52	2,78							
Tb	0,83	1,02	0,37	0,63	0,74	0,82	0,39	0,95	0,85	0,73	0,53	1,04							
Dy	5,16	5,23	4,83	5,14	4,58	4,78	3,17	6,44	5,35	4,45	4,25	4,53							
Ho	0,96	0,37	0,77	1,32	0,46	0,60	0,00	0,65	0,00	0,80	0,73	0,96							
Er	4,16	3,64	2,41	2,91	3,15	3,19	1,71	2,54	2,42	2,60	2,41	2,40							
Yb	2,92	3,04	1,68	1,88	2,26	2,56	1,51	1,14	1,44	1,20	1,86	1,30							
Lu		0,96	0,5	0,54		0,05	Si 0,59	Si 0,62	Si 0,47										
Ca	10,00	9,80	9,40	10,65	9,95	8,34	10,05	8,31	8,31	13,26	13,19	13,57							
Na	2,88	2,05	5,41	3,71	4,51	5,26	3,56	3,91	4,09	5,15	5,97	5,59							
F	40,34	37,14	39,95	39,11	37,51	39,61	39,68	39,09	39,21	41,00	43,07	41,42							
Σ	101,41	99,73	99,28	98,13	99,97	101,17	99,15	99,91	99,00	100,40	102,36	101,68							
Формульные коэффициенты в расчете (Na+Ca+Y+ΣREE)=3																			
Y	1,06	1,15	0,95	1,01	0,97	1,02	1,27	1,21	1,23	0,88	0,81	0,91							
Ce	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01											
Pr					0,01	0,01													
Nd	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05; Pm 0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,06	0,02							
Sm	0,04	0,05	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03							
Eu					0,02	0,01													
Gd	0,06	0,07	0,06	0,04	0,06	0,07	0,05	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05							
Tb	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02							
Dy	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,07	0,14	0,12	0,09	0,08	0,09							
Ho	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,04	0,01	0,05	0,02	0,01	0,02							
Er	0,09	0,08	0,05	0,06	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04							
Yb	0,06	0,07	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02							
Lu	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00													
ΣREE	0,54	0,57	0,44	0,46	0,49	0,43	0,28	0,38	0,36	0,34	0,33	0,29							
Si							0,07	0,08	0,06										
Ca	0,93	0,93	0,81	0,96	0,85	0,73	0,86	0,73	0,73	1,06	1,03	1,05							
Na	0,47	0,34	0,81	0,58	0,67	0,80	0,53	0,60	0,63	0,72	0,82	0,75							
F	6,92	7,36	6,60	6,91	6,75	6,61	6,90	6,83	6,86	6,50	6,30	6,45							

Примечание. Анализы 11–14 выполнены в отделе минералогии Музея Естественной Истории, Лондон (Великобритания).

ФК иттрия всегда больше суммы ФК редких земель. Приближение к равенству ФК указанных элементов зафиксировано лишь в образце №195 из альбитизированной породы; соотношение ФК 1:2 отмечено для образца из 8 рудного тела и 1:3 – из пегматоидной жилы. Аномально высокое содержание иттрия наблюдается в образце из минеральной «каши». Сумма ФК иттрия и РЗЭ приближается к 1,5; т.е. к сумме ФК натрия и кальция. Технологам, ранее изучавшим систему Na – Ca – Y, известно существование составов, в которых иттрий присутствует в избыточном количестве по сравнению с натрием и кальцием, вероятно, в двухвалентном состоянии.

В составе минерала постоянно присутствуют преимущественно четные редкоземельные элементы: церий, неодим, самарий, гадолиний, диспрозий, эрбий и иттербий; из нечетных же чаще встречаются празеодим, тербий и гольмий, а лантан, европий, тулий и лютеций – спорадически в минерале из разных мест месторождения.

В составе гагаринита зафиксированы кислород и кремний, что объяснимо постоянно присутствующими микроскопическими кварцевыми просечками по трещинкам катаклаза. Изредка в химическом составе отмечается только кислород, который, возможно, замещает фтор в виде гидроксидной группы.

Состав с достаточным содержанием натрия и кальция приближается к идеальному формульному составу гагаринита только в альбитизированной породе (обр. №195), которая пересыщена щелочными и щелочноземельными элементами в виду их наибольшей подвижности в голове колонки постмагматической деятельности. В остальных же местах месторождения в пегматоидных телах в составе минерала отмечается нехватка натрия, а наименьшее содержание указанных элементов наблюдается в образце №125 гагаринита из минеральной тонкозернистой «каши»: среднее значение ФК кальция здесь 0,77; натрия – 0,59. Тонкозернистая «каша» представляет собой, в основном, микроразмерные зерна фторидов: флюоцерита, иттрофлюорита, флюорита и недиагностируемой фазы, содержащей кислород и РЗЭ; силиката таленита; фторсиликата роуландита; фтортитаносиликатов: ифтисита и его разновидностей; фосфатов: апатита, монацита, ксенотима; ниобатов: пироклора, ферсмита, фергусонита и фторкарбонатов: бастнезита-(Ce) и бастнезита-(Y). Пересыщенность иттрием и РЗЭ и недостаток щелочных и щелочноземельных элементов сказывается на составе гагаринита в форме аномального избытка иттрия и, в меньшей степени, РЗЭ. Вынос легкоподвижных щелочных и осаждение щелочноземельных элементов в виде флюорита, иттрофлюорита, флюоцерита, бастнезита и др. минералов приводит к накоплению тяжелых минеральных образований.

Для сравнительного анализа был отобран гагаринит (обр. №366), встреченный в выходах пегматоидных щелочных гранитов Заилийского Алатау. Здесь кристаллы минерала растут в свободном пространстве миарол совместно с кварцевыми и полевошпатовыми (микроклин) кристалликами и представляют собой шестигранные короткие призмы (размером до 2 мм) в комбинации с одной или двумя бипирамидами и пинакоидом. Свободное пространство заполнено тонкочешуйчатой гидрослюдистой массой. Прозрачность кристаллов гагаринита обусловлена отсутствием большого количества микровключений в отличие от гагаринита из Верхнеэспинского месторождения. Химический состав минерала из Заилийского Алатау (таблица) близок к составам гагаринита из пегматоидных тел Верхнеэспинского месторождения и отличается лишь меньшим количеством легких РЗЭ. В монокристалльном образце наблюдаются зоны с различным содержанием иттрия и РЗЭ (рисунк 4). Тяжелые участки при изучении выявляют более низкое содержание иттрия и, соответственно, повышенные – РЗЭ (таблица, анализ 28 (среднее по 3 точкам) в отличие от легких (анализ 29) (среднее по 3 точкам).

Точка минерализации в Заилийском Алатау, где был встречен гагаринит, приурочена к ослабленной зоне, которая, несмотря на достаточно глубокий срез, проявилась появлением многочисленных мелких пустот-миаролок и более крупных шпир пегматоидного типа. Процесс минералообразования отнесен нами к ранней стадии накопления и дифференциации легко подвижных компонентов, таких как фтор, хлор, позже РЗЭ, Nb, Ti, Sn, Zr, Gf, Th, U и др.

Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела минералогии Музея Естественной Истории Джону Спратту и сектора минералогии ИГН им. К. И. Сатпаева Левину В. Л., Котельникову П. Е. за проведение электроннозондовых исследований.



Рисунок 4 – Зональное зерно гагаринита в эпоксидной смоле (черное): тяжелая разновидность минерала (светло-серое), легкая (темно-серое). Микровключения бастнезита-(Ce) (белое). BEI-компо

Figure 4 – Zone grain of gagarinite in epoxy resin (black): a heavy variety of mineral (light gray), light (dark gray). Microinclusions of bastnesite-(Ce) (white). BEI-compo

Работа проведена по гранту 0302/ГФ4 «Создание базы данных по уникальным, редким и недостаточно изученным минералам месторождений благородных и редких элементов Казахстана для комплексного освоения минерального сырья» при финансовой поддержке комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Степанов А.В., Северов Э.А. Гагаринит – новый редкоземельный минерал // Доклады АН СССР. – 1961. – Т. 141, № 4. – С. 954-957.
- [2] Erdzhanov K.N. Granitnye intruzii i pegmatity Tarbagataya. – Алма-Ата, 1963. – С. 279.
- [3] Beus A.A., Severov Э.А., Ситнин А.А., Субботин К.Д. Альбитизированные и грейзенизированные граниты (апограниты). – М.: АН СССР, 1962. – С. 196.
- [4] Минеев Д.А. Геохимия апогранитов и редкометалльных метасоматитов северо-западного Тарбагатая. – М.: Наука, 1968. – С. 184.
- [5] Воронков А.А., Шумятская Н.Г., Пятенко Ю.А. Кристаллическая структура гагаринита // Структурная химия. – 1962. – № 3. – С. 665-669.
- [6] Hughes J.M., Drexler J.W. Refinement of the structure of gagarinite-(Y), $Na_x(Ca_xREE_{2-x})F_6$ // Canadian Mineralogist. – 1994. – Vol. 32. – P. 563-565.

REFERENCES

- [1] Stepanov A.V., Severov Eh.A. Gagarinit – novyj redkozemel'nyj mineral // Doklady AN SSSR. 1961. Vol. 141, N 4. P. 954-957.
- [2] Erdzhanov K.N. Granitnye intruzii i pegmatity Tarbagataya. Alma-Ata, 1963. P. 279.
- [3] Beus A.A., Severov EH.A., Sitnin A.A., Subbotin K.D. Al'bitizirovannye i grejzenizirovannye granity (apogranity). M.: AN SSSR, 1962. P. 196.
- [4] Mineev D.A. Geokhimiya apogranitov i redkometal'nykh metasomatitov severo-zapadnogo Tarbagataya. M.: Nauka, 1968. P. 184.
- [5] Voronkov A.A., Shumyatskaya N.G., Pyatenko Yu.A. Kristallicheskaya struktura gagarinita // Strukturnaya himiya. 1962. N 3. P. 665-669.
- [6] Hughes J.M., Drexler J.W. Refinement of the structure of gagarinite-(Y), $Na_x(Ca_xREE_{2-x})F_6$ // Canadian Mineralogist. 1994. Vol. 32. P. 563-565.

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

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

²Жаратылыстану Тарихи Мұражайы, Лондон, Великобритания

ЖОҒАРҒЫ ЕСПЕ КЕНОРНЫ ГАГАРИНИТТІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ВАРИАЦИЯСЫ, МИНЕРАЛ ТҮЗІЛУІ МЕН МЕТАСОМАТИТТІК БАҒАНАДА ОРНАЛАСУ КӨРСЕТКІШІ

Аннотация. Гагаринит минералының (NaCa(Y,REE)F₆) физикалық және оптикалық сипаттамасы берілген. Жоғарғы Еспе сирек металды кенорнның әр түрлі нүктелерінен, сол сияқты Іле Алатауы ауқымындағы өзге де минералдану нүктелерінен алынған гагаринит минералының (барлығы 28 талдама) химиялық құрамы нақтыланған. Гагаринит құрамындағы иттрий мен өзге де сирекжер элементтердің валенттілігі азды-көпті өзгеріп тұру мүмкіндігі ескеріліп олардың сандық мөлшерін бағалау мақсатында элементтердің формулалық коэффициенті пайдаланылған. Гагаринит құрамында тұрақты түрде көбінесе церий, неодим, самарий сияқты-жұп санды сирекжер элементтер ұшырасады, ал тақ санды элементтерден празеодим, тербий, гольмий т.с.с. кездеседі. Әр түрлі аймақтардан алынған гагаринит құрамындағы иттрийдің формулалық коэффициентінің сирек жер элементтері жиынтығының формулалық коэффициентіне қатынасы талқыланған. Минералдың химиялық құрамының вариациялары негізінде оның метасоматоздық бағанадағы өзіндік орны анықталды.

Түйін сөздер: гагаринит, альбитит, иттрий, сирекжер элементтер, метасоматоздық үдеріс, химиялық құрам, электронды зондтық микроталдау.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 46 – 55

E. M. Fazylov, L. V. Shabalina, D. E. Prikhodko, E. S. Musina

Institute of geological sciences named after K. I. Satpayev, LLC, Almaty, Kazakhstan

ABOUT THE FEATURES OF ACCUMULATION OF FINE-GRAINED TERRIGENOUS SERPUKHOVIAN-BASHKIRIAN SEDIMENTS OF EARLY AND MIDDLE CARBONIFEROUS IN CENTRAL PART OF SYR-DARYA SEDIMENTARY BASIN AND THEIR OIL AND GAS PERSPECTIVES

Abstract. The results of research of formation of Serpukhovian-Bashkirian terrigenous strata composed mainly of fine-grained terrigenous rocks interbedded with sandstones and limestones are given. At that time the wide carbonate platform was on the territory of Syr-Darya sedimentary basin and the surrounding Big Karatau Mountains and Ugam ridge. The cross section of platform consists of complete facies complex: from the silt of deepest parts of the basin to sedimentary rocks of littoral zone. In Arys basin, which was semi-isolated lagoon, was salt-going accumulation. In the central part of the basin as a result of tectonic processes emerged narrow elongated linear depression, and within which there was an accumulation of terrigenous strata. This depression (graben) had a tendency to stable decreasing, which resulted in the accumulation of thick (up to 2.5 km) of fine-grained sedimentary rock strata. Clastic material supplied from the northeast and east, where it was already located a continent with enough dissected relief. The mouth of the river formed wide delta, which branches extends far into the sea and moved into the underwater canyons, dissecting the slopes of the graben. By this way there was a moving of terrigenous material to the place of sedimentation. Within the graben geochemical situation was reducing, which is indicated by the dark color of the rocks and an abundance of small crystals of pyrite. This was contributed to the conservation of organic material. It was found that such narrow elongated grabens in their boards often contain rather large deposits of oil and gas. Deposits of Altunin-Shunaksk graben in Tatarstan are such examples. In cross section of investigated terrigenous strata are fairly thick layers of sandstone, which may be potential reservoirs for the accumulation of oil and gas. Therefore, in the future it is recommended to carry out a complex of detailed geophysical work on this tectonic structure.

Key words: Upper Paleozoic, Serpukhovian-Bashkirian, lithology, terrigenous rocks, graben, Syr-Darya sedimentary basin, oil and gas perspectives.

Е. М. Фазылов, Л. В. Шабалина, Д. Е. Приходько, Э. С. Мусина

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

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ НАКОПЛЕНИЯ ТОНКОЗЕРНИСТЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ОСАДКОВ СЕРПУХОВ-БАШКИРСКОГО ЯРУСОВ РАННЕГО И СРЕДНЕГО КАРБОНА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЫРДАРИЙСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

Аннотация. Приведены результаты исследований образования терригенной толщи серпуховско-башкирского возраста, сложенной преимущественно тонкозернистыми терригенными породами с прослоями песчаников и известняков. В это время на территории Сырдаринского осадочного бассейна и прилегающих к нему горам Большой Каратау и Угамском хребте существовала обширная карбонатная платформа. Разрез ее представлен полным фаціальным комплексом: от иловых отложений глубоких частей бассейна до осадков приливной зоны. В Арыском прогибе, который представлял в то время полуизолированную лагуну, шло накопление соленосной толщи. В центральной части бассейна в результате тектонических процессов возник узкий протяженный линейный прогиб, в пределах которого и происходило накопление терригенной толщи. Данный прогиб (грабен) имел тенденцию к устойчивому опусканию, что обусловило накопление мощной (до 2,5 км) толщи тонкозернистых осадочных пород. Обломочный материал поставлялся с северо-востока и востока, где в это время уже располагался континент с достаточно расчлененным рельефом. Устье реки заканчивалось лопастной дельтой, рукава которой простирались далеко в сторону моря и переходили в подводные каньоны, пересекающие склоны грабена. По этому пути и происходило перемещение терригенного материала до места седиментации. В пределах грабена геохимическая обстановка была восстановительная, но что указывают темный цвет пород и обилие мелких тонко рассеянных кристаллов пирита. Это способствовало захоронению органического вещества. Установлено, что такие узкие протяженные грабены в своих бортах часто вмещают довольно крупные месторождения нефти и газа. Примером могут служить месторождения Алтунино-Шунакского грабена в Татарстане. В разрезе изученной терригенной толщи встречаются достаточно мощные пласты песчаников, которые могут быть потенциальными резервуарами для накопления залежей нефти и газа. Поэтому в дальнейшем рекомендуется провести комплекс детальных геофизических работ по данной тектонической структуре.

Ключевые слова: верхний палеозой, серпуховский и башкирский ярусы, литология, терригенные породы, грабен, Сырдаринский осадочный бассейн, перспективы нефтегазоносности.

Введение. Карбонатно-терригенные отложения верхнего палеозоя имеют широкое распространение в юго-западной части Южного Казахстана: в Сырдаринском, Аральском, Шу-Сарысуском и Южно-Торгайском осадочных бассейнах, горах Большой и Малый Каратау, Угамском хребте, а так же на сопредельных территориях Узбекистана. Накопление их связано с начавшейся трансгрессией моря в конце среднего девона на западную окраину Казахстанского континента. Это событие было обусловлено общим погружением центральной части континента и образованием бассейна передового прогиба, по окраинам которого располагались карбонатные платформы и терригенные шельфы.

Верхнепалеозойские отложения Сырдаринского осадочного бассейна, также как Большого Каратау и Угамского хребта представлены различными фаціальными поясами карбонатной платформы, которые формировались в обстановке бассейновой равнины, склона, окраины и внутренней зоны этой структуры. Причем трансгрессия моря происходила с юго-запада на северо-восток со стороны современной Сырдаринской впадины. Поэтому на протяжении всего периода существования карбонатной платформы наиболее глубоководные фации располагались в пределах данной депрессии. По обрамлению Сырдаринской впадины карбонатные толщи этого стратиграфического уровня достаточно хорошо изучены, как в отношении литологического состава, так и фаціальных условий осадконакопления [1-7]. На территории рассматриваемого бассейна отложения верхнего девона – нижнего и среднего карбона вскрыты единичными скважинами и далеко не

на полную мощность. Они хорошо сопоставляются с аналогичными толщами, развитыми в пределах хребта Большой Каратау и Угамского хребта. В данной работе рассматриваются только условия образования нерасчлененных терригенных отложений башкирского яруса миссисипия и серпуховского яруса пенсильвания.

Итак, в пределах Сырдаринского осадочного бассейна в серпуховское и башкирское время повсеместно шло накопление мелководных терригенно-карбонатных и соленосных толщ. Во внутренней части данной депрессии в разрезе скважины № 2-П Среднесырдаринская в интервале 3070–3757 м пройден разрез отложений этого возраста с видимой мощностью 687 м, который по литологическим особенностям можно разделить на три части (рисунок 1). В нижней его части преобладают мергели, глинисто-карбонатные, мелкозернистые и пелитоморфные известняки, изредка встречаются прослои доломитов. Средняя часть представлена органогенно-обломочными известняками, которые вверх по разрезу постепенно сменяются водорослевыми строматолитовыми разностями этих же пород. В самом верху этой толщи залегают известняковые и ракушняковые песчаники. Повсеместно встречаются прослои (5–8 см) алевролитов, а в интервале 3280–3307 м – несколько прослоев мелкозернистых песчаников. В верхней части разреза преобладают аргиллиты с прослоями тонкозернистых алевролитов. В породах отмечается мелкий (до 0,1 мм) обугленный растительный детрит, составляющий до 3% от объема породы.

Иная картина наблюдалась в это время в пределах Арысского прогиба. Здесь сформировалась полуизолированная лагуна, в пределах которой в серпуховское и башкирское время происходило интенсивное накопление солей. Скважина Арыс № 1-Г в интервале глубин 1757–4004 м (забой) вскрыла соленосную толщу, подошва которой по геофизическим данным располагается на глубине 4700–4800 м [8]. Начиная с отметки 3099 м и ниже, в разрезе среди солей встречаются пласты карбонатных и терригенных пород, мощность которых изменяется от 5 до 70 м.

В процессе бурения параметрических скважин Среднесырдаринские №№ 1-П и 3-П была пройдена мощная толща тонкообломочных и глинистых пород, накопление которой происходило также в серпуховское и башкирское время. Причем она имеет очень ограниченное распространение в пределах описываемого бассейна и приурочена к узкой линейной зоне шириной до 7–8 км и протяженностью более 110 км (рисунок 2). За пределами этой тектонической зоны, как указано выше, в данный период накапливались карбонатные породы различного генезиса.

Наиболее полный разрез терригенных пород вскрыт скважиной Среднесырдаринская №1-П (рисунок 1). Здесь под юрскими пестроцветными песчаниками и гравелитами залегают:

Интервал 2058,0–2130,0 м. Переслаивание темно-серых, почти черных алевролитов и черных аргиллитов. В подчиненном количестве встречаются тонкие прослои мощностью 2,0–5,0 мм серых, светло-серых полимиктовых мелкозернистых песчаников.

Интервал 2130,0–2285,0 м. Неравномерное переслаивание темно-серых и черных алевролитов и серых, светло-серых мелко- среднезернистых полимиктовых песчаников и подчиненных прослоев темно-серых и черных аргиллитов.

Интервал 2285,0–2320,0 м. Тонкопереслаивание темно-серых и черных аргиллитов, темно-серых мергелей и глинистых известняков. Встречаются подчиненные прослои темно-серых и черных алевролитов.

Интервал 2320,0–2431,0 м. Переслаивание темно-серых и черных алевролитов (заметно преобладают) и серых, светло-серых тонкозернистых полимиктовых песчаников и подчиненных прослоев темно-серых и черных аргиллитов.

Интервал 2431,0–2560,0 м. Глинисто-карбонатная пачка, сложенная темно-серыми и черными аргиллитами, темно-серыми мергелями и глинистыми известняками. В нижней части пачки встречаются слои серых и светло-серых полимиктовых мелкозернистых песчаников, а в верхней – серых микрозернистых, водорослевых и органогенно-детритовых известняков.

Интервал 2560,0–2720,0 м. Преимущественно темно-серые и черные аргиллиты с подчиненными прослоями таких же по цвету алевролитов.

Интервал 2720,0–2800,0 м. Темно-серые мергели и глинистые известняки. В основании залегают серые, темно-серые микрозернистые и органогенно-детритовые известняки, а в средней части встречаются многочисленные прослои темно-серых алевролитов.

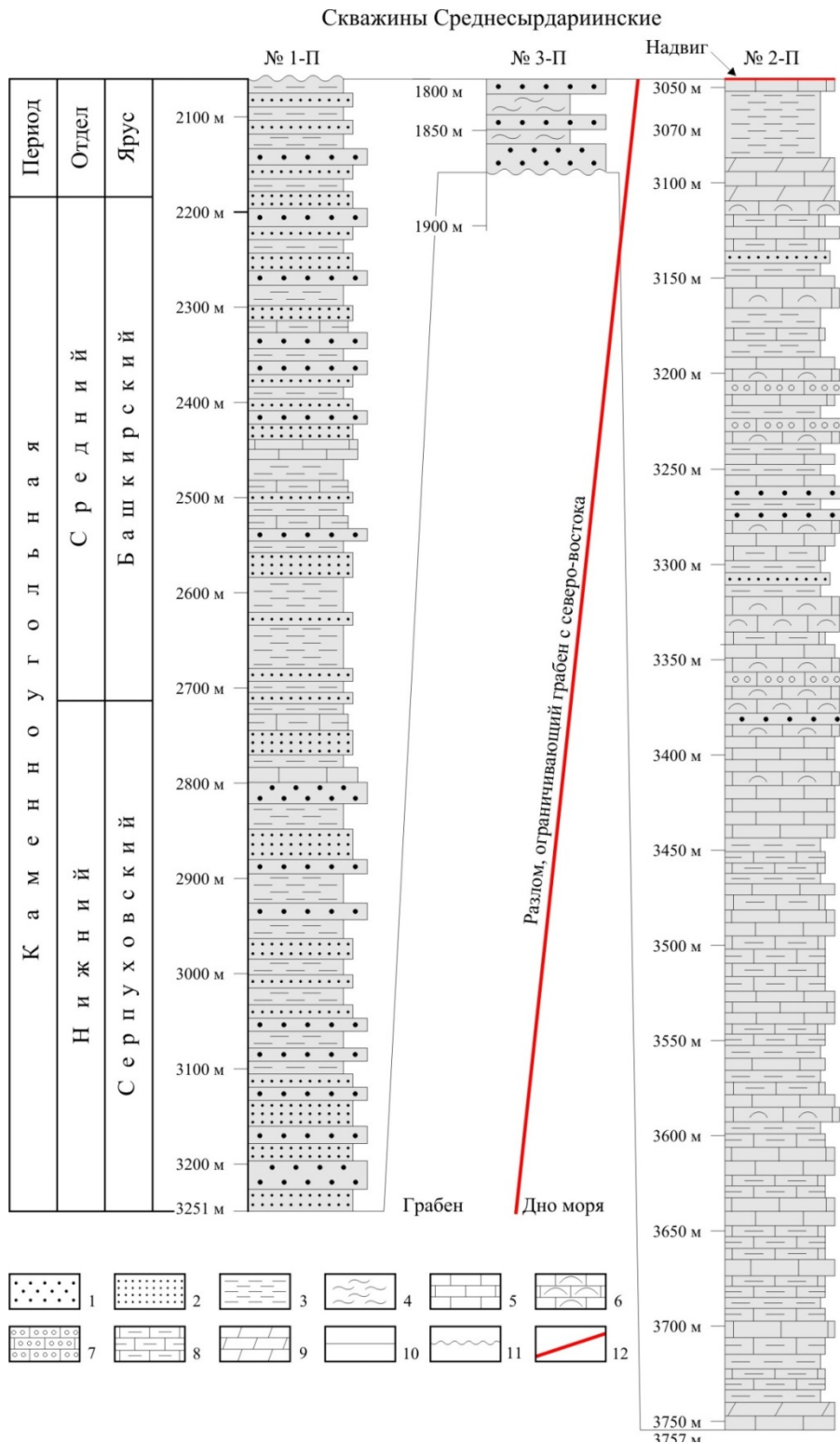


Рисунок 1 – Литолого-стратиграфические колонки отложений серпуховского и башкирского ярусов по скважинам Среднесырдаринские №№ 1-П, 2-П и 3-П
 Литологические типы пород: 1 – песчаники, 2 – алевриты, 3 – аргиллиты, 4 – глины, 5 – микрозернистые известняки, 6 – органогенные известняки, 7 – оолитовые известняки, 8 – глинистые известняки и мергели, 9 – доломиты.
 Границы стратиграфических подразделений: 10 – согласные, 21 – несогласные. 12 – тектонические нарушения.

Figure 1 – Lithologic-stratigraphic columns of Serpukhovian-Bashkirian sediments in wells Srednesyrdariinskie №№ 1-P, 2-P and 3-P

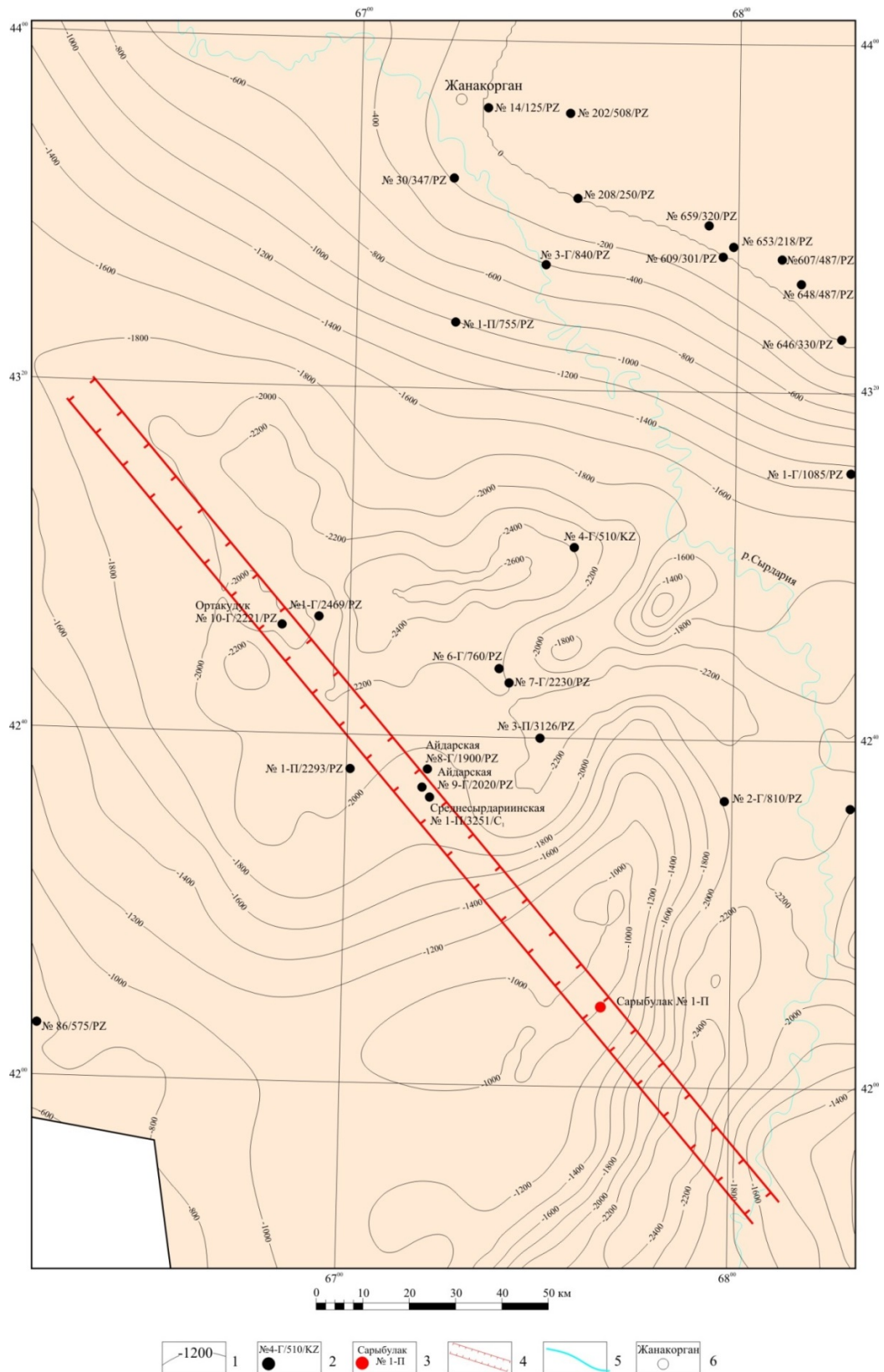


Рисунок 2 – Гипсометрическая карта поверхности палеозойских пород.

1 – изогипсы поверхности до мезозойских отложений; 2 – пробуренные скважины (номер/ глубина забоя/последний вскрытый горизонт); 3 – проектируемая скважина Сарыбулак № 1-П; 4 – грабен; 5 – реки; 6 – населенные пункты.

Figure 2 – The hypsometric map of the surface of Paleozoic rocks

Интервал 2800,0–2930,0 м. Переслаивание алевролитов темно-серых, почти черных, очень крепких и черных аргиллитов (преобладают). В подчиненном количестве встречаются прослой серых полимиктовых мелкозернистых песчаников.

Интервал 2930,0–3033,0 м. Неравномерное переслаивание темно-серых и черных алевролитов и аргиллитов. Изредка встречаются тонкие до 5,0 см прослой серых, светло-серых мелкозернистых песчаников.

Интервал 3033,0–3251,0 м. Неравномерное переслаивание темно-серых до черного цвета алевролитов и серых, светло-серых мелко-среднезернистых кварц-полевошпатовых песчаников. В верхней части интервала появляются тонкие прослой темно-серых и черных аргиллитов.

В породах повсеместно отмечается тонкая параллельная слоистость с углами падения относительно оси керна от 5–10° до 70–80°. Это связано с процессами конседиментационного оползания слабо литифицированных осадков, переносом обломочного материала гравитационными потоками или тектоническими деформациями.

В породах по всему интервалу наблюдаются мелкие, гелефицированные обугленные растительные остатки, часто пиритизированные. Скопления растительного детрита приурочены к плоскостям наслоения и этим подчеркивают тонкую горизонтальную слоистость.

Вскрытая толщина серпухов-башкирских отложений достигает 1193,0 м. Учитывая вышеупомянутые углы падения пород, истинная толщина вскрытого разреза не превышает 800–850 м. По геофизическим данным скважиной вскрыта только верхняя часть терригенной толщи нижнего среднего карбона, толщина которой может достигать 2,5 км.

В разрезе скважины Среднесырдаринская №3-П в интервале 1826–1874 м пройдена толща темно-серых и черных аргиллитов с прослоями темно-серых алевролитов и серых мелкозернистых песчаников, аналогичных терригенным образованиям разреза скважины 1-П и датируемая также серпуховско-башкирским временем (рисунок 1).

Одновозрастные терригенные породы пройдены также скважинами Айдар № 9-Г и Ортокудук № 10-Г на небольшую глубину. На карте видно, что все скважины, вскрывшие данную терригенную толщу лежат практически по простиранию прямой линии, ориентированной с С-З на Ю-В.

В северо-западной части Большого Каратау верхнепалеозойская осадочная колонка завершается красноцветными тонкозернистыми морскими терригенными породами, которые обнажаются на небольшой территории в междуречье Жертансай – Ушожен (рисунок 1) [4, 5, 7]. Эти отложения представляют шертскую свиту, которая является аналогом терригенных пород, вскрытых вышеуказанными скважинами в Сырдаринской впадине. Кроме того, эти породы пересечены мелкими скважинами недалеко от разреза по реке Шерт. Там они представлены переслаивающимися темно-серыми и красными тонкозернистыми морскими терригенными породами, с прослоями и линзами известняков и ангидритов.

Следует отметить, что в 1986 году планировалось пробурить параметрическую скважину Сарыбулак № 1-П в левом борту р. Сырдарии между Байркумским прогибом и поднятием Каратау. Прогнозный разрез скважины по геофизическим данным в интервале 2000–3300 м (предположительно нижний – средний карбон): аргиллиты с прослоями алевролитов, разнозернистых песчаников, органогенно-детритовых известняков (аргиллиты – 40%, алевролиты – 20%, песчаники – 20%, известняки – 20%).

Проектируемая скважина в плане как раз лежит на продолжении прямой, соединяющей вышеуказанные скважины, вскрывшие терригенные породы серпухов-башкирского возраста. К сожалению, бурение данной скважины отложено на неопределенное время.

Можно предположить, что в начале серпуховского времени в центральной части Сырдаринской впадины в результате проявлений тектонических движений образовался узкий линейный, достаточно протяженный тектонический прогиб с крутыми бортами, имеющий субпараллельную ориентировку относительно хребта Большой Каратау (рисунки 2, 3). Как указывалось выше он вскрыт скважинами Среднесырдаринская №1-П и Ортокудук № 10-Г, расстояние между которыми порядка 50 км. По геофизическим данным эта структура протягивается на юго-восток до проектной скважины Сарыбулак № 1-П на расстояние 60 км. Таким образом, установленная длина грабена составляет более 110 км (рисунок 2). По ряду признаков, видимо, его протяженность может превышать 230 км. На протяжении всего развития данный прогиб увеличивался по глубине, что привело к формированию мощной (более 2,5 км) терригенной толщи осадков.

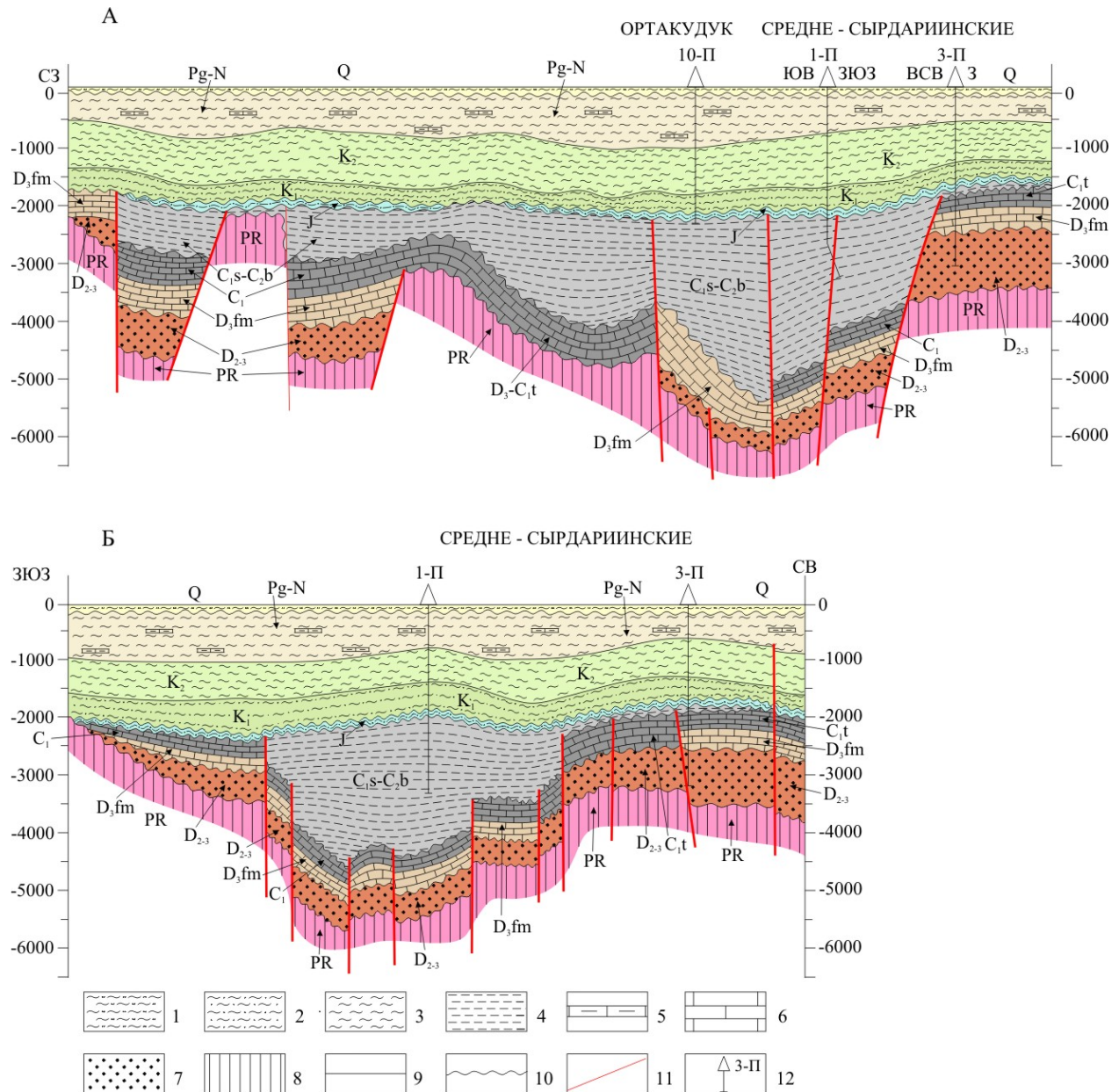


Рисунок 3 – Геолого-геофизические разрезы через грабеновую структуру в Сырдаринской впадине:

А – фрагмент продольного профиля; Б – поперечный профиль.

Литологические типы пород: 1 – глины, суглинки, супеси; 2 – песчаные и алевроитские глины; 3 – глины; 4 – переслаивание глин и алевроитов; 5 – мергели; 6 – известняки; 7 – песчаники и алевролиты; 8 – породы рифейско-нижнепалеозойского фундамента. Стратиграфические границы: 9 – согласные; 10 – несогласные. 11 – тектонические нарушения. 12 – скважина и ее номер.

Figure 3 – Geological-geophysical sections across graben structure at Syr-Darya depression:

A – Part of longitudinal section; B – cross section

Здесь необходимо сделать небольшой экскурс относительно понятий грабен и рифт. В настоящее время большинство исследователей во всем мире придерживается следующих формулировок этих понятий:

Рифт – впадина в рельефе регионального или глобального протяжения, образовавшаяся в результате заметного опускания вдоль сбросов примерно параллельного простирания, с которой связана сейсмическая и обычно вулканическая активность. Термин «рифт» используется и для пассивных в настоящее время рифтов. Термин «грабен» отчасти ему синонимичен, но относится к

более мелким структурам, без обязательного условия сейсмической активности или выражения в рельефе [9].

Грабен – зона тектонического опускания по системе ограничивающих разломов, длина которой (вдоль простирания разломов) значительно больше ширины. Эти структуры бывают любых размеров. В литературе на английском и русском языках термин «рифт» иногда употребляется как синоним грабена регионального протяжения [9].

В последние годы в нефтегазоносных районах стали выделять микрограбены: узкие (1–3 км) протяженные (до 100 км и более) прогибы дизъюнктивной природы амплитудой от единиц до сотен метров. Период их формирования составляет сотни тысяч – единицы миллионов лет. По размерам они относятся к структурам преимущественно III–IV порядков [10].

Так как описываемая тектоническая структура находится внутри Сырдаринского осадочного бассейна (структура регионального масштаба), то для нее правильнее использовать термин грабен (структура более мелкого масштаба). Она по своим горизонтальным размерам (длина, ширина) соответствует микрограбенам, но по амплитуде вертикального смещения значительно превосходит их.

Литологические признаки свидетельствуют, что накопление тонкозернистых терригенных осадков происходило на значительном удалении от береговой линии в спокойной гидродинамической обстановке, ниже базиса действия волн. Так как основание прогиба находилось значительно ниже ложа морского бассейна, воздействия донных течений на осадки тоже не происходило. Плохая окатанность обломочных компонентов детритовый характер обуглившихся растительных остатков указывает на то, что области размыва располагались на относительно небольших расстояниях восточнее и юго-восточнее от области седиментации. Что касается транспортировки осадков от береговой линии до тектонического прогиба, то можно предположить, что устье реки заканчивалось лопастной дельтой, рукава которой простирались далеко в сторону моря, и где далее переходили в подводные каньоны, пересекающие склоны грабена. По этому пути и происходило перемещение терригенного материала до места седиментации. Геохимическая обстановка была восстановительная, но что указывают темный цвет пород и обилие мелких тонко рассеянных кристаллов пирита.

В заключении следует отметить, что такие узкие протяженные грабены в своих бортах часто вмещают довольно крупные месторождения нефти и газа. В качестве примера можно привести Алтунино-Шунакский грабен, разделяющий Ромашкинское и Ново-Ельховское месторождения, которые по сути являются единым самым крупным скоплением углеводородов Волго-Уральского района [10-12]. В разрезе рассматриваемой серпуховско-башкирской терригенной толщи встречаются достаточно мощные пласты песчаников, которые могут быть потенциальными резервуарами для накопления залежей нефти и газа. Поэтому в дальнейшем необходимо провести комплекс детальных геофизических работ по данной тектонической структуре.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Жемчужников В.Г., Жаймина В.Я., Кук Г.Е., Земполех В.Г., Ляпонт Ф., Вияги М., Леман П.Дж., Дживанелли А., Боуман М.Б., Котова Л.Е., Бувтышкин В.М., Голуб Л.Я. Стратиграфия верхнедевонско-каменноугольных карбонатных отложений северо-западной части Большого Каратау, Южный Казахстан // Состояние, перспективы и задачи стратиграфии Казахстана: Материалы III-го международного стратиграфического совещания. – Алматы, 2002. – С. 60-62.

[2] Cook H.E., Zhemchuzhnikov V.G., Buvtyshkin, Golub L.Ya., Gatovsky Yu.A., Zorin A.E. Devonian and Carboniferous passive-margin carbonate platform of southern Kazakhstan: Summary of depositional and stratigraphic models to assist in the exploration and production of coeval giant carbonate platform oil and gas fields in the North Caspian Basin, Western Kazakhstan // In: Pangea: Global Environments and Resources. Canadian Society of Petroleum Geology. – Memoir 17. – 1994. – P. 363-381.

[3] Cook H.E., Zhemchuzhnikov V.G., Zempolich W.G., Zhaimina V.Ya., Buvtyshkin V.M., Kotova E.A., Golub L.Ya., Zorin A.E., Lehmann P.J., Alexeiev D.V., Giovanelli A., Viaggi M., Fretwell N., Lapointe Ph., Corboy J.J. Evolution of a Devonian and Carboniferous Carbonate Platform, Bolshoi Karatau, Southern Kazakhstan: Outcrop Analogs for Coeval Carbonate Reservoirs in the North Caspian Basin // W. G. Zempolich and H. E. Cook (eds.), Carbonate Systems in the C.I.S.: Comparative Studies of Outcrop and Subsurface Oil and Gas Reservoirs: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication. – 2002. – N 74. – P. 81-122.

[4] Zempolich W.G., Cook H.E., Zhemchuzhnikov V.G., Zhaimina V.Ya., Zorin A.E., Buvtyshkin V.M., Kotova E.A., Golub L.Ya., Giovanelli A., Viaggi M., Fretwell N., Lehmann P.J., Alexeiev D.V., Lapointe Ph. The Role of Biotic and Abiotic Constituents in the Development and Diagenesis of Middle to Late Paleozoic Carbonate Platforms: Outcrop and Subsurface Examples from the C.I.S. in, W. G. Zempolich and H. E. Cook (eds.), Carbonate Systems in the C.I.S.: Comparative Studies of

Outcrop and Subsurface Oil and Gas Reservoirs: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication. – 2002. – N 74. – 62 p.

[5] Фазылов Е.М., Жемчужников В.Г. Каратауский позднепалеозойский карбонатный бассейн и юрский терригенный бассейн Мангистау – обнаженные аналоги нефтегазоконденсатных месторождений Западного Казахстана // Геологическая наука и развитие минерально-сырьевых ресурсов Казахстана в рамках стратегии развития 2050. – Алматы, 2014. – С. 159-163.

[6] Жемчужников В.Г., Бувтышкин В.М., Голуб Л.Я., Зорин А.Е. Палеогеографические реконструкции отложений позднего девона и раннего карбона на северо-западе Большого Каратау в Южном Казахстане // Геология, минерагения и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов Республики Казахстан. – Алматы, 2015. – С. 98-106.

[7] Геология и металлогения Каратау. – Т. 1: Геология. – Алма-Ата: Наука Каз.ССР, 1986. – 240 с.

[8] Давыдов Н.Г., Парагульгов Х.Х., Парагульгов Т.Х. Соленосная формация верхов нижнего карбона Южного Казахстана и перспективы ее нефтегазоносности // Геология и минерагения Казахстана. – Алматы: МПРиООС РК, 2000. – С. 224-232.

[9] Международный тектонический словарь / Под ред. Дж. Деннис, Г. Муравски, К. Вебер. – М.: Мир, 1982. – 142 с.

[10] Мигурский А.В. Микрограбены: распространенность, парагенез с центрами нефтегазоаккумуляции // Геология нефти и газа. – 2014. – № 3. – С. 39-46.

[11] Ларочкина И.А. Алтунин-Шунакский прогиб, как модель грабенообразных прогибов восточной окраины Русской платформы // Геология нефти и газа. – 2007. – № 5. – С. 24-31.

[12] Хатянов Ф.И. О тектонической природе погребенных девонских микрограбенов и перспективах поисков нефтеносных структур на юго-востоке Русской платформы // Геология нефти и газа. – 1971. – № 7. – С. 41-46.

REFERENCES

[1] Zhemchuzhnikov V.G., Zhaymina V.Y., Cook G.E., Zempolich V.G., Lyapont F., Viyaggi M., Leman P.J., Giovanelli A., Bowman M.B., Kotova L.E., Buvtyshkin V.M., Golub L.Y. Stratigraphy of Upper Devonian-Carboniferous carbonate deposits of the northwestern part of the Greater Karatau, South Kazakhstan. Condition, prospects and problems of stratigraphy of Kazakhstan: Materials of III International stratigraphic meeting. Almaty, 2002. P. 60-62.

[2] Sook N.E., Zhemchuzhnikov V.G., Buvtyshkin, Golub L.Ya., Gatovsky Yu.A., Zorin A.E. Devonian and Carboniferous passive-margin carbonate platform of southern Kazakhstan: Summary of depositional and stratigraphic models to assist in the exploration and production of coeval giant carbonate platform oil and gas fields in the North Caspian Basin, Western Kazakhstan // In: Pangea: Global Environments and Resources. Canadian Society of Petroleum Geology. Memoir 17. 1994. P. 363-381.

[3] Cook N.E., Zhemchuzhnikov V.G., Zempolich W.G., Zhaimina V.Ya., Buvtyshkin V.M., Kotova E.A., Golub L.Ya., Zorin A.E., Lehmann P.J., Alexeiev D.V., Giovanelli A., Viaggi M., Fretwell N., Lapointe Ph., Corbo J.J. Evolution of a Devonian and Carboniferous Carbonate Platform, Bolshoi Karatau, Southern Kazakhstan: Outcrop Analogs for Coeval Carbonate Reservoirs in the North Caspian Basin // W. G. Zempolich and NE Cook (eds.), Carbonate Systems in the C.I.S. : Comparative Studies of Outcrop and Subsurface Oil and Gas Reservoirs: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication. 2002. N 74. P. 81-122.

[4] Zempolich W.G., Cook N.E., Zhemchuzhnikov V.G., Zhaimina V.Ya., Zorin A.E., Buvtyshkin V.M., Kotova E.A., Golub L.Ya., Giovanelli A., Viaggi M., Fretwell N., Lehmann P.J., Alexeiev D.V. Lapointe Ph. The Role of Biotic and Abiotic Constituents in the Development and Diagenesis of Middle to Late Paleozoic Carbonate Platforms: Outcrop and Subsurface Examples from the C.I.S. in, W. G. Zempolich and NE Cook (eds.), Carbonate Systems in the C.I.S. : Comparative Studies of Outcrop and Subsurface Oil and Gas Reservoirs: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication. 2002. N 74. 62 p.

[5] Fazylov E.M., Zhemchuzhnikov V.G. Late Paleozoic carbonate Karatau basin and Jurassic terrigenous Mangystau basin – analogues oil and gas fields in Western Kazakhstan // Geological science and development of mineral – raw resources of Kazakhstan in the framework of the development strategy of 2050. Almaty, 2014. P. 159-163.

[6] Zhemchuzhnikov V.G., Buvtyshkin V.M., Golub L.Y., Zorin A.E. Paleogeographic reconstruction of the Late Devonian and Early Carboniferous sediments in the northwest of Big Karatau in southern Kazakhstan // Geology, metallogeny and prospects of development of mineral – raw resources of the Republic of Kazakhstan. Almaty, 2015. P. 98-106.

[7] Geology and Metallogeny of Karatau. Vol. 1: Geology. Alma-Ata: Science of the Kazakh S.S.R., 1986. 240 p.

[8] Davydov N.G., Paragulgov H.H., Paragulgov T.H. Saline formations of tops of Lower Carboniferous of South Kazakhstan and its oil and gas potential // Geology and metallogeny of Kazakhstan. Almaty: MPR and OOS RK, 2000. P. 224-232.

[9] International tectonic dictionary / Under Ed. J. Dennis, G. Murawski, K. Weber. M.: Mir, 1982. 142 p.

[10] Migursky A.V. Mikrograbens: prevalence, paragenesis with oil and gas centers // Geology of oil and gas. 2014. N 3. P.39-46.

[11] Larochkina I.A. Altunin-Shunaksky basin as a model of graben-like depressions of eastern border of the Russian platform // Geology of oil and gas. 2007. N 5. P. 24-31.

[12] Hatyanov F.I. About tectonic nature of buried Devonian mikrograbens and prospects of searching for oil structures in the south-east of the Russian Platform // Geology of oil and gas. 1971. N 7. P. 41-46.

Е. М. Фазылов, Л. В. Шабалина, Д. Е. Приходько, Э. С. Мусина

Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан

**ЖУҚА ТҮЙІРШІКТІ ТЕРРИГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ ЖИНАҚТАЛУ ЕРЕКШЕЛІГІ
СЕРПУХОВ-БАШКИР ЯРУСТАРЫ, БАСТАПҚЫ ЖӘНЕ ОРТАҢҒЫ КАРБОН СЫРДАРИЯ
ШӨГІНДІ АЛАБЫНЫҢ ОРТАЛЫҚ БӨЛІГІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ МҰНАЙЛЫ-ГАЗ КЕЛЕШЕГІ**

Аннотация. Серпухов-башкир жасындағы терригенді қабаттың құралуын зерттеу нәтижелері келтірілген, ұсақ түйіршікті терригенді жыныстардың құм-тас, әк тасқа батшасымен біріккен. Осы уақытта Сырдария шөгінді алабының аумағында және оған жанасқан Үлкен Қаратау таулары және Угам жотасындағы кеңауқымды карбонатты платформасы болған. Оның қимасы толық фациалдық ешенмен көрсетілген: алабтың терең бөлігіндегі лай қалдықтарынан бастап көтерілу зонасындағы шөгіндерге дейін. Арыстың иілген, жартылай оқшауланған шағын мүйіс болған, тұзды қабаттың жиналуы болған. Алабтың орталық бөлігінде тектоникалық үрдістердің нәтижесінде жіңішке бойлық сызықтық бүгілу байқалған, терригенді қабаттың жинақталуы байқалған. Берілген опырықта тұрақты түскен тенденциясы бар, (2,5 км дейін) жинақталған, ұсақ түйіршікті шөгінді жыныстар қабаты. Кесек материалдар солтүстік-шығыстан және шығыстан қамтамасыз етілген, жеткілікті бөлшектелген бедерлер континенті орналасқан. Өзен сағасы қалақты дельтасымен жалғасқан, шалғайда орналасқан теңіз жаққа қарайалыс жайылған және су астындағы арналарына ауысқан, опырықыл дилары жарылған. Осы жолмен терригенді материалдардың седиментация орнына дейін орналасқан. Опырық шекарасында геохимиялық орналасуы қалпына келтірілген, жыныстардың қою түсін көрсетеді және пириттің ұсақтүйіршікті көп мөлшерде кристаллдар таралған. Органикалық заттардың көмілуіне әкеліп соқты. Осындай ұсақ жіңішке бойлық сызықтық опырықты борттарда, ірі мұнай газ кенорындары бар. Оған мысал Татарстандағы Алтунино-Шұнақ кенорындарының опырықтарын келтіруге болады. Қиманың зерттелген терригенді қабаттардың құмтастардың ауқымды қабаттары кездеседі, келешекте мұнай және газ қоймаларына айналады. Сол себепті болашақта берілген тектоникалық құрылымдарда детальды кешенді геофизикалық жұмыстардың жүргізілуін ұсынылады

Түйін сөздер: жоғарғы палеозой, серпуховжәне башкир ярустары, литология, терригендіжыныстар, грабен, Сырдарияшөгіндіалабы, мұнайлы-газ келешегі.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 56 – 62

Zhamal S. Tulemissova

JSC «Kazakh-British technical university», Almaty, Kazakhstan

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS AND CONDITIONS
OF FORMATION OF HYDROCARBONS SEDIMENT TRAPS
IN THE WEST SIBERIAN, SHU-SARYSU AND CASPIAN BASINS**

Abstract. The article discusses issues related to the formation of sedimentary oil and gas traps in the major oil and gas provinces of Kazakhstan. A brief description of sedimentary deposits to the Caspian, Shu-Sarysu and West Siberian sedimentary basins. Shown stratigraphic ranges, material structure and the area of development of these deposits in these sedimentary basins and the conditions of their formation.

In the West Siberian Basin Achimov and Bazhenov Formation of Neocom (Lower Cretaceous), the term non-anticline traps oil and gas complex. Zones of the best collectors are placed in the mouths of deep canyons, riverbeds. From the standpoint of rapid sedimentation is these areas where sand depocenter formed may be considered the most promising, not only on the part of collectors, but also in terms of the generation and conservation of hydrocarbon accumulations.

The Caspian basin sediment traps in the formation of late Paleozoic developed limited. In the Early Permian carbonate structures complete their development, while the sediment traps are just beginning their local creation.

In the Late Paleozoic Shu-Sarysu pool was a back-arc basin. Cover the basin complex set of Devonian-Permian and Mesozoic-Cenozoic deposits with a total thickness of up to 6000 meters. The lithologic section are widespread red-continental and coastal evaporate facies Devonian, Carboniferous and Permian, although in the early Carboniferous entire hybrid continent was flooded waters of the sea shelf. Central deep marine and northern parts of the basin, the overall thrust of the sedimentation impact favorably on the formation of local sediment traps installed at a number of gas fields.

Key words: sedimentary basins, geological-geophysical methods, geological structures, oil and gas region and province.

УДК 622.276

Ж. С. Тулемисова

АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УСЛОВИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ЛОВУШЕК
УГЛЕВОДОДОВ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ,
ПРИКАСПИЙСКОМ И ШУ-САРЫСУЙСКОМ БАССЕЙНАХ**

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с формированием седиментационных (неантиклинальных) нефтегазоносных ловушек в главных нефтегазоносных провинциях Казахстана. Приведена краткая характеристика седиментационных залежей для Западно-Сибирского, Прикаспийского, Шу-Сарысуйского осадочных бассейнов. Указаны площади развития этих залежей, стратиграфический диапазон, вещественный состав и условия их формирования в этих осадочных бассейнах.

В Западно-Сибирском бассейне ачимовская и баженовская свиты неокома (нижний мел) слагают неантиклинальные ловушки нефтегазоносного комплекса. Зоны наилучших коллекторов располагаются в устьях

глубоководных русел-каньонов. С позиций лавинной седиментации именно эти участки, где формируются песчаные депоцентры можно считать наиболее перспективными не только по части коллекторов, но и с точки зрения генерации и консервации углеводородных скоплений.

В Прикаспийском бассейне седиментационные ловушки в толщах пород позднего палеозоя развиты ограниченно. В ранней перми карбонатные постройки завершают свое развитие, тогда как седиментационные ловушки только начинают свое локальное формирование.

В позднем палеозое Шу-Сарысуйский бассейн представлял собой задуговой бассейн. Чехол этого бассейна сложен комплексом девонско-пермских и мезозой-кайнозойских отложений с общей толщиной до 6000 метров. В литологическом разрезе здесь широко развиты красноцветные континентальные и прибрежно-эвапоритовые фации девона, карбона и перми, хотя в раннем карбоне весь составной континент был затоплен водами шельфового моря. Палеосклон центральной и северной частей бассейна, общая направленность седиментации сказались благоприятно на формировании локальных седиментационных ловушек, установленных на ряде газовых месторождений.

Ключевые слова: седиментационные ловушки, геолого-геофизические методы, геологические структуры, нефтегазоносные области и провинции.

Введение. Для казахстанской нефтегазовой отрасли геолого-геофизическое изучение седиментационных ловушек природных углеводородов – сравнительно новое направление. Во многом, это связано с трудностями их диагностики, ибо этот тип ловушек закамуфлирован однородными по составу преимущественно глинистыми покрывками. Вместе с этим, нефтегазоносные провинции Казахстана: 1) Прикаспийская, 2) Северо-Кавказско-Мангышлакская, 3) Арало-Торгайская, 4) Тениз-Шуйская, 5) Западно-Сибирская характеризуются богатейшим и разнообразным потенциалом углеводородного сырья. Доказанный вертикальный диапазон нефтегазоносности охватывает отложения от верхнего девона до неогена включительно. Основная доля разведанных запасов и прогнозных ресурсов углеводородного сырья Прикаспийского бассейна связана с позднепалеозойским (докунгурским) комплексом и, главным образом, с карбонатными породами девонского и каменноугольного возраста. Природные резервуары характеризуются не только специфическим площадным развитием, сложными сочетаниями типов коллекторов и емкостно-фильтрационных параметров, но и дифференцированными особенностями нефтегазоносности в пределах локальных ловушек и в крупных зонах развития карбонатных комплексов. Указанные особенности до сих пор вызывают повышенный интерес к этим частям палеозойского разреза на суше и в акваториальной части Казахстанского сектора Каспийского моря [1, 2, 7-9].

На территории Центральной Евразии мощные комплексы седиментационных (клиноформных) ловушек углеводородов (УВ) впервые были установлены в Западно-Сибирской впадине, южное окончание которой находится на территории Казахстана [3]. Позднее они были выявлены и в пределах Баренцевоморского бассейна [4]. На поисковом этапе работ для выявления ловушек и приуроченных к ним залежей важно иметь информацию об условиях формирования ловушек, что позволяет конкретизировать поисковые признаки (рисунки 1, 2). Такая информация была получена в результате многолетних работ геологов Сибири [3, 12-15].

Западно-Сибирский бассейн. В пределах Западно-Сибирского бассейна наиболее нефтегазоносны ачимовская и баженовская свиты неокома (нижний мел). Эти свиты клиноформного комплекса образуют неантиклинальные ловушки. Отложения неокома залегают на глубинах 2500–2900 м, большинство же разведочных и поисковых скважин имеют забой на уровне 3000 м, и из ачимовских песчаников на многих площадях получены притоки нефти. Они менее дебитные, чем притоки из вышележащих отложений в антиклинальных ловушках, но, тем не менее, являются промышленными [3, 12, 13].

Клиноформы (или мегалинзы) представляют собою полосовидные тела (рисунки 1, 2), вытянутые с юго-запада на северо-восток субмеридионально и залегающие в виде кулис, полого наклоненных на северо-запад в соответствии с первичной конфигурацией палеосклонов шельфовых террас и рельефа дна [15, 16]. Ширина их в среднем составляет 20–50 км. В местах осложнений в палеорельефе толщина линз может уменьшаться до 10 км, образуя пережимы в конфигурации клиноформ или, наоборот, увеличиваться в местах расположения гигантских конусов выноса терригенного материала. По типам сейсмофаций в мегалинзах выделяют четыре класса. Наибольший интерес представляют, участки повышенной мощности – депоцентры. Депоцентры

песчаности, чаще всего, оконтурены изопакитами 40–60 м. Максимальные мощности песчаников достигают 80–100 м, реже 140–150 м. Каждый такой депоцентр указывает на наличие крупного многопластового резервуара, состоящего из различного количества и протяженности линзующихся песчаных тел. Степень изученности бурением их очень слабая, до 80 % из них прогнозные или разбурены единичными скважинами [14, 15].

Песчаные линзы имеют разнообразные формы поверхности и могут быть как выпуклыми, так и вогнутыми. В общем случае первичная их форма не зависит от характера изгибов опорного отражающего горизонта, а является интегральным эффектом от нескольких факторов, в том числе современной структуры, морфологии палеодна бассейна, характера подводных течений (стоковые, склоновые и др.), а также дифференцированного уплотнения линзующихся напластований большой мощности.

Предполагается, что зоны наилучших коллекторов располагаются в устьях глубоководных русел-каньонов, на продолжении которых формируются конусы выноса терригенного материала (рисунок 1). С позиций лавинной седиментации [16] именно эти участки, где формируются песчаные депоцентры можно считать наиболее перспективными не только по части коллекторов, но и с точки зрения генерации и консервации углеводородных скоплений, то есть, наиболее богатых по запасам. Аналогичные результаты получены зарубежными геологами, при изучении природных резервуаров в турбидитных фациях и глубоководных конусах выноса [3].

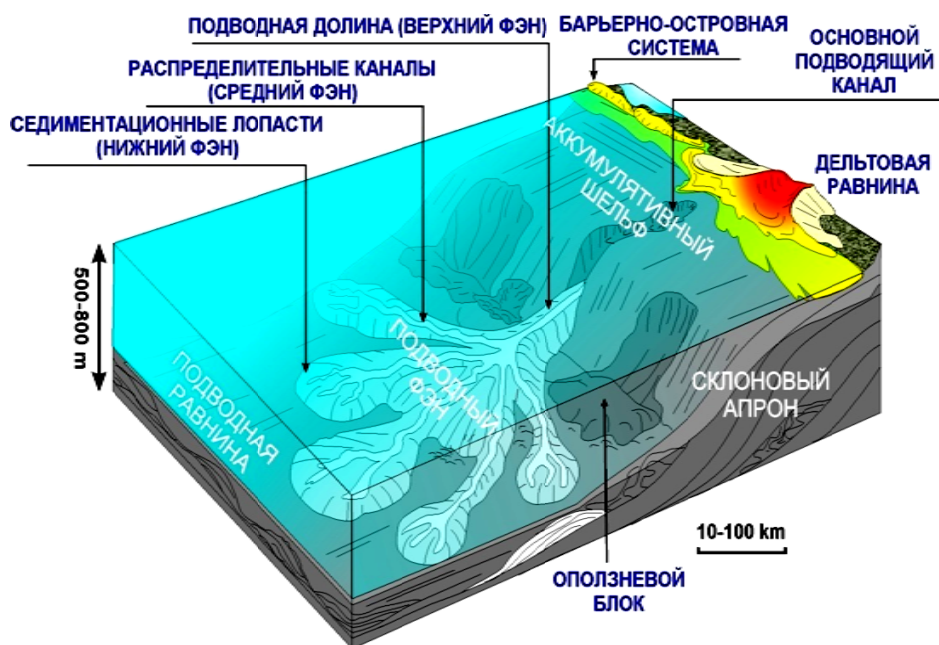


Рисунок 1 – Генерализованная модель, отображающая формирование седиментационных структур на пассивной континентальной окраине относительно глубоководного морского бассейна [14]; с изменениями и дополнениями автора

Figure 1 – Generalized model showing the formation of the sedimentary structures in the passive continental margin with respect to deep-sea basin [14]; with changes and additions of the author

В качестве основной единицы регионального нефтегеологического районирования неокосской нефтегазоносной толщи приняты крупные клиноформы [3, 12-15], отвечающие по своему рангу продуктивным горизонтам, а точнее парам коллектор-экран, опознаваемым по каротажу и зафиксированным в стратиграфической общепринятой номенклатуре. Региональным клиноформам, как единицам нефтегеологического районирования, придается статус нефтегазоносных (или прогнозных) мегазон. Каждой мегазоне присвоено географическое название. Оно соответствует, как правило, названию покрывки, экранирующей продуктивный горизонт, что является наиболее целесообразным.

Главный практический интерес связывается с осевыми частями мегалинз, с их депоцентрами (ДЦ), где сосредоточена основная масса подводных конусов выноса песчаного материала – зон размещения литологических и стратиграфических ловушек [3, 12].

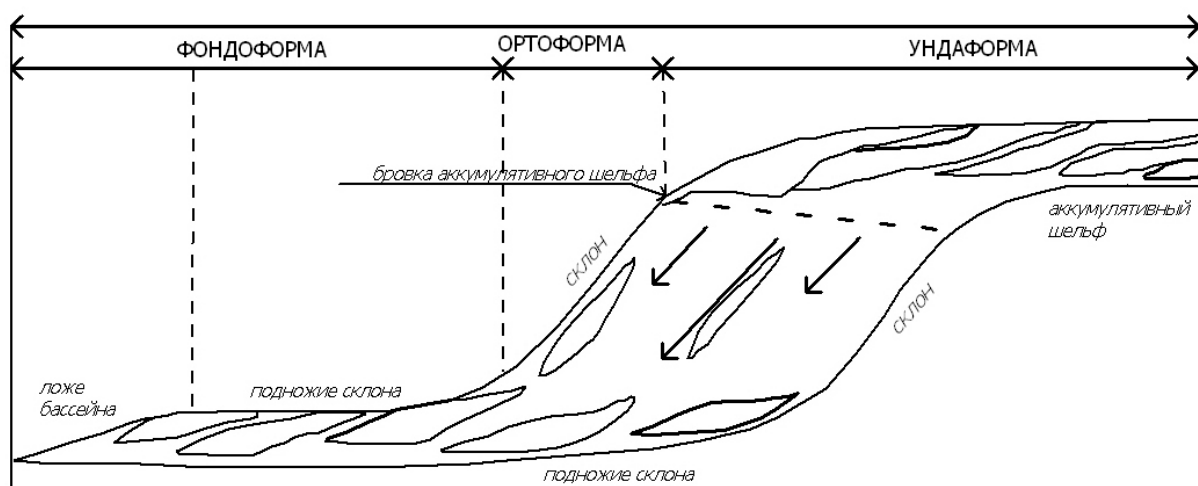


Рисунок 2 – Косослоистая модель строения шельфовых пластов клиноформного комплекса [15]

Figure 2 – Cross-bedded structure of the model offshore formations wedge-like complex [15]

Отложения ачимовской и баженовской свит представляют собой резервуары с очень сложным распределением в них линзовидных песчаных тел – коллекторов. Ловушки структурно-литологические, расположенные на моноклиналиях. На одном и том же месторождении и на одинаковых гипсометрических отметках могут залежать разные пласты с разным насыщением. Экранами для залежей служат различного ранга и масштаба глинистые пачки, в том числе региональные и субрегиональные пачки конденсированных глин, имеющие собственные названия. По фациальным условиям накопления области повышенных мощностей отложений ачимовской свиты соответствуют центральным частям конусов выноса речных отложений. Так, в пределах Сургутского свода, коллектора имеют сложное строение и развитие по площади. Формирование неокомских отложений связано с циклическим заполнением некомпенсированного бассейна и последовательным продвижением береговой линии на запад. Ачимовская толща, сформированная в глубоководных обстановках, представляет собой конуса выноса, образовавшиеся в результате перемещения песчаного материала из мелководных обстановок под действием энергии потока и под действием гравитационных сил [3, 12-15].

Баженовская свита (бажениты) – представляет собой толщу осадочных горных пород (тонкоплитчатые, слоистые песчаники, алевролиты, реже аргиллиты) выявленные в Западной Сибири на глубинах более двух километров. Эта толща распространена на территории более миллиона квадратных километров, при этом имеет сравнительно небольшую толщину порядка двадцати-тридцати метров. Баженовская свита имеет плотные глинистые породы, которые считаются нефтематеринскими. Глинистые породы представляют собой экран, который служит флюидоупором для залежей углеводородов. Особенностью этой толщи, определяющей ее промышленную ценность, является высокая насыщенность нефтью [3, 12-15].

В этой связи был проведен сравнительный анализ условий формирования седиментационных ловушек в ряде главных нефтегазоносных провинциях Казахстана.

Прикаспийский бассейн. В надсолевом комплексе Прикаспийского бассейна традиционно выделялись преимущественно два типа ловушек: надсводовые и межкупольные [7-9]. В последние два десятилетия были установлены седиментационные типы ловушек, что расширяет спектр перспективных на нефть и газ объектов [1, 2]. Вдоль крутых уступов соляных куполов установлено два типа структур. Первый выделяют при экранировании пород под горизонтально полусферическими пластами соли, связанными с куполами и простирающимися в межкупольное пространство карнизами, второй – при примыкании к склону купола пород, заполняющих межкупольные пространства. Межсолевые пространства сформированы пластами, расположенными между разновозрастными соленосными толщами. В межкупольной зоне в пределах месторождений Кенкиак и Кумсай установлены литологически ограниченные залежи УВ.

Специфика строения ловушек, их морфологическая выраженность в геолого-геофизических полях, пространственного расположения и нефтеносности позволяют сделать вывод, что надсолево-левому комплексу Прикаспийской впадины, даже в относительно изученных районах, имеется возможность поиска седиментационных ловушек.

Шу-Сарысу́йский бассейн расположен в центральной части раннепалеозойского Казахстанского палеоконтинента и представлял собой задуговой бассейн [10]. Чехол этого бассейна сложен комплексом девонско-пермских и мезозой-кайнозойских отложений с общей толщиной до 6000 метров. В литологическом разрезе здесь широко развиты красноцветные континентальные и прибрежно-эвапоритовые фации девона, карбона и перми, хотя в раннем карбоне весь составной континент был затоплен водами шельфового моря. Очертания этого бассейна резко менялись во времени, в очень больших временных интервалах. Задуговой бассейн ограничивался с севера Шуйским, а с юга Главным Каратауским разломами. На западе этого бассейна, в Большом Каратау, накапливались красноцветные терригенные отложения тюлькубашской свиты. На востоке, в Шуйско-Кендыктасской зоне – красноцветные конгломерат-песчаниковые средне-позднедевонская бетпақдалинская и позднедевонские сарыкамысская и жингельдинская свиты. В фамене-турне Малого Каратау формировались кварцевые конгломераты и аркозовые песчаники сулеймансайской толщи, залегающие с размывом и угловым несогласием на докембрии и нижнем палеозое. В центральной части бассейна формировалась пестророзовая терригенно-карбонатная с эвапоритами бестюбинская свита фамена, перекрытая сульфатно-карбонатно-терригенной, карбонатно-спонголитовой и сероцветной сульфатно-карбонатно-терригенной толщами раннего карбона. В среднем-позднем карбоне накапливались первоначально пестроцветная с прослоями кремнистых туффитов (таскудукская свита), а затем красноцветная (джезказганская свита) толщи аллювиальных равнин. В ранней перми накапливалась мергелисто-глинистая с эвапоритами пестроцветная терригенная жиделисайская толща. В поздней перми происходило отложение красноцветных песчано-глинистых и пестроцветных с серыми алевролитами и известняками и мергелями озерных отложений кенгирской свиты. Осадочные отложения бассейна смяты в крупные пологие синклинали, разделенные куполами солевых диапиров в их ядрах. Более линейные антиклинали характерны для центральной осевой части бассейна, известной как Тастинское поднятие. Резко разворачиваются в северо-восточном направлении синклинали квазиplatformенных отложений в сторону Шуйского поднятия – Тесбулакская, Каракольская и другие депрессии. По условиям геологического строения чехла на площади Шу-Сарысу́йского бассейна выделяется пять типов литолого-стратиграфических разрезов: Моинкумский, Кокпансорский, Тесбулакский, Сузак-Байкадамский и Жезказганский [10, 11].

Седиментационный тип ловушек установлен на газовом месторождении Придорожное [9], которое находится в Созакском районе Жамбылской области, в 260 км к югу от г. Жезказган. Месторождение приурочено к приразломной брахиантиклинальной складке субширотного простирания размеры складки 9 на 2,5 километра при амплитуде 210 м. По кровле нижнесерпуховского газоносного горизонта при общем сохранении структурного плана свод складки несколько смещается в восточном направлении. Размеры структуры 7,5x1,5 км, амплитуда 110 м по оконтуривающей изогипсе – 1100 м.

Следует отметить, что в Прикаспийском бассейне седиментационные формы в позднем палеозое формируются крайне ограниченно. В ранней перми в Прикаспийском бассейне карбонатные постройки (платформы) завершают свое развитие, тогда как седиментационные формы начинают свое формирование. В мезозойском комплексе Прикаспийского бассейна седиментационные ловушки более широко развиты в отложениях среднего триаса восточного борта бассейна. В триасе происходит формирование седиментационных залежей в пределах Мангышлакского авлакогена. Седиментационные ловушки в пределах восточной бортовой зоны Прикаспийской впадины локально развиты в следующих комплексах: 1) верхняя пермь, калиновская свита, 2) средний триас, 3) нижняя-средняя юра. В Мангышлакской провинции седиментационные ловушки развиты в мезозойском (триас-юрском) комплексе.

Ранний мел является главным этапом формирования клиноформных залежей в пределах Западно-Сибирского бассейна. Формируются клиноформные ачимовская и баженовская свиты неокома, накопление которых происходит в условиях «лавинной» седиментации. Зоны наилучших коллекторов располагаются в устьях глубоководных русел-каньонов, на продолжении которых

формируются конусы выноса терригенного материала. С позиций лавинной седиментации именно эти участки, где формируются песчаные зоны, можно считать наиболее перспективными не только по части коллекторов, но и с точки зрения генерации углеводородных скоплений, то есть наиболее богатыми по запасам. Аналогичные результаты получены зарубежными геологами при изучении природных резервуаров в турбидитных фациях и глубоководных конусах выноса.

В Шу-Сарысульской газоносной области образование локальных седиментационных ловушек происходит в карбоне-перми.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бекмухаметова З.А., Коробкин В.В. Перспективы поисков нефти и газа в седиментационных ловушках и их прогнозирование в нефтегазоносных провинциях Казахстана // Матер. междунар. науч. конф. «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии». – Алматы: КБТУ, 2012. – Т. 1. – С. 141-145.
- [2] Bekmukhametova Z.A., Korobkin V.V., Seilov D.S. New directions in exploration and prospecting of oil and gas deposits in the sedimentary traps in petroleum provinces of Kazakhstan // 29th IAS Meeting of Sedimentology. – 2012. – Vol. 10.
- [3] Гурарий Ф.Г. Строение и условия образования клиноформ неокомских отложений Западно-Сибирской плиты (история становления представлений). – Новосибирск: СНИИГГ и МС, 2003. – 141 с.
- [4] Леончик М.И. Седиментационные ловушки углеводородов Баренцевского мегабассейна – новое перспективное направление поисков нефти и газа: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Геленджик, 2011. – 22 с.
- [5] Трипольский В.П., Тулемисова Ж.С. Особенности методики магнитных съемок при поисках углеводородов // Матер. междунар. науч. конф. «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии». – Алматы: КБТУ, 2013. – Т. 1. – С. 165-167.
- [6] Трипольский В.П., Тулемисова Ж.С. Роль высокоточной магнитосъемки на этапе поисков залежей углеводородов // Вестник КБТУ. – 2013. – № 4(23) 2012. – С. 15-18.
- [7] Жолтаев Г.Ж. Геодинамические модели и нефтегазоносность палеозойских осадочных бассейнов Западного и Южного Казахстана: Автореф. дис. ... д. г.м. н. – М., 1992. – 50 с.
- [8] Даукеев С.Ж., Ужкенов Б.С., Абдулин А.А. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. – Алматы, 2002. – Т. 3: Нефть и газ. – 248 с.
- [9] Воцалевский Э.С., Булекбаев З.Е., Искужиев Б.А., Камалов С.М., Корстышевский М.Н., Куандыков Б.М., Куантаев Н.Е. и др. / Справочник «Месторождения нефти и газа Казахстана». – Алматы, 1999. – 326 с.
- [10] Korobkin V.V., Buslov M.M. Tectonics and geodynamics of the western Central Asian Fold Belt (Kazakhstan Paleozooids) Reference: RGG574 // Journal title: «Russian Geology and Geophysics». – New York, 2011. – Vol. 50, N 12. – P. 1585-1603.
- [11] Коробкин В.В. Тектоническое районирование и структурные стили палеозойд Казахстана // Изв. Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319, № 1. – С. 71-77.
- [12] Карагодин Ю.Н. Системная модель стратиграфии нефтегазоносных бассейнов Евразии. – В 2-х т. – Т. 1: Мел Западной Сибири / Ю.Н. Карагодин; Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН; Новосибир. гос. ун-т. – Новосибирск: Изд-во «Гео», 2006. – 166 с.
- [13] Ухлова Г.Д. Прогноз песчаных тел в клиноформной части неокома запада Сургутского свода (ачимовский нефтегазоносный комплекс): Автореф. дис. ... к.г.-м.н. – Новосибирск: ИГНиГ СО РАН, 2001. – 14 с.
- [14] Нежданов А.А. Сейсмогеологический анализ нефтегазоносных отложений Западной Сибири для целей прогноза и картирования неантиклинальных ловушек и залежей УВ: Автореф. дис. ... д. г.-м. н. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. – 44 с.
- [15] Игошкин В.П., Шлезингер А.Е. Генетические типы неокомских клиноформ Западной Сибири // Геология и геофизика. – 1990. – № 8. – С. 16-20.
- [16] Лисицин А.П. Закономерности осадкообразования в области быстрого и сверхбыстрого осадконакопления (лавинной седиментации) в связи с образованием нефти и газа в Мировом океане // Геология и геофизика. – 2009. – № 4. – С. 373-400.

REFERENCES

- [1] Bekmukhametova Z.A., Korobkin V.V. Prospects for oil and gas exploration in the sediment traps and forecasting of oil and gas provinces in Kazakhstan // Mater. Intern. scientific. Conf. "Problems of innovative development of oil and gas industry." Almaty, KBTU, 2012. Vol. 1. P. 141-145.
- [2] Bekmukhametova Z.A., Korobkin V.V., Seilov D.S. New directions in exploration and prospecting of oil and gas deposits in the sedimentary traps in petroleum provinces of Kazakhstan // 29th IAS Meeting of Sedimentology. 2012. Vol. 10
- [3] Gurarii F.G. The structure and conditions of formation clinofolds Neocomian deposits of the West Siberian Plain (the history of the formation representations). Novosibirsk: SNIIGG and MS, 2003. 141 p.
- [4] Leonchik MI Sediment traps Barents megabasin hydrocarbons - a promising new direction in the search of oil and gas // Abstract of the thesis for the degree of geological-mineralogical sciences. Gelendzhik. 2011. 22 p.
- [5] Tripolski V.P. Tulemissova Z.S. Features of a technique of magnetic surveys in the search for hydrocarbons // Mater. Intern. scientific. Conf. "Problems of innovative development of oil and gas industry". Almaty: KBTU, 2013. Vol. 1. P. 165-167.
- [6] Tripolski V.P. Tulemissova Z.S. The role of high-magnitosemki on stage exploration for hydrocarbon deposits // Herald of KBTU. N 2013. 4 (23), 2012. P. 15-18.
- [7] Zholtayev G.Z. Geodynamic model and Paleozoic petroleum potential of sedimentary basins of the Western and Southern Kazakhstan: Abstract. dis. ... d.g.m.n. M., 1992. 50 p.

- [8] Daukeev S.J., Uzhkenov B.S., Abdulin A.A. and others. Deep structure and mineral resources of Kazakhstan. Almaty, 2002. Vol. 3: Oil and gas. 248 p.
- [9] Votsalevsky E.S., Bulekbaev Z.E., Iskuzhiev B.A., Kamalov S.M., Korstyshevsky M.N., Kuandikov B.M., Kuantan N.E., et al. / Directory "Oil and gas of Kazakhstan". Almaty, 1999. 326 p.
- [10] Korobkin V.V., Buslov M.M. Tectonics and geodynamics of the western Central Asian Fold Belt (Kazakhstan Paleozooids) Reference: RGG574 // Journal title: «Russian Geology and Geophysics». New York, 2011. Vol. 50, N 12. P. 1585-1603.
- [11] Korobkin V.V. Tectonic zoning and structural styles Paleozooids Kazakhstan // Math. Tomsk Polytechnic University. 2011. Vol. 319, N 1. P. 71-77.
- [12] Karagodin Y.N. System model of stratigraphic oil and gas basins of Eurasia. The 2 vol. Vol. 1: Mel Western Siberia / Y.N.Karagodin; Institute of Petroleum Geology and Geophysics. Trofimuk SB RAS; Novosib. gos. univ. Novosibirsk: Publishing house "Geo", 2006. 166 p.
- [13] Ukhlov G.D. Prediction of sand bodies in klinofornoy of the Neocomian west Surgut crest (Achimov oil and gas complex): Abstract. dis. ... k.g.-m.n. Novosibirsk: Ignigena SB RAS, 2001. 14 p.
- [14] Nezhdanov A.A. Seismogeological analysis of oil and gas deposits of Western Siberia for the forecast objectives and mapping of non-anticlinal traps and hydrocarbon deposits: Author. dis. doctor sc. Tyumen: TSOGU, 2004. 44 p.
- [15] Igoshkin V.P., Schlesinger A.E. Genetic types Neocomian clinoforns Western Siberia // Geology and Geophysics. 1990. N 8. P. 16-20.
- [16] Lisitsyn A.P. Patterns of precipitation in the area of fast and ultra-fast sedimentation (rapid sedimentation) in connection with the formation of oil and gas in the oceans // Geology and Geophysics. 2009. N 4. P. 373-400.

Ж. С. Тулемисова

"Қазақстан-Британ техникалық университет" АҚБ Алматы, Қазақстан

**САЛЫСТЫРМАЛЫ МІНЕЗДЕМЕ ЖӘНЕ БАТЫС СІБІР, КАСПИЙ МАҢЫ,
ШУ-САРЫСУ БАССЕЙНДЕРДЕГІ СЕДИМЕНТАЦИЯЛЫҚ КӨМІРСҮТЕКТЕРІ
ТҮТҚЫШТАРДЫҢ КАЛЫПТАСУ ШАРТТАРЫ**

Аннотация. Қазақстанның басты мұнайлы газды провинцияларында седиментациялық (антиклиндік емес) мұнайлы-газды тұтқыштары қалыптасу мәселелері қаралған. Батыс Сібір, Каспий маңы, Шу-Сарысу шөгінді бассейндердің седиментациялық шоғырларға қысқа сиппатамасы берілген. Шөгінді бассейндердің қалыптасу алаңдары, стратиграфиялық мөлшерлері, зат құрамдары және олардың қалыптасу шарттары қарастырылған.

Батыс Сібір бассейнде ачим және бәжен неоком (төменгі мел) свиталары мұнайлы-газды кешені антиклиндік емес тұтқышын құрайды. Терең арна-шатқалдары сағаларында ең жақсы коллекторлар белдемі орналасқан. Көшкін седиментация позициясынан құмды депоцентрлер қалыптасу учаскелерді тек қана коллекторлар бойынша емес және көмірсутектердің шоғырларын сақтау мен туындату жағынан ең перспективалық болып саналады.

Каспий маңы бассейнде седиментациялық тұтқыштары кейінгі палеозой таужыныстардың қалыңдығында шектеулі дамыған. Ерте пермь кезеңінде карбонаттар құрылысы қалыптасады, сол кезінде седиментациялық тұтқыштары оқшау қалыптасуын енді бастайды.

Кейінгі палеозойда Шу Сарысу алабы доғалық бассейн болған. Жалпы қалыңдығымен 6000 метрге дейін девон-пермь және мезозой-кайнозой түзілімдердің кешенімен осы бассейн тысы құраған. Литологиялық кимасында осы жерде девон, карбон және пермь қызыл түсті континенттік және теңіздік-эвапоритфациялары дамыған, дегенімен ерте карбон кезеңінде бүкіл континент қайран теңізі суларымен басып қалған. Орталық және солтүстік бассейн жағындағы палеосклон, седиментацияның жалпы бағытталуы бірқатар газды кен орындарында орналасқан оқшай седиментациялық тұтқыштар қалыптасуына жағымды әсер еткен.

Түйін сөздер: седиментациялық тұтқыштар, геологиялық-геофизикалық әдістері, геологиялық құрылымдары, мұнайлы-газды облыстар және провинциялар.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 63 – 73

G. T. Borisenko, A. K. Issagaliyeva

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

E-mail: bgt69@mail.ru, a_isagaliyeva@mail.ru

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE CORE AND GWL CRETACEOUS AND JURASSIC SEDIMENTS OF SOUTH TORGAY DEPRESSION

Abstract. The analysis of GWL complex and laboratory petrophysical research has been carried out, the relationship between permeability and porosity have been studied, the boundary values of permeability and porosity, the dependence of the coefficient of porosity from the content of the clays have been justified. Terrigenous deposits of the upper Jurassic – lower Cretaceous of the studied deposits are characterized by geological heterogeneity and considerable variability of geophysical parameters. Modern methods of geophysical investigation of wells, in the fullness of the used complex and knowledge of petrophysical relationships between geophysical and reservoir characteristic parameters of the studied geological object, with the right idea on the type of collector and the application of geophysically grounded methods of reasonable interpretation provide an opportunity to obtain more representative data about the investigated geological section. The work gives the results of comparison of the materials obtained in the study of the core data with geological and geophysical studies of the deposit of South Torgay depression.

Key words: geophysical well logging, collector, porosity, permeability, clayiness, rock formation, petrophysical studies, filtration-capacitive properties of rocks, electrical resistivity, the intensity of natural gamma radiation, gamma radiation, interval time.

УДК 550.832 (550.853)

Г. Т. Борисенко, А. К. Исагалиева

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

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ КЕРНА И ГИС МЕЛОВЫХ И ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮЖНОТОРГАЙСКОЙ ВПАДИНЫ

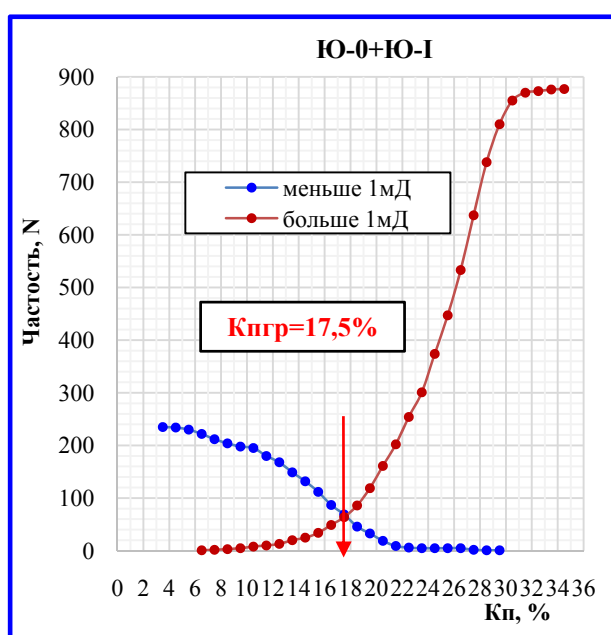
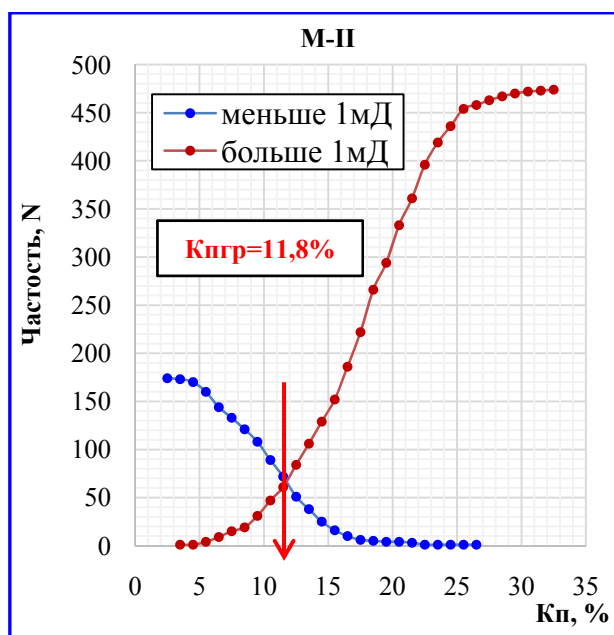
Аннотация. Проведен анализ комплекса ГИС, лабораторных петрофизических исследований, изучены связи между проницаемостью и пористостью, обоснованы граничные значения проницаемости и пористости, зависимости коэффициента пористости от содержания глин. Терригенные отложения верхней юры – нижнего мела изучаемого месторождения характеризуются геологической неоднородностью и существенной

изменчивостью геофизических параметров. Современные методы геофизических исследований скважин, при полноте используемого комплекса и знании петрофизических связей между геофизическими и подсчетными параметрами изучаемого геологического объекта, при правильном представлении о типе коллектора и применении геофизически обоснованных способов интерпретации, дают возможность получить представительные данные об изучаемом геологическом разрезе. В работе приведены результаты сопоставления материалов, полученных при изучении керна с данными геолого-геофизических исследований по месторождению Южнотургайской впадины.

Ключевые слова: геофизические исследования скважин, коллектор, пористость, проницаемость, глинистость, горная порода, петрофизические исследования, фильтрационно-емкостные свойства породы, удельное электрическое сопротивление, интенсивности естественного гамма-излучения, радиационного гамма-излучения, интервальное время.

Введение. В работе использованы данные по пересчету запасов нефти и растворенного газа изучаемого месторождения по состоянию изученности на 02.01.2010г., проведенного Институтом ТОО НИИ «Каспиймунайгаз» на основе проведенных исследовательских работ, включающих бурение новых скважин, отбора и анализа кернового материала, и пластовых флюидов и других данных, которые позволили уточнить геологическое строение и ФЕС продуктивных горизонтов [1]. Достоверную информацию о коллекторских свойствах изучаемых пород позволяет получить комплексный анализ результатов исследований керна, геофизических исследований скважин и петрофизических зависимостей [2, 4]. Используются скважинные (по керну и каротажу) данные по месторождению, где применены общая методика интерпретации геофизических данных (ядерных и электрических методов) по меловой и юрской толщам. Проведен анализ петрофизических исследований и методики проведения интерпретации каротажных диаграмм. Результаты позволили определить круг задач, решаемых для совершенствования методики и определения петрофизических параметров продуктивного комплекса.

На основании имеющихся полевых описаний керна и материалов по скважинам месторождения установлено, что для изучаемых отложений характерно чередование глин, песчаников и алевролитов [1, 3]. Между тем как идентификация интервалов продуктивных коллекторов так и оценка нефтенасыщенности обладают рядом специфических особенностей, что обусловлено сложным характером распределения физических свойств и насыщенности природных резервуаров за счет влияния геологических и технологических факторов на показания методов ГИС. В этой ситуации определение коллекторских свойств и характера насыщения, равно как и построение петрофизических моделей на базе системного анализа коллекторских свойств для месторождений Южно-Тургайской впадины, приобретают особую значимость.



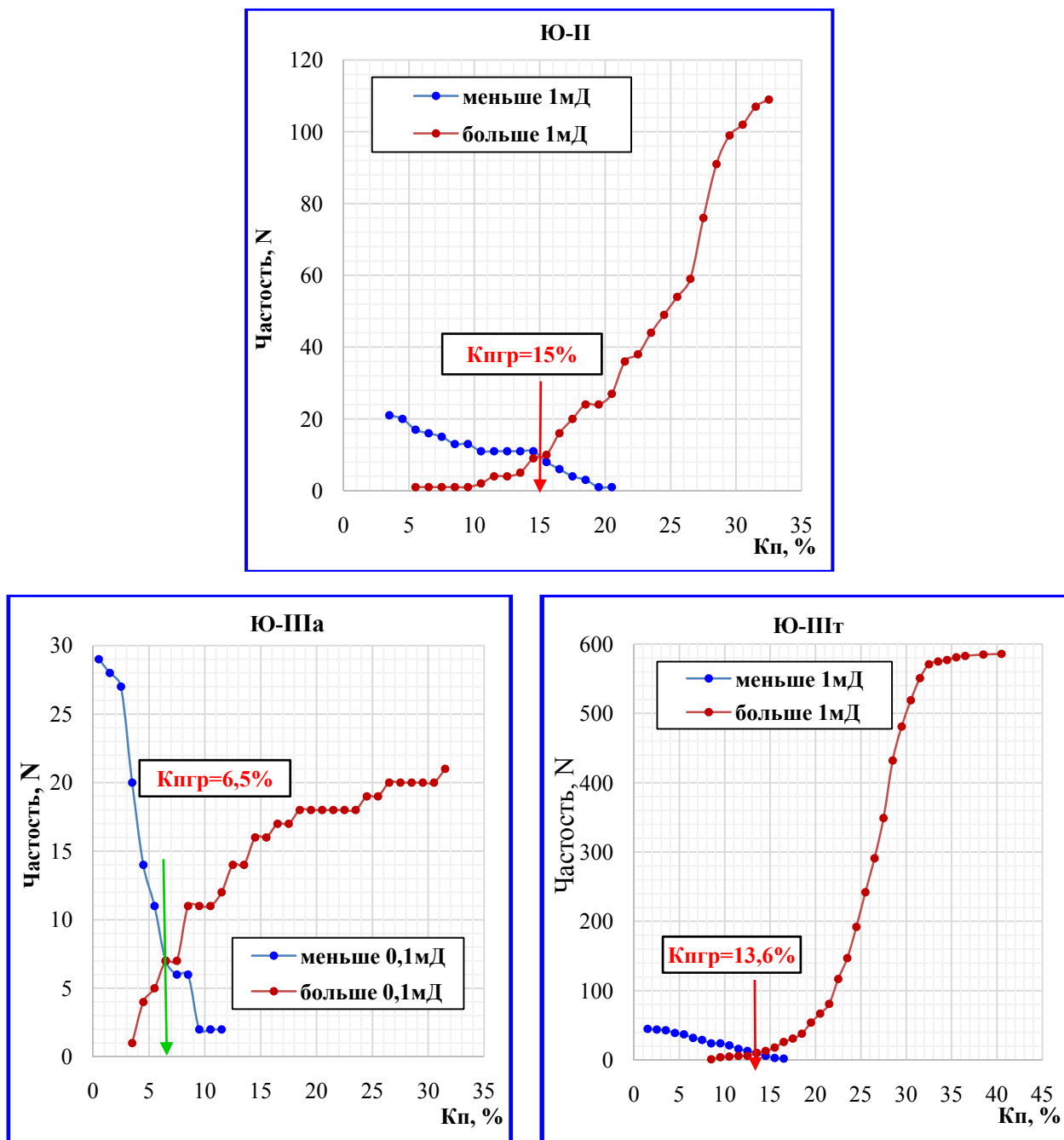


Рисунок 1 – Определение граничного значения пористости по данным ядра по продуктивным горизонтам месторождения

Figure 1 – Identification of boundary values of porosity according to the core data in all productive horizons of the deposit

Обоснование граничных значений проницаемости и пористости. Вскрытые в продуктивном разрезе породы представлены терригенными и терригенно-карбонатными отложениями [1, 3], для них построены интегральные кривые распределения коэффициентов пористости по данным анализов ядра для определения граничного значения пористости. Граничное значение проницаемости пород-коллекторов принято равным $1 \cdot 10^{-3}$ мкм² для терригенного и $0,1 \cdot 10^{-3}$ мкм² для карбонатного коллекторов. Результаты определения граничных значений пористости по продуктивным горизонтам месторождения показаны на рисунке 1 [1].

Зависимость проницаемости от пористости свидетельствует о возрастании значений проницаемости с возрастанием пористости по экспоненциальной функции. Графики построены по продуктивным горизонтам по результатам анализов зерна (рисунок 2). По графикам отмечается большой разброс точек, степень достоверности ($R^2 = 0,62-0,70$) [1].

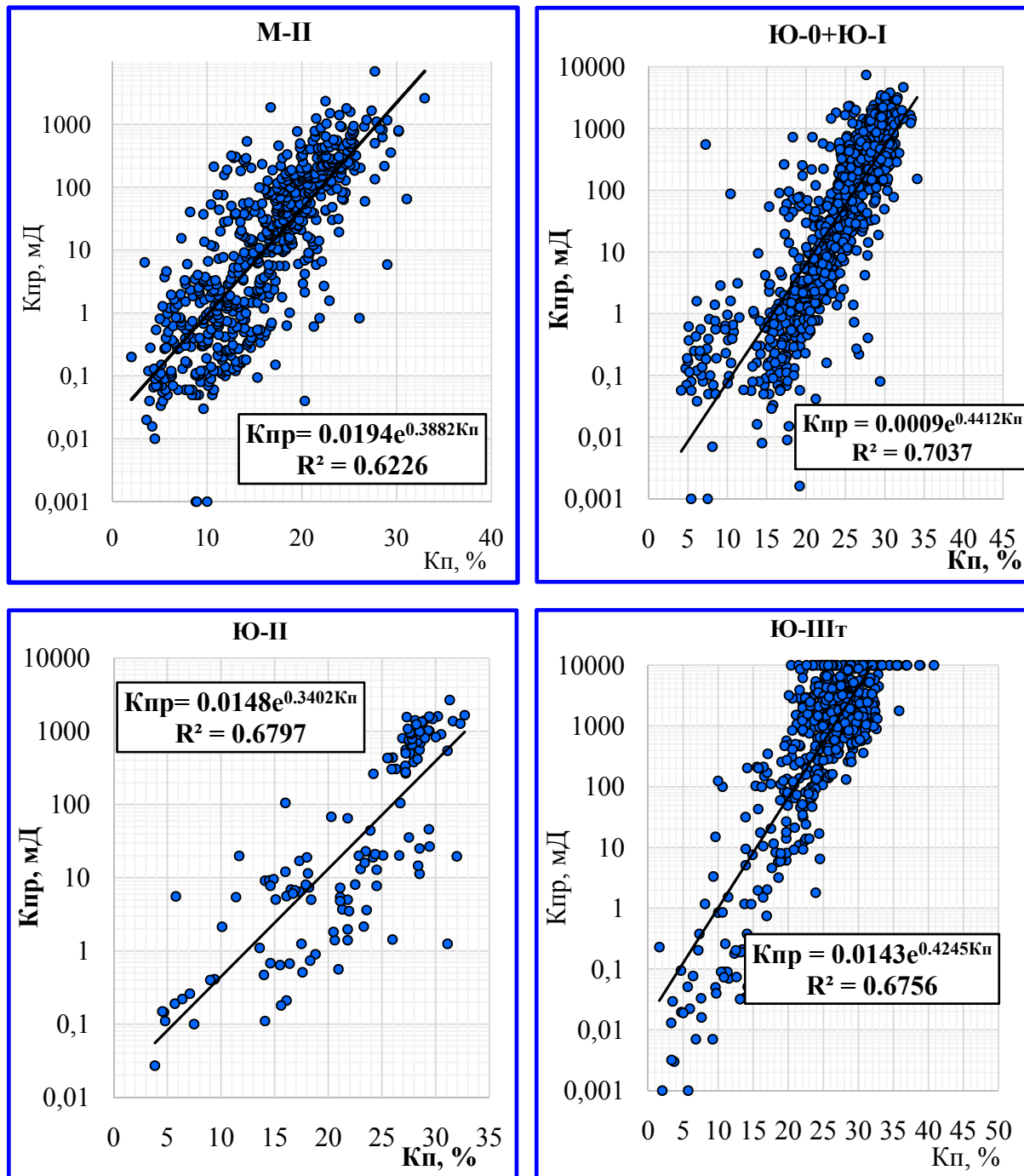


Рисунок 2 – Зависимости проницаемости от пористости для продуктивных горизонтов

Figure 2 – Dependence of permeability on porosity for productive horizons

Зависимости коэффициента пористости от содержания глин. На рисунке 3 проиллюстрировано сопоставление коэффициента пористости и проницаемости от объемной глинистости по продуктивным горизонтам [1].

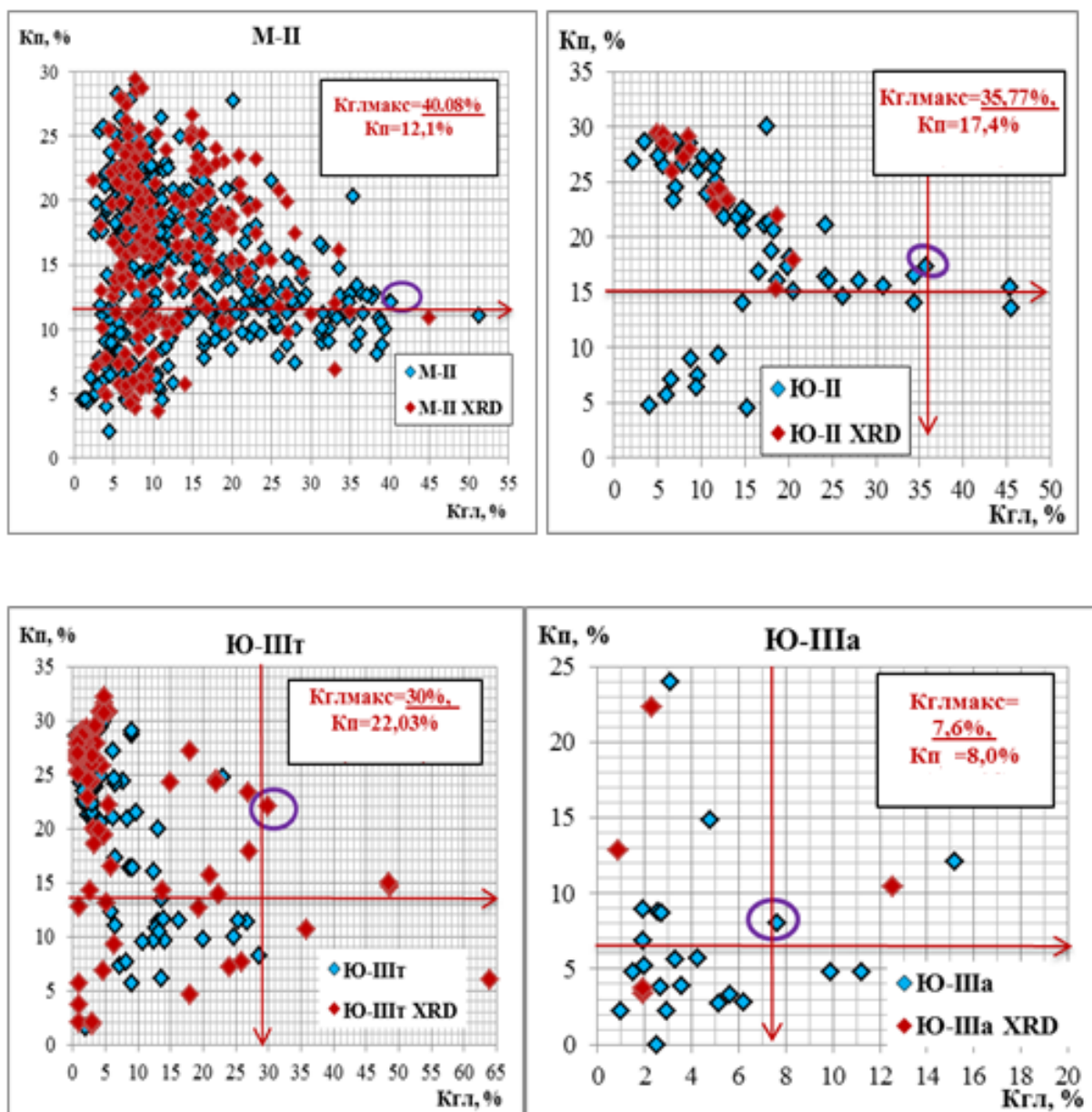


Рисунок 3 – Зависимость проницаемости от объемной глинистости по продуктивным горизонтам

Figure 3 – Dependence of permeability on volumetric clayiness for productive horizons

По данным анализа керн, по диаграммам распределения гранулометрических фракций, установлено, что в коллекторах мелового горизонта и в горизонтах Ю-0 + Ю-I и Ю-III преобладают коллектора тонкозернистые, в горизонте Ю-III – среднезернистые [1].

Зависимость параметра пористости от пористости. Зависимость между параметром пористости и коэффициентом пористости является основной интерпретационной моделью для определения коэффициента пористости по данным электрометрии скважин. Наличие высокой степени достоверности аппроксимации ($R^2 = 0,94$), и высокого значения коэффициента корреляции параметра пористости и коэффициента пористости, свидетельствующее о тесной связи между ними, позволяет рекомендовать полученное выражение для использования при интерпретации данных электрического каротажа скважин. Для построения зависимости $R_p = f(K_p)$ использовались данные параметра пористости и коэффициента пористости, соответствующие атмосферным условиям. Зависимости описываются уравнениями (рисунок 4):

$$R_p = K_p^{-1,74} \text{ – меловые отложения; } R_p = K_p^{-1,927} \text{ – юрские отложения [1].}$$

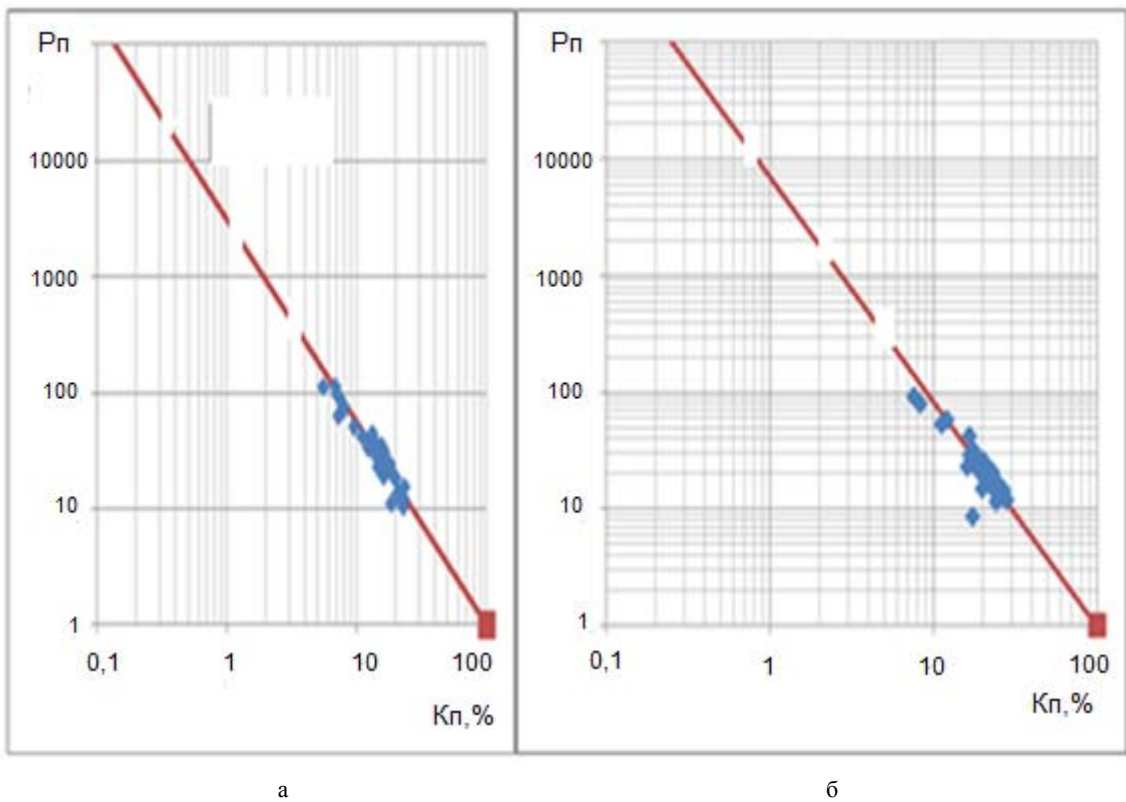


Рисунок 4 – Зависимость параметра пористости от коэффициента пористости для меловых (а), юрских отложений (б)

Figure 4 – Dependence of porosity parameter on the porosity coefficient for Cretaceous (а), Jurassic deposits (б)

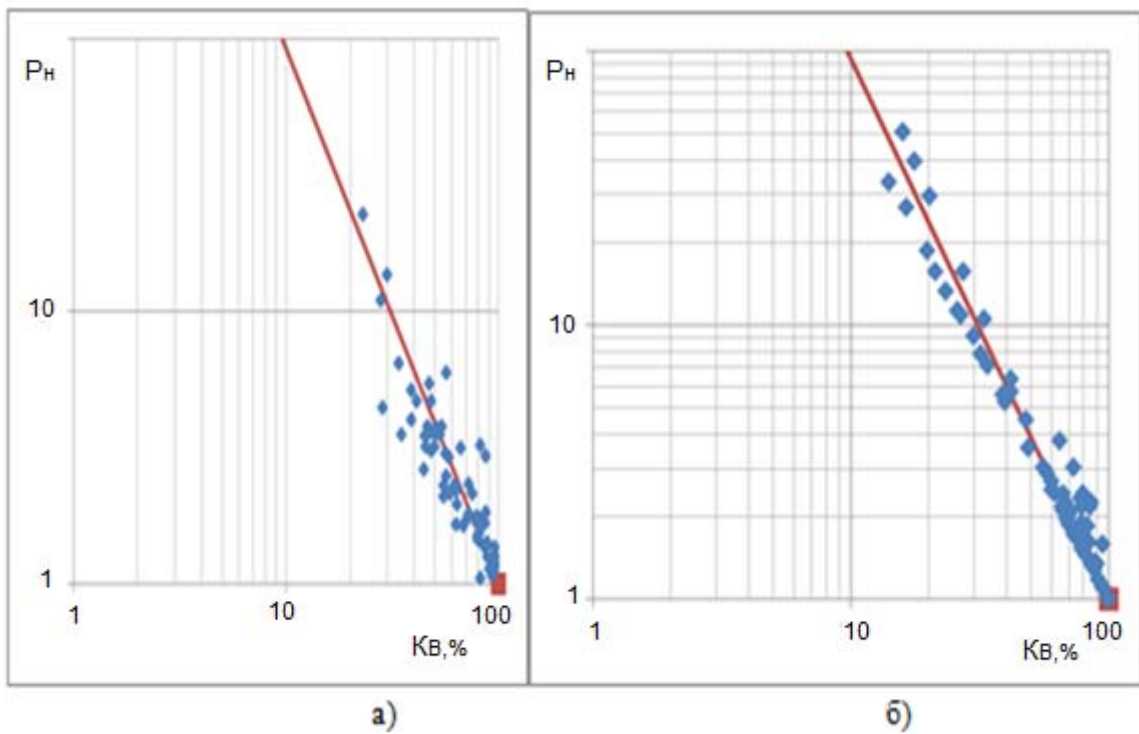


Рисунок 5 – Зависимость параметра насыщения от коэффициента водонасыщенности для меловых (а), юрских отложений (б)

Figure 5 – Dependence of the saturation parameter on water saturation coefficient for Cretaceous (а), Jurassic deposits (б)

Зависимость параметра насыщения от водонасыщенности. Как известно, основным методом определения характера насыщения коллектора является электрометрия скважин. С этой целью была изучена связь параметра насыщения $R_n = \rho_{\text{нп}} / \rho_{\text{вп}}$ с водонасыщенностью пород (K_v). На рисунке 5 приведены зависимости $R_n = f(K_v)$, которые с высокой степенью достоверности ($R^2 = 0,82; 0,87$) и коэффициентами корреляции $r=0,92; 0,95$ аппроксимируются степенными уравнениями:

$$R_n = K_v^{-1.964} \text{ – меловые отложения, } R_n = K_v^{-1.97} \text{ – юрские отложения [1].}$$

Изучение разрезов скважин по диаграммам ГИС. Начальным этапом интерпретации ГИС для определения емкостных свойств породы является определение литологии вскрытого разреза [4, 5]. Литология оценена по комплексу нейтронного – плотностного каротажа, нейтронного – акустического каротажа, с использованием соответствующих палеток и данных керна и шлама. Отложения изучаемого месторождения представлены терригенными породами с прослоями глин (рисунок 6, 7). В разрезе скважин коллекторы представлены песчаниками и алевролитами, которые хорошо выделяются по геофизическим методам.

Методы ГИС отличаются большим разнообразием и используют все виды физических полей (электрические, электромагнитные, тепловые, ядерных излучений, гравитационное, механических напряжений). Ни одна геологическая задача не может быть решена каким-то одним из методов ГИС в отдельности. Отсюда вытекает принципиальная комплексность применения методов ГИС и интерпретации получаемых результатов [2].

Используемый комплекс позволяет выделить глинистые прослои по кривым ГК, КВ и МКЗ. Глины в разрезе выделяются уверенно по низким УЭС (1,5–4,0 Ом), минимальным показаниям на кривой НГК (1,2–1,9 усл. ед.), при максимальных показаниях ГК (до 14 мкР/ч). Интервальное время на кривой акустического каротажа при этом равно 320 мкс/м и более.

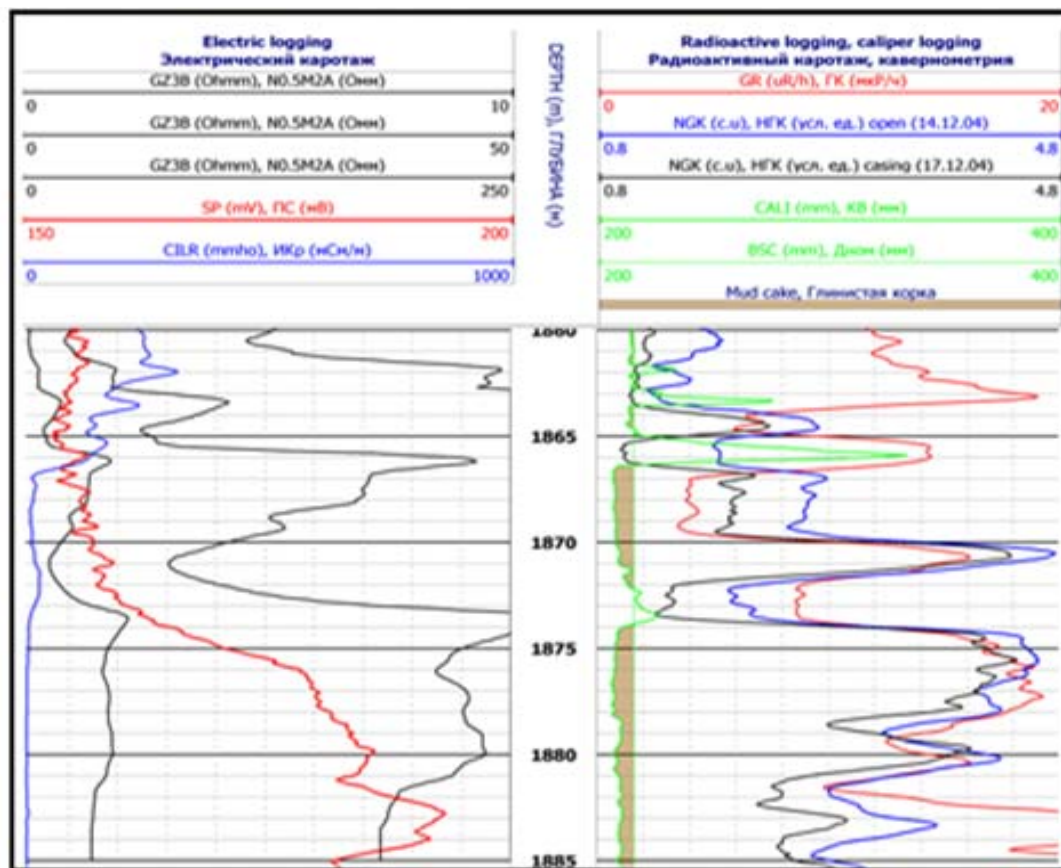


Рисунок 6 – Комплекс ГИС по скважине месторождения

Figure 6 – GWL complex for the well deposit

Плотные прослои выделяются достаточно надёжно по повышенным значениям плотности 2,5–2,7 г/см³, низкими значениями по АК (168–200 мкс/м), низкой интенсивностью естественного гамма излучения (4–6 мкР/ч).

Пористые песчаники имеют пониженное значение ГК (3–6 мкР/ч), плотность меняется от 2,1 до 2,5 г/см³, время пробега упругой волны 270–320 мкс/м). При выделении коллекторов информативными являются методы электрокаротажа, наличие глинистой корки или номинальный диаметр скважины, отрицательная аномалия ПС. При оценке эффективных толщин из общей толщины выделенных коллекторов исключались глинистые, плотные и углистые прослои, контролируемые данными комплекса геофизических исследований (рисунок 7).

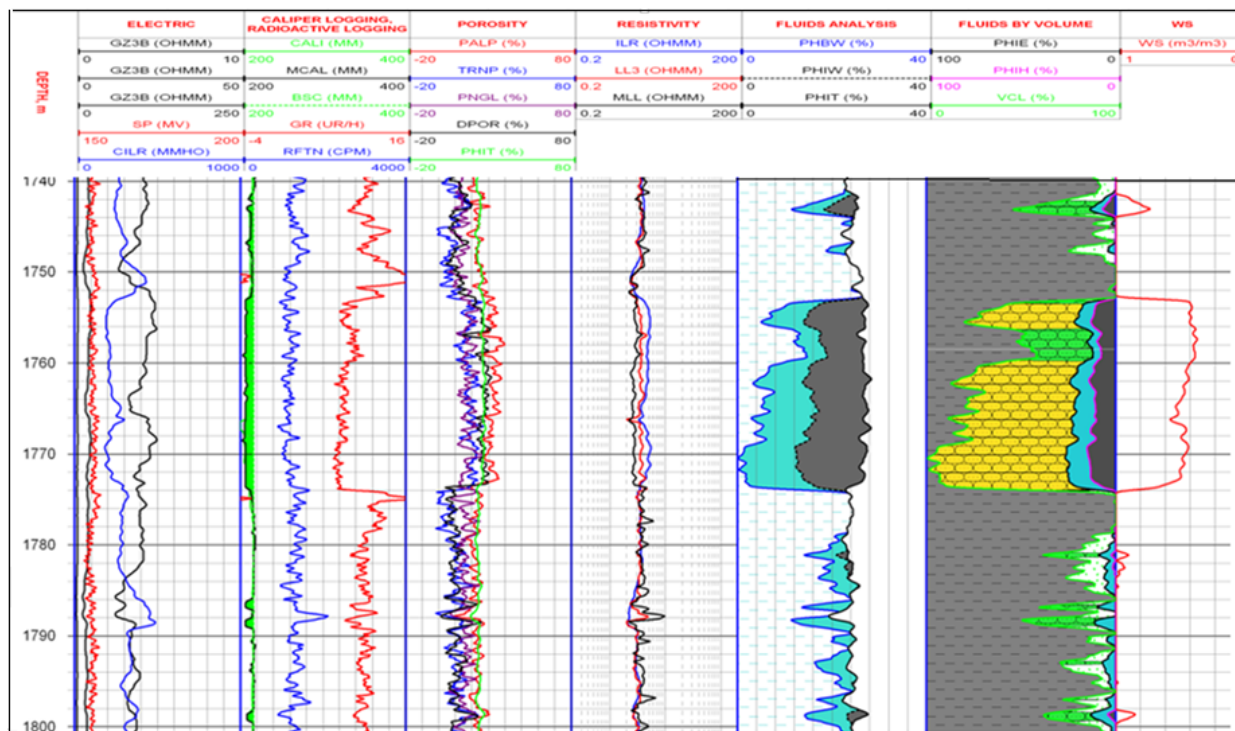


Рисунок 7 – Комплексный анализ ГИС и керна по скважине

Figure 7 – Comprehensive analysis of GWL and core in the borehole

В интервале полного комплекса по кривой ПС разрез не расчленяется (в связи в близкими значениями сопротивления пластовой воды и бурового раствора). Для уточнения коллекторских характеристик по кривым нейтронных методов записи выполнены в варианте ННКт (прибор РК-П) и НГК (прибор СРК-01), а также повторный замер в закрытом стволе метода НГК (прибор СРК-01). Нехарактерные показания НГК (ННКт) (уменьшение фона по сравнению с вмещающими породами) в интервале (1751,0–1774,0 м) связаны с высокой заглинизованностью и высокопористостью коллектора (фон ГК ≈ 8 мкР/ч). Таким образом, увеличение эффективной пористости (рост водородосодержания) приводит к закономерному уменьшению показаний НГК (ННКт) на фоне вмещающих пород. Коллекторские свойства пласта по остальным методам ГИС однозначно указывают на наличие углеводородов. Горизонт Ю-II вскрыт в интервале 1774,0–1863,8 м. Литологически представлен в основном глинами. В интервале 1820,2–1842,2 м вскрыт проницаемый прослой песчаника, который оценивается как водонасыщенный со средневзвешенным $K_{п} = 18–24\%$. Выше данного пласта в этом горизонте вскрыты маломощные пласты с ухудшенными коллекторскими свойствами, имеющиеся в своих порах остаточные углеводороды.

Петрофизическое обеспечение методики интерпретации диаграмм ГИС. При определении глинистости по ГК использован двойной разностный параметр, зависимость В. В. Ларионова [1]:

$$K_{гЛ} \text{ ГК} = 0.333 \cdot (2^{(2 \cdot \Delta I)} - 1),$$

где $\Delta I = (ГК - ГК \text{ мин}) / (ГК \text{ макс} - ГК \text{ мин})$ – двойной разностный параметр; ГК – интенсивность естественного гамма-излучения интерпретируемом пласте; ГК мин – значение интенсивности гамма-излучения в неглинистых породах (опорных, чистых); ГК макс – значение интенсивности гамма-излучения в глинах.

Определение пористости по плотностному каротажу осуществлялось по уравнению [1, 5]:

$$КпГК = (\sigma_{ск} - \sigma_{пл}) / (\sigma_{ск} - \sigma_{ж}) - КгЛ (\sigma_{ск} - \sigma_{гл}) / (\sigma_{ск} - \sigma_{ж}),$$

где $\sigma_{ск} = 2,65 \text{ г/см}^3$ – плотность скелета породы; $\sigma_{ж} = 1 \text{ г/см}^3$ – плотность флюида; $\sigma_{пл}$ – текущее значение кривой.

Пористость по АК рассчитывалась по уравнению среднего времени с поправкой за глинистость [1, 5]:

$$Кп \text{ АК} = (\Delta T - \Delta T_{ск}) / (\Delta T_{ж} - \Delta T_{ск}) - КгЛ \cdot (\Delta T_{гл} - \Delta T_{ск}) / (\Delta T_{ж} - \Delta T_{ск}),$$

где ΔT – текущее значение интервального времени, мкс/м; $\Delta T_{ск}$ – время пробега в скелете принято равным 170 мкс/м; $\Delta T_{ж}$ – время пробега в жидкости – 600 мкс/м; $\Delta T_{гл}$ – время пробега на глинах.

Достоверность расчета коэффициентов пористости по ГИС проверялась сопоставлением расчетных и керновых данных (рисунок 8).

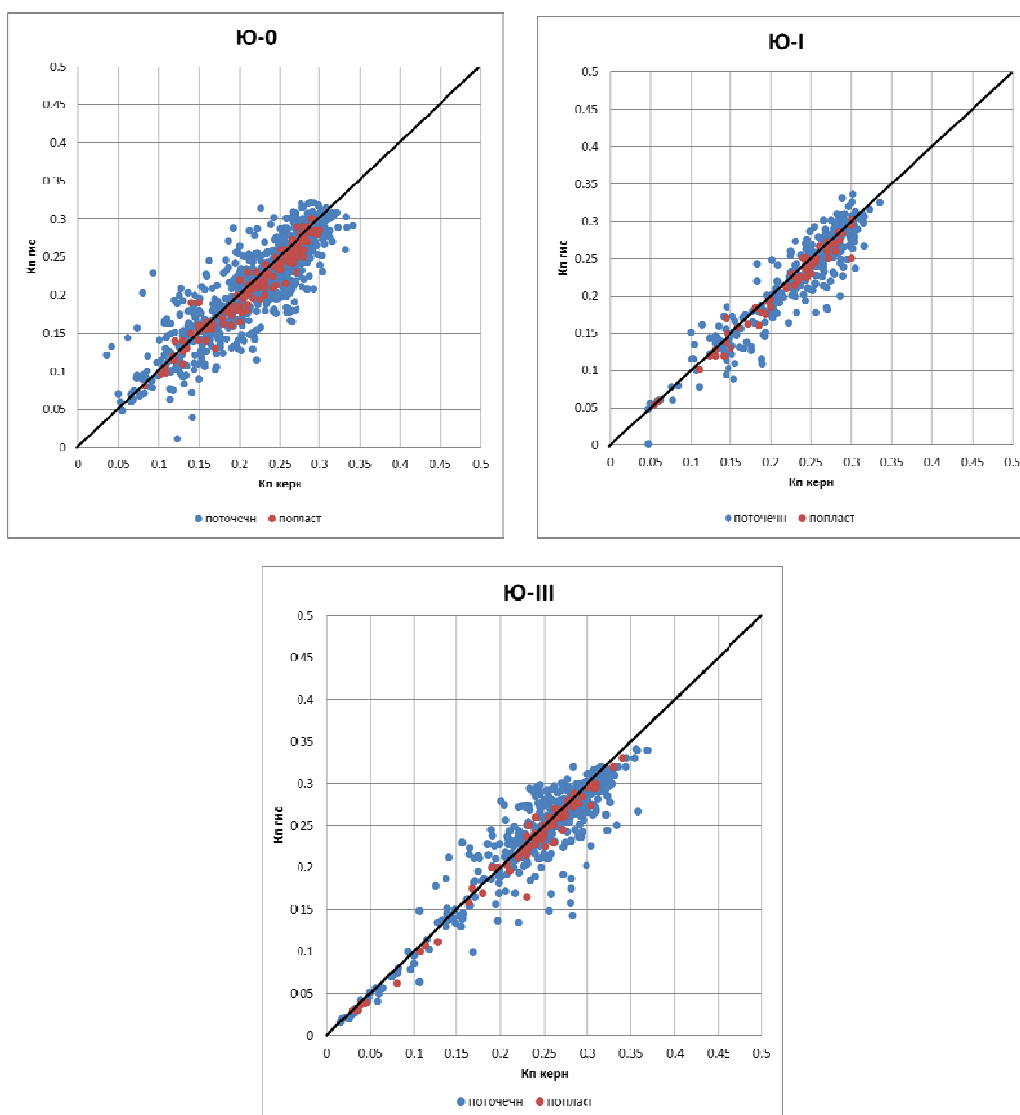


Рисунок 8 – Сопоставление коэффициентов пористости КпГИС и КпКЕРН

Figure 8 – Comparison of porosity coefficients of CP_{GWL} and CP_{core}

Оценка характера насыщения коллекторов продуктивных горизонтов осуществлялось по удельному электрическому сопротивлению ($УЭС$) и расчетному коэффициенту нефтегазонасыщенности ($Кнг$). Коэффициент нефтенасыщенности определялся по удельному электрическому сопротивлению с использованием петрофизических связей, обоснованных на керне месторождения. Коэффициент водонасыщенности ($Кв$) по данным ГИС был определен по уравнению Арчи [2, 5]:

$$Кв = (a \cdot Rв / KпmRп) 1/n,$$

где $Rв$ – удельное электрическое сопротивление пластовой воды; $Kп$ – коэффициент пористости, оцененный по ГИС; $Rп$ – истинное $УЭС$ пласта в непромытой зоне по БК, ИК.

Результаты анализа петрофизических и геофизических исследований. Достоверность определения коллекторских свойств и характера насыщения коллекторов зависит от многих факторов: полноты и качества исходной информации, оптимальности интерпретации промыслово-геофизических материалов. Правильность выводов о наличии пластов коллекторов подтверждается по данным представительного керна, поднятого из оценочных скважин при сплошном отборе керна и его исследовании. Характер насыщения проверяется по результатам испытания [2, 4, 5]. Для изучаемых отложений получены интерпретационные модели, позволяющие по данным ГИС определять пористость и характер насыщения коллекторов, необходимые при подсчете запасов углеводородов [1].

Выводы.

Количественные критерии разделения пластов на коллекторы и неколлекторы установлены по керну, и соответственно равны: М-II – 11,8%; Ю-0+Ю-I – 17,5%; Ю-II – 15%. Для горизонта Ю-III получены граничные значения пористости для разного типа отложений равны: Ю-III (карбонатные отложения) – 6,5% Ю-III (терригенные отложения) – 13,6%.

Максимальная объемная глинистость по керну: М-II – 40%; Ю-0 + Ю-I – 38%; Ю-II – 35,75%; Ю-III карб. – 7,6%, Ю-III тер. – 30,0%.

Для продуктивных коллекторов критические значения сопротивления нефтенасыщенных коллекторов следующие: пласт продуктивен для мелового горизонта при значениях сопротивления от 3,0–10,0 Ом, к водоносным отнесены пласты – от 0,5 Ом до 2,0–2,5 Ом. Для Ю-0 горизонта сопротивления в нефтеносных пластах составляют 2–10 Ом. По Ю-III-Т горизонту нефтеносный пласт четко выделяется в диапазоне сопротивлений от 5–6 Ом до 200 Ом.

Средние значения $Кнг$ по горизонтам изменяются в основном от 46 до 85%. При разделении коллекторов по характеру насыщения, использован коэффициент нефтегазонасыщенности $Кнг$ по опробованным пластам: к водоносным отнесены коллекторы с $Кнг \leq 45\%$, к нефтеносным – с $Кнг \geq 45\%$.

Наличие глин в пласте усложняет работу петрофизика, поскольку, как правило, они имеют высокую электропроводность и занижают электрическое сопротивление пород, насыщенных углеводородами. Кристаллы глины связывают воду, которая адсорбируется на их поверхности, а также катионы (например, натрия), окруженные гидратной водой. Это приводит к росту электропроводности глинистого песчаника, содержащего углеводороды, по сравнению с песчаником, в котором глины отсутствуют [2].

Метод расчета пористости по диаграмме плотностного каротажа, использующий соответствующие плотности матрицы и флюида может оказаться крайне ошибочным, если в пласте в различных количествах присутствуют также и более тяжелые минералы

От проведенных геологоразведочных работ требуется высокая точность и эффективность при поисках месторождений нефти и газа. Учитывая возможности современных геофизических методов исследований геологического строения недр, в частности геофизических исследований скважин, применяемого аппаратурно-методического комплекса, компьютерной обработки и интерпретации исходных данных, возможно сделать вывод о высокой эффективности методов ГИС.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Отчет «Прирост запасов нефти и растворенного газа продуктивных горизонтов М-1-2 и Ю-III месторождения ... Кызыл-Ординской области республики Казахстан, промыслово-геофизические исследования скважин, методика и результаты интерпретации». 2010 г.

- [2] Дарлинг Тоби. Практические аспекты геофизических исследований скважин. – М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2011. – 400 с.
- [3] Шахабаев Р.С., Кульжанов М.К., Парагульгов Х.Х., Давыдов Н.Г., Жолтаев Г.Ж., Парагульгов Х.Х. Тектоническое развитие и нефтегазонасыщенность Южно-Торгайского бассейна: Монография. – Алматы: НИЦ «Гылым», 2004. – 160 с.
- [4] Тиаб Дж., Доналдсон Эрл Ч. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов. – М.: ООО «Премиум-Инжиниринг», 2009. – 868 с.
- [5] Кожевников Д.А., Чемоданова Т.Е. Определение коэффициентов эффективной пористости // В кн.: Методические рекомендации по определению подсчетных параметров залежей нефти и газа по материалам геофизических исследований скважин с привлечением результатов анализа керна, опробования и испытаний продуктивных пластов / Ред.: Б.Ю. Вендельштейн, В.Ф. Козяр, Г.Г. Яценко. – Калинин: ВНИГИК, 1990. – С. 142-150.

REFERENCES

- [1] Otchet «Prirost zapasov nefti i rastvorenogo gaza produktivnyh gorizontov M-1-2 i Ju-III mestorozhdenija ... Kyzyl-Ordinskoj oblasti respubliky Kazahstan, promyslovo-geofizicheskie issledovanija skvazhin, metodika i rezul'taty interpretacii». 2010 (in Russ.).
- [2] Toby Darling Well logging and formation evaluation. M.: ООО «Premium Inzhiniring». 2011. 400 p. (in Russ.).
- [3] Shahabaev R.S., Kul'zhanov M.K., Paragul'gov H.H., Davydov N.G., Zholtaev G.Zh., Paragul'gov H.H. Tektonicheskoe razvitiye i neftegazonosnost' Juzhno-Torgajskogo bassejna: Monografija. Almaty: NIC «Ghylym», 2004. 160 p. (in Russ.).
- [4] Tiab Dzh, Donaldson Erl Ch. Petrofisisika: teoria i praktika izucheniya kollektorskikh svoystv gornyx porod i dvizheniya plastovykh flyidov. M.: ООО «Premium Inzhiniring», 2009. 868 p. (in Russ.).
- [5] Kozhevnikov D.A., Chemodanova T.E. Opredelenie koeficientov jeffektivnoj poristosti // V kn.: Metodicheskie rekomendacii po opredeleniju podschetnyh parametrov zalezhej nefti i gaza po materialam geofizicheskikh issledovanij skvazhin s privlecheniem rezul'tatov analiza kerna, oprobovanija i ispytaniy produktivnyh plastov / Red.: B.Ju. Vendel'shtejn, V.F. Kozjar, G.G. Jacenko. Kalinin: VNIGIK, 1990. P. 142-150 (in Russ.).

Г. Т. Борисенко, А. К. Исагалиева

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

ОҢТҮСТІК ТОРҒАЙ ОЙЫСЫНЫҢ КЕНОРНЫНДАҒЫ БОР ЖӘНЕ ЮРА ШӨГІНДІЛЕРІНДЕ ҰГЗ ЖӘНЕ КЕРНДІ КЕШЕНДІ САРАПТАУ

Аннотация. Саз құрамынан кеуектілік коэффициентінің тәуелділігі; өткізгіштік пен кеуектіліктің шектік мәндері негізделген, өтімділік пен кеуектілік арасындағы байланыс зерттелді, ҰГЗ кешеніне сараптама және зертханалық петрофизикалық зерттеулер жүргізілді. Зерттеліп отырған кенорынның жоғарғы юра-төменгі бор терригенді шөгінділерінде геологиялық әртектілік және геофизикалық параметр өзгергіштігін сипаттайды. Зерттелініп отырған геологиялық нысанның геофизикалық және есептелінетін параметрлері арасындағы петрофизикалық байланысты білу және қолданылатын кешеннің толық кезінде, ұңғымаларды геофизикалық зерттеудің қазіргі кездегі әдістері. Осы жұмыста салыстырылған мәліметтердің нәтижелері көрсетілген, олар Оңтүстік Торғай ойпатындағы кенорын бойынша геолого-геофизикалық зерттеулердің мәліметтері және кернді зерттеу мәліметтері бойынша алынған.

Түйін сөздер: ұңғыманы геофизикалық зерттеу, коллектор, кеуектілік, өткізгіштік, саздылық, петрофизикалық зерттеулер, меншікті электрлік кедергі, табиғи гамма сәулеленудің қарқындылығы, радиациялы гамма-сәулелену, аралық уақыт, кеуектілік параметрі, мұнай-газ қанықтылық параметрі.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 74 – 79

A. Nurmagambetov

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

E-mail: nalkuat@mail.ru

THE ROLE OF PALAEOSEISMOLOGICAL DATA IN ASSESSMENT OF THE SEISMIC HAZARD IN KAZAKHSTAN

Abstract. The article is devoted to the use of palaeoseismological data in assessment of the seismic hazard in Kazakhstan. The main group of data on earthquakes, used in the preparation of maps of seismic zoning. It is particularly emphasized the importance of palaeoseismological data that complement the historical and current data on seismicity by identifying, describing and dating palaeoearthquakes large. It noted the low level of development palaeoseismological studies in Kazakhstan and offered the main directions of research.

Key words: earthquake, seismic hazard, seismic zoning, active fault, seismic dislocations, paleoseismology.

УДК 550.34

А. Нурмагамбетов

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,

Алматы, Казахстан

РОЛЬ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. Статья посвящена использованию палеосейсмологических данных при оценке сейсмической опасности территории Казахстана. Рассмотрены основные группы данных о землетрясениях, используемые при составлении карты сейсмического районирования. При этом особо подчеркнута важность палеосейсмологических данных, которые дополняют исторические и современные данные о сейсмичности путем выявления, описания и датирования крупных палеоземлетрясений. Отмечен слабый уровень развития палеосейсмологических исследований в Казахстане и предлагаются основные направления исследований.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмическое районирование, сейсмодислокации, палеосейсмология, активный разлом, сейсмическая опасность.

Введение. Одна из важнейших задач современной сейсмологии – совершенствование методов оценки сейсмической опасности соответствующих территорий. Ныне эта задача стала особенно актуальной, поскольку действующие нормативные карты сейсмического районирования обладают определенными недостатками и промахами. Сильные землетрясения продолжают возникать неожиданно не только во времени, но и в пространстве, т.е. они продолжают происходить там, где их совсем не ожидали, или же их повторяемость не соответствует расчетной. К числу основных причин, снижающих качество карт сейсмического районирования, наряду с методическими недоработками, специалисты относят недостаточно полное привлечение исходных данных при их составлении [1].

Следуя основным принципам составления карты сейсмического районирования, при оценке сейсмической опасности необходимо учитывать три основные группы данных о землетрясениях: **доисторические**, **исторические** и **современные**. Каждая группа данных представляет большой самостоятельный интерес. Вместе с тем, дополняя друг друга, они имеют определяющее значение для конечного результата – оценки сейсмической опасности конкретной территории.

Доисторические данные о землетрясениях в классических трудах ученых часто называют палеосейсмологией, т.е. изучение доисторических землетрясений, главным образом их местоположение, время возникновения и величины [2, 4]. Необходимость использования палеосейсмологических данных при оценке сейсмической опасности вызвана, прежде всего, с расширением временной рамки и принципиальными возможностями использования сведений за большой срок времени.

Как известно, одной из проблем оценки сейсмической опасности любого региона является определение максимально возможного в нем землетрясения. Именно максимальные землетрясения, как бы редко они не происходили, определяют в первую очередь предельную силу воздействия на все сооружения данного региона. У сейсмологов эта проблема именуется проблемой M_{max} , то есть установление предельно возможных в определенном районе по магнитуде землетрясений. В этом отношении палеосейсмологические данные, с оценкой M_{max} представляют собой большой интерес не только для оценки ожидаемой сейсмической опасности, но и интервала повторения сильных землетрясений, ибо землетрясения постоянно повторяются там, где они когда-то происходили.

Основоположники палеосейсмологического метода – советские ученые-сибиряки предложили оригинальный способ находить места, где в прошлом происходили сильные внутриконтинентальные землетрясения с неглубокими очагами, но по разным причинам оставшиеся неизвестными [3, 4]. Однако только в отдельных районах Сибири метод полноценно использовался при сейсмическом районировании и, по ряду причин не получил должного развития в других регионах.

Значимый прогресс в этой области произошел за последние годы в рамках проекта «Землетрясения без границ» [5]. Участники проекта ведут работы по выявлению и изучению активных разломов в относительно стабильных континентальных областях с определением их возраста, хотя по сейсмостатистике в них отсутствуют сведения об исторических землетрясениях.

Таким образом, основное достоинство палеосейсмологических данных заключается в том, что они позволяют восстановить историю сильнейших землетрясений за период времени, сопоставимый и превышающий период повторяемости таких событий в одной очаговой зоне

Под **историческими** данными подразумеваются изучения землетрясений исторического периода, обеспеченные письменными сведениями по сильным землетрясениям (макросейсмические данные). Они несут наиболее важную информацию, являясь по существу для многих районов на сегодняшний день, единственной основой для количественной оценки максимального уровня сейсмической опасности.

Вместе с тем, систематизированные макросейсмические данные по землетрясениям характеризуют лишь очень небольшой отрезок времени, по существу с начала XX в. Это крайне малый временной интервал возможного изучения землетрясений. Первой капитальной сводкой (только макросейсмических данных) о землетрясениях территории бывшего СССР и сопредельных регионов следует считать каталог И. В. Мушкетова и А. П. Орлова [6]. Ясность и конкретность содержащихся в нем данных во многом определили возможность их использования для оценки численных параметров исторических землетрясений.

Современные данные о землетрясениях включают и макросейсмические, и инструментальные сведения о землетрясениях. Исторически макросейсмические приемы сложились раньше, но на современном этапе были предложены новые описательные шкалы для классификации землетрясений по их силе, методике обработки и анализа данных [7, 8].

История развития инструментальных сейсмических наблюдений берет свое начало с конца XIX века, когда еще в некоторых странах предпринимались попытки применить для наблюдений случайный набор сейсмической аппаратуры (приборы системы Боша, Мильна, Элрета, Цельнера и др.). С начала XX века (с 1907 г.) начинается организация сети сейсмических станций на территории России, а регулярные сейсмические наблюдения, в том числе на территории Казахстана, начинаются с 1927 г. С тех пор происходит дальнейшее повышение эффективной чувствительности сейсмических станций, расширение динамического и частотного диапазонов регистрируемых сигналов.

Таким образом, исторический и современный периоды изучения землетрясений, вместе взятые, составляют чуть больше 100 лет. Достаточный ли это срок для оценки сейсмической опасности? В действительности, никто не может сказать, какой период наблюдений считать достаточным, чтобы полагать, что в течение него сильнейшее землетрясение обязательно проявится. Ведь интервал повторения сильных землетрясений с $M > 7$ для разных зон может колебаться от десятков лет до 1,5–2 тыс. лет. Также на сегодняшний день известно, что в ряде регионов сейсмическая активность проявляется во времени не равномерно, а подвержена флуктуациям. Отсюда становится ясно насколько важно привлечение сведений о палеоземлетрясениях для наиболее полной и объективной оценки сейсмической опасности.

Исследования в Казахстане. Сейсмоактивный пояс Казахстана включает как области новейшего горообразования, где произошли сильнейшие землетрясения в конце XIX и начале XX вв., так и стабильные континентальные и платформенные области, которые относят к числу, так называемых, слабоактивных в тектоническом отношении. Проявления сейсмичности в них различны, и естественно, сейсмологическая изученность этой обширной территории неравномерна, как с точки зрения доисторического, так и исторического и современного этапов.

На Северном Тянь-Шане изучение сопутствующих разрушительным Верненскому 1887 г. и Кеминскому 1911 г. землетрясениям сейсмодислокаций (сейсмодислокации – любые гравитационные и разрывные деформации рельефа и горных пород, возникающие под воздействием сильных землетрясений [9]) успешно осуществлялось уже в начале прошлого столетия основоположниками сейсмотектоники И. В. Мушкетовым и К. И. Багдановичем [10].

Более поздние подобные исследования в Казахстане обобщены в работе «Сейсмодислокации Южного Казахстана» [11]. Подавляющая часть этих исследований связана с территорией Северного Тянь-Шаня и частично Жонгарии (Джунгарии). В пределах Жонгарского Алатау хотя в обозримом прошлом не известны очаги крупных землетрясений, но как приведены в работе [11] «... широкое распространение сейсмодислокаций в пределах почти всей Джунгарии свидетельствует о том, что в недалеком прошлом они (крупные события) здесь происходили». На территории остальных горных регионов Казахстана, где широко развита система разнонаправленных разломов разной категории, достаточно убедительно свидетельствующих о высокой интенсивности неотектонических процессов, сейсмодислокации изучены слабо или вовсе не изучены.

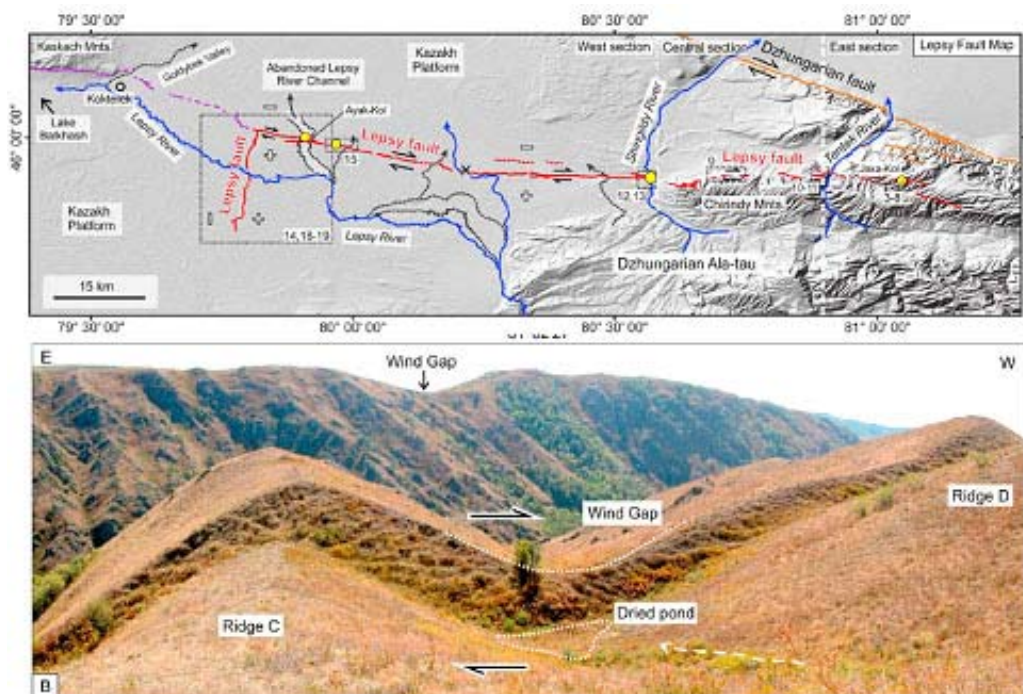


Рисунок 1 – Карта восточной части Лепсинского разлома (а) и вид с юга хребтов С и D, где четко виден 10-метровый вертикальный уступ и значительный сдвиг по латерали вправо (б) [13, 16]

Figure 1 – The map of the eastern part of Lepsinsk fault (a). View from the south ridge C and D. The 10-meter vertical step and the significant shift laterally to the right are clearly visible (b) [13, 16]

Особый интерес представляет оценка сейсмического потенциала слабоактивных платформенных областей Казахстана, где за последние годы зарегистрированы несколько сильных землетрясений [12]. Здесь исследователи наталкиваются на практическое отсутствие сведений о сильных землетрясениях прошлого и естественно, на отсутствие каких-либо зримых следов на поверхности. Однако, в настоящее время существуют и другие подходы при отсутствии видимого на поверхности сейсмогенерирующего разрыва [17].

Мы, выше упомянули об исследованиях, проводимых в рамках проекта «Землетрясения без границ». Цель этих исследований заключается в поиске и изучении активных поверхностных разрывов, в пределах которых в историческом прошлом происходили разрушительные землетрясения, но по сейсмостатистике отсутствуют сведения о них. О результатах этих исследований на территории Центральной Азии шел разговор на научно-практической конференции в г. Алматы 7–9 сентября 2016 г., организованной при поддержке фонда им. академика Ш. Есенова.

Участниками проекта был выполнен ряд исследований на территории Центральной Азии, в том числе и на территории Казахстана, который представляет большой интерес с точки зрения оценки сейсмической опасности [13-15 и др.]. Так, в пределах Лепсинского разлома (западное окончание Жонгарского Алатау) выявлен активный сегмент, протяженностью 120 км, где в недалеком геологическом прошлом, произошло несколько катастрофических землетрясений. Как пишут авторы «...расчеты размера землетрясения позволили авторам предположить, что последнее событие могло иметь максимальную магнитуду $M_w = 7,5-8,2$ и оно может оказаться тем самым сильным разрушительным землетрясением, которое произошло в 1715 г. в районе озера Балхаш в Джунгарии» [13,16]. Возможно, авторы имели ввиду землетрясение 1716 г., которое упоминается в [6]. До сих пор какие-либо сведения об этом землетрясении отсутствовали кроме летописных данных «... разрушен г. Аксу, ощущалось до Балхаша и Зайсана».

Лепсинский разлом является ярким примером того, что и другие разломы северо-западного направления, которые картируются на поверхности в этом регионе, могут продуцировать сильные землетрясения.

В частности, в пределах Жонгарского разлома, простирающегося на более чем 300 км от западного конца Жонгарских гор в северо-западном направлении [14], также выявлены участки возможного сильного палеоземлетрясения с магнитудой $M \geq 7$.

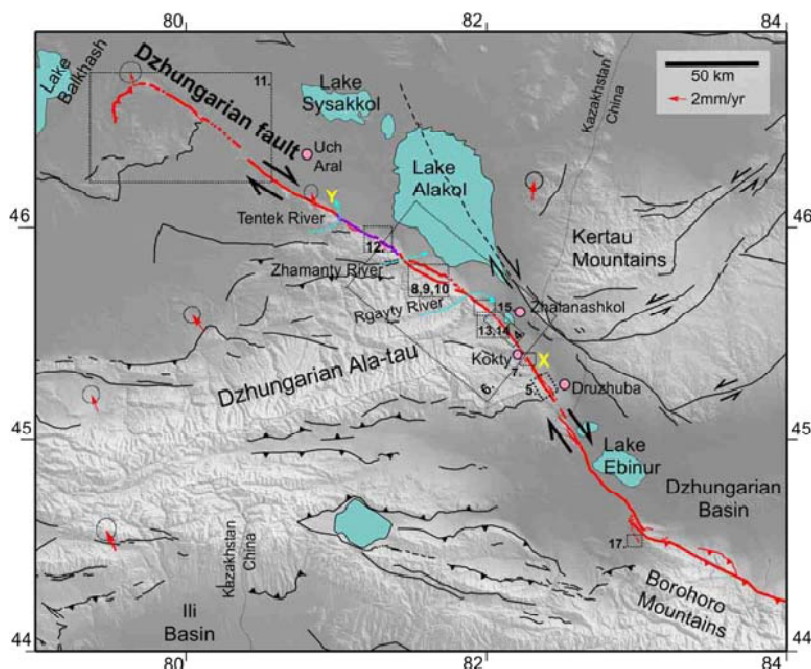


Рисунок 2 – Жонгарский разлом (Северо-Джунгарский).

Фиолетовая линия – возможный разрыв длиной 32 км в результате палеоземлетрясения [14]

Figure 2 – Zhongarsky fault (North Zhongar).

The purple line – possible rupture of the Paleoequakes 32 km long [14]

Определенные перспективы в области палеосейсмологических исследований на территории Казахстана имеются и в Прииртышье, на западных предгорьях Алтая, и на Мангышлаке [18].

Поиск и детальное изучение таких структур было бы важным для достоверной оценки сейсмической опасности территории Казахстана.

Заключение. Палеосейсмологический метод активно развивается, имеет хорошие возможности и перспективы в оценке сейсмической опасности, хотя до последнего времени данные о палеоземлетрясениях ставились под сомнение некоторыми исследователями. Остается только уделить этому вопросу должное внимание со стороны исследователей.

Ниже предлагаются основные направления развития палеосейсмологии в Казахстане.

1. Необходимо провести детальное картирование территории Казахстана, особенно южной части, на предмет выявления уже закартированных и новых палеосейсмодислокаций. Необходимо картировать дислокации разрывного и гравитационного типов (оползни, обвалы и др.).

2. Предварительно необходимо изучить всю имеющуюся аэрофото- и космодокументацию по территории с целью выявления наиболее пораженных участков, активных разрывов и т.д.

4. В районах детальных исследований необходимо проведение детального картирования уступов и других структур с использованием дифференциального GPS высокого разрешения.

5. В районах, где выявлены активные разломы, уступы и др. необходимо проведение тренчинговых работ по проходке траншей и описания стенок по специальной методике с отбором образцов на определение возраста древних событий.

6. В районах, где обнаружены крупные оползни, необходимо проведение работ по определению их возраста.

7. Наконец, собранные материалы должны быть обработаны с составлением детальных схем-диаграмм повторяемости событий, определения магнитуды древних событий по известным соотношениям и другим работам.

Проблема снижения сейсмической опасности и защиты от землетрясений имеет много сторон – научную, инженерную, экономическую и другие. На долю сейсмологов приходится, прежде всего, правильная оценка уровня сейсмической опасности. В этом отношении использование сведений о доисторических и исторических землетрясениях вместе с современными данными резко расширяют временные рамки, тем самым позволяют более обоснованно оценить уровень сейсмической опасности.

Автор признателен А. Л. Стром и К. Абдрахматову за полезные предложения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Уломов В.И. Об основных положениях и технических рекомендациях по созданию новой карты сейсмического районирования территории РФ // Сб. «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии». – Вып. 2-3. – М., 1995. – С.9-26.
- [2] Хромовских В.С., Никонов А.А. По следам сильных землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 144 с.
- [3] Солоненко В.П. Палеосейсмология // Изв. АН СССР. Физика земли. – 1973. – № 9. – С. 3-16.
- [4] Палеосейсмология / Под ред. Дж. Мак-Калпина. – Т. 1. – Научный мир. – 2011. – 560 с.
- [5] <http://ewf.nerc.ac.uk/>
- [6] Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи. – Зап. РГО. 26. – СПб., 1893.
- [7] Медведев С.В. Определение балльности (интенсивности) землетрясений // Землетрясения в СССР. – М.: Из-во АН СССР, 1961. – С. 103-125.
- [8] Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 151-162.
- [9] Флоренсов Н.А. Очерки структурной геоморфологии. – М.: Наука, 1978. – 237 с.
- [10] Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Алматы. – Алматы, 1999. – 62 с.
- [11] Гапич В.А., Тимуш А.В., Чабдаров Н.М. Сейсмодислокации Южного Казахстана. – Алма-Ата: Институт сейсмологии, 1989. – 52 с. – Деп. ВИНТИ 12.04.1989. № 2420-В89.
- [12] Михайлова Н.Н. Сейсмический мониторинг в Казахстане // Межд. конф. «Наука о землетрясениях и их рисках в Центральной Азии». – Алматы, 2016.
- [13] Grace E. Campbell, Richard T. Walker, K. Abdrakhmatov, J. Jackson, John R. Elliott, David Mackenzie, Timothy A. Middleton, Jean-Luc Schwenninger, (2015). Great earthquakes in low-strain-rate continental interiors: an example from SE Kazakhstan // Journal of Geophysical Research. 2015. doi:10.1002/2015JB011925.
- [14] Campbell G.E., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Schwenninger J.L., Jackson J., Elliott J.R., Copley A. The Dzhungarian fault: Late Quaternary tectonics and slip rate of a major right-lateral strike-slip fault in the northern Tien Shan region // Journal of geophysical research: Solid Earth. – Vol. 118, 1–18, doi:10.1002/jgrb.50367, 2013.
- [15] Abdrakhmatov K.E., Walker R.T., Campbell G.E., Carr A.4, Elliott A., Hillemann C., Hollingsworth J., Landgraf A., Mackenzie D., Mukambayev A., Rizza M.A., Sloan 4 R.A. Rupture of the July 11th 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3) in the Kazakh Tien Shan, 1 identified from remote-sensing, field survey, and palaeoseismic trenching. – 44 p.

- [16] Абдрахматов К.Е., Ельдеева М.С. Лепсинский разлом (Восточное Прибалхашье) и оценка сейсмической опасности // Известия НАН РК. – 2016. – Т. 5, № 419. – С. 92-98.
- [17] Никонов А.А. Палеосейсмологический подход при сейсмическом районировании и оценке сейсмической опасности // Сб. «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии». – Вып. 2-3. – М., 1995. – С. 46-62.
- [18] Нурмагамбетов А. О сейсмичности и сейсмической опасности Мангыстауского региона // Доклады МН-АН РК. – Алматы, 1997. – № 1. – С. 47-53.

REFERENCES

- [1] Ulomov V.I. Ob osnovnykh polozheniyah i tehniceskikh rekomendacijah po sozdaniyu novoy karty sejsmicheskogo rajonirovaniya territorii RF // Sb. «Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie Severnoj Evrazii». Вып. 2-3. М., 1995. P. 9-26 (in Russ.).
- [2] Hromovskih V.S., Nikonov A.A. Po sledam sil'nyh zemletrjasenij. М.: Nauka, 1984. 144 p. (in Russ.).
- [3] Solonenko V.P. Paleosejsmologija // Izv. AN SSSR. Fizika zemli. 1973. N 9. P. 3-16.
- [4] Paleosejsmologija / Pod red. Dzh. Mak-Kalpina. Vol. 1. Nauchnyj mir. 2011. 560 p. (in Russ.).
- [5] <http://ewf.nerc.ac.uk/>
- [6] Mushketov I.V., Orlov A.P. Katalog zemletrjasenij Rossijskoj imperii. Zap. RGO. 26. SPb., 1893 (in Russ.).
- [7] Medvedev S.V. Opredelenie ball'nosti (intensivnosti) zemletrjasenij // Zemletrjasenija v SSSR. М.: Iz-vo AN SSSR, 1961. P. 103-125 (in Russ.).
- [8] Medvedev S.V. Mezhdunarodnaja shkala sejsmicheskoy intensivnosti. Kn. Sejsmicheskoe rajonirovanie SSSR. М.: Nauka, 1968. P. 151-162 (in Russ.).
- [9] Florensov N.A. Ocherki strukturnoj geomorfologii. М.: Nauka, 1978. 237 p. (in Russ.).
- [10] Nurmagambetov A. Sejsmicheskaja istorija Almaty. Almaty, 1999. 62 p. (in Russ.).
- [11] Gapich V.A., Timush A.V., Chabdarov N.M. Sejsmodislokacii Juzhnogo Kazahstana. Alma-Ata: Institut sejsmologii, 1989. 52 p. Dep. VINITI 12.04.1989. N 2420-V89 (in Russ.).
- [12] Mihajlova N.N. Sejsmicheskij monitoring v Kazahstane // Mezhd. konf. «Nauka o zemletrjasenijah i ih riskah v Central'noj Azii». Almaty, 2016 (in Russ.).
- [13] Grace E. Campbell, Richard T. Walker, K. Abdrakhmatov, J. Jackson, John R. Elliott, David Mackenzie, Timothy A. Middleton, Jean-Luc Schwenninger, (2015). Great earthquakes in low-strain-rate continental interiors: an example from SE Kazakhstan // Journal of Geophysical Research. 2015. doi:10.1002/2015JB011925 (in Eng.).
- [14] Campbell G.E., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Schwenninger J.L., Jackson J., Elliott J.R., Copley A. The Dzhungarian fault: Late Quaternary tectonics and slip rate of a major right-lateral strike-slip fault in the northern Tien Shan region // Journal of geophysical research: Solid Earth. Vol. 118. 1–18. doi:10.1002/jgrb.50367, 2013 (in Eng.).
- [15] Abdrakhmatov K.E., Walker R.T., Campbell G.E., Carr A.A., Elliott A., Hillemann C., Hollingsworth J., Landgraf A., Mackenzie D., Mukambayev A., Rizza M.A., Sloan R.A. Rupture of the July 11th 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3) in the Kazakh Tien Shan, 1 identified from remote-sensing, field survey, and palaeoseismic trenching. 44 p. (in Eng.).
- [16] Abdrakhmatov K.E., El'deeva M.S. Lepsinskij razlom (Vostochnoe Pribalhash'e) i ocenka sejsmicheskoy opasnosti // Izv. NAN RK. 2016. Vol. 5, N 419. P. 92-98 (in Russ.).
- [17] Nikonov A.A. Paleosejsmologicheskij podhod pri sejsmicheskome rajonirovanii i ocenke sejsmicheskoy opasnosti // Sb. «Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie Severnoj Evrazii». Вып. 2-3. М., 1995. P. 46-62 (in Russ.).
- [18] Nurmagambetov A. O sejsmichnosti i sejsmicheskoy opasnosti Mangystauskogo regiona // Doklady MN-AN RK. Almaty, 1997. N 1. P. 47-53 (in Russ.).

Ә. Нұрмағамбетов

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

ҚАЗАҚСТАНДА СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІЛІКТІ БАҒАЛАУДА ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ПАЙДАЛАНУДЫҢ РОЛІ

Аннотация. Мақала Қазақстанда сейсмикалық қауіптілікті бағалауда палеосейсмологиялық деректерді пайдалануға арналған. Сейсмикалық аудандау картасын тұрғызу барысында пайдаланылатын жерсілкінісі жайлы басты деректер тобы қарастырылған. Осы тұрғыдан ежелгі (палео) ірі жерсілкіністерді тауып, оларды сипаттап және болған уақытын анықтау арқылы тарихи және заманауи мәліметтерді толықтыратын палеосейсмологиялық деректердің маңыздылығы аса зор екендігі айтылған. Қазақстанда палеосейсмологиялық зерттеулердің әлі де болса дамымағаны және осы саладағы зерттеу бағыттары келтірілген.

Түйін сөздер: жерсілкінісі, сейсмикалық аудандау, сейсмодислокациялар, палеосейсмология, белсенді жарылым, сейсмикалық қауіптілік.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 80 – 89

A. Sadykova¹, N. Poleshko²

¹LLP "Institute of seismology MES RK, Almaty, Kazakhstan. E-mail

²RSE "Institute of geophysical researches, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: aluadin@mail.ru, poleshko@kndc.kz

THE PARAMETERS OF THE SEISMOTECTONIC DEFORMATIONS OF THE NORTHERN TIEN SHAN EARTH'S CRUST IN 2015

Abstract. The paper presents the results of the analysis of the spatio-temporal distribution of the generalized parameters of the seismotectonic deformations in 2015, which helped to identify essential features, such as: the anomalous prevalence of the earthquakes, having fault type mechanism, realized in the conditions of horizontal extension along the strike of the Tien Shan mountain ranges; it is revealed that the seismotectonic regime in the Northern Tien Shan and Dzhungar reacts as 11th year Schwabe cycle, which characterizes the activity of sunspots, and the 22nd year solar Hale cycle, characterizing the variations of the total solar magnetic field; it is shown that in the area of the zones with contrasting nature of the stress-strain condition near the borders between them, the probability of the formation of strong earthquake sources.

Keywords: seismotectonic deformation, mechanism of the earthquake sources, the activity of the sunspots, variations of the total magnetic field of the Sun.

УДК 550.348

А. Б. Садыкова¹, Н. Н. Полешко²

¹ТОО «Институт сейсмологии» МОН РК, Алматы, Казахстан,

²РГП «Институт геофизических исследований», Алматы, Казахстан

ПАРАМЕТРЫ СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ В 2015 ГОДУ

Аннотация. Приведены результаты анализа пространственно-временного распределения совокупности параметров сейсмотектонической деформации в 2015 г., позволившие выявить существенные особенности, а именно: установлено аномальное преобладание очагов землетрясений, имеющих сбросовый тип механизма, реализующийся в условиях горизонтального растяжения вдоль простирания хребтов Тянь-Шаня; выявлено, что сейсмотектонический режим на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии реагирует, как на 11-летний цикл Швабе, характеризующий активность солнечных пятен, так и на 22-летний солнечный цикл Хейла, характеризующий вариации общего магнитного поля Солнца; показано, что в районе образовались зоны с контрастным характером напряженно-деформированного состояния, вблизи границ между которыми, вероятно формирование очага сильного землетрясения.

Ключевые слова: сейсмотектоническая деформация, механизм очагов землетрясений, активность солнечных пятен, вариации общего магнитного поля Солнца.

Введение. Сейсмотектоническая деформация (СТД) горных масс широко изучается в связи с задачами оценки сейсмической опасности и долгосрочного прогноза сильных землетрясений как путем картирования различных компонент тензора СТД, так и посредством вычисления их средних значений для заранее выбранных районов и имеет большое теоретико-экспериментальное значение.

Для анализа поля СТД и параметров разрывов в очагах землетрясений используется метод, основанный на представлениях о сеймотектоническом деформировании макроскопических объемов горных пород [1-3]. Средний тензор СТД рассчитывается по формуле:

$$\bar{\varepsilon}_{ik} = \frac{1}{2\mu V} \sum_{n=1}^N M_0^n \varepsilon_{ik}^n,$$

где μ – модуль сдвига; V – объем элементарной ячейки; M_0^n – значения сейсмического момента n -го землетрясения; ε_{ik}^n – компоненты единичного тензора фокального механизма; N – число землетрясений в элементарной ячейке.

К параметрам сеймотектонического деформирования относятся:

- параметр N_b/N_o , характеризующий отношение числа землетрясений с взбросовой (положительной) компонентой движения в очаге к общему числу землетрясений с определенными механизмами очагов;

- коэффициент Лодде-Надаи μ , характеризующий вид сеймотектонической деформации, определяется из выражения: $\mu = 2(\varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3) / (\varepsilon_1 - \varepsilon_3) - 1$, где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – компоненты единичного тензора фокального механизма. Значения μ меняются в пределах от +1, что соответствует режиму сеймотектонического сжатия, до -1, что соответствует режиму сеймотектонического растяжения;

- коэффициент интенсивности χ , который характеризует упорядоченность деформационного процесса, изменяется в пределах от 0 до 1 и отражает соответствие среднего механизма очагов землетрясений совокупности индивидуальных механизмов [1-3]. Считается, что значения $\chi < 0,2$ означают невысокую надежность решений фокальных механизмов [1-4]. При анализе коэффициента интенсивности χ , необходимо учитывать вид деформированного состояния среды, описываемого коэффициентом Лодде-Надаи μ . Существует следующая зависимость между этими параметрами [5, 6]: при $\mu=0$ (сдвиги) максимальная упорядоченность процесса определяется значением $\chi=1$, а при $\mu=\pm 1$ (взбросы, сбросы) максимальная упорядоченность определяется значением $\chi=0,5$;

- азимут и угол выхода осей напряжения сжатия и растяжения (максимальное укорочение и удлинение) [7, 8].

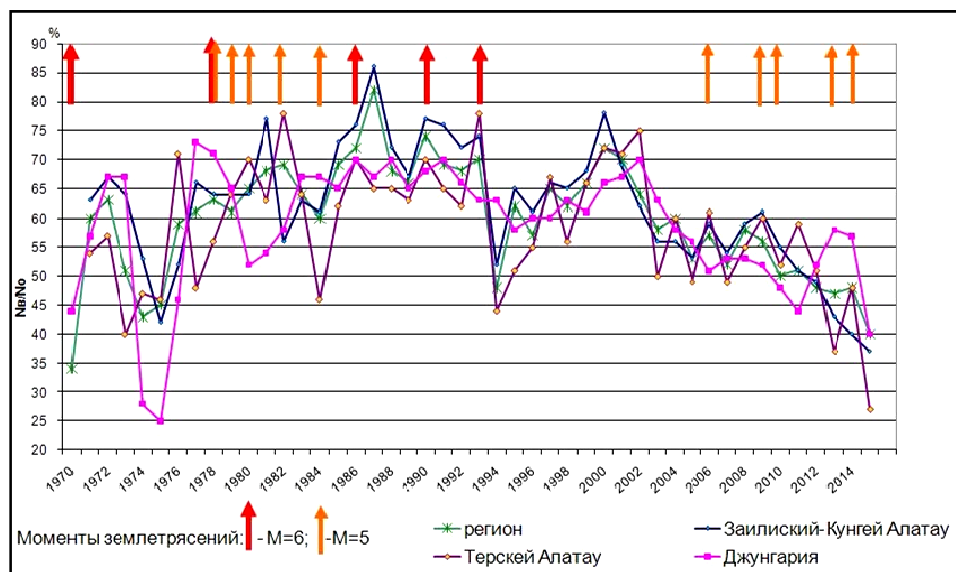
Выполнен расчет значений параметров тензора сеймотектонического деформирования (коэффициенты интенсивности СТД χ и Лодде-Надаи μ , азимут и угол выхода осей напряжений). Расчет параметров проводился в элементарных ячейках размером $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, с шагом $0,25^\circ$, временное осреднение задавалось в интервале 36 месяцев с шагом 12 месяцев. Число событий в разных элементарных ячейках соответствует значениям от 10 до 600.

На рисунке 1, в виде графиков изменения значений параметра N_b/N_o во времени, представлены вариации типов подвижек на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии за период наблюдения с 1970 по 2015 годы. Значения параметра N_b/N_o выше 50% означают преобладание на исследуемой территории очагов землетрясений со взбросовой подвижкой (горизонтальное сжатие земной коры), а ниже 50% – со сбросовой (горизонтальное растяжение земной коры).

Исследование временных вариаций типов механизмов очагов свидетельствует, что относительное количество взбросов периодически изменяется в 11-летнем цикле солнечной активности как во всем регионе в целом, так и в отдельных сейсмоактивных зонах [1, 6]. При этом, как видно из рисунка 1, характерными значениями N_b/N_o для региона являются значения выше 50%, что свидетельствует о преобладании условий горизонтального сжатия земной коры. За весь период наблюдений с 1969 по 2015 гг., составляющий более 45 лет, довольно четко выделяются только три временных интервала (вблизи 1974–1976 гг., 1994 г. и 2013–2015 гг.), когда среднегодовые значения N_b/N_o в регионе были ниже 50%, а в отдельных зонах понижались до 25, 45 и 27%, соответственно указанным временным интервалам.

Для сопоставления режима СТД с сейсмичностью региона на рисунке 1 стрелками отмечены моменты реализации сильных землетрясений с $M > 5$.

Отметим, что высокая активность сильных землетрясений с $M > 6$ в районе Северного Тянь-Шаня наблюдается в периоды, когда на долю взбросов, реализующихся в условиях горизонтального сжатия, приходится 70% очагов землетрясений.



Стрелка – момент возникновения землетрясений с $M \geq 5.0$ в регионе.

Рисунок 1 – График вариаций во времени параметра (N_B/N_O) для всего региона Центральной Азии и для трех отдельных сейсмоактивных зон

Arrow – the moment of occurrence of earthquakes with $M \geq 5.0$ in the region.

Figure 1 – Chart of variations in time of the (N_B/N_O) parameter for the all Central Asian region and for three separate seismically active zones

Распределение по площади землетрясений с разным типом подвижек в очагах приведено на рисунке 2, из которого видно, что в обширном регионе, простирающемся от Тарима до Прибалхашской впадины, в 2015 году преобладают очаги со сбросовой компонентой подвижки. Вдоль разломов северо-западного простирания первого и второго порядка сформировались зоны с контрастным типом деформирования. Это – опасная ситуация, поскольку в сплошной среде компоненты деформации соседних точек взаимосвязаны. Несовместность сейсмотектонической

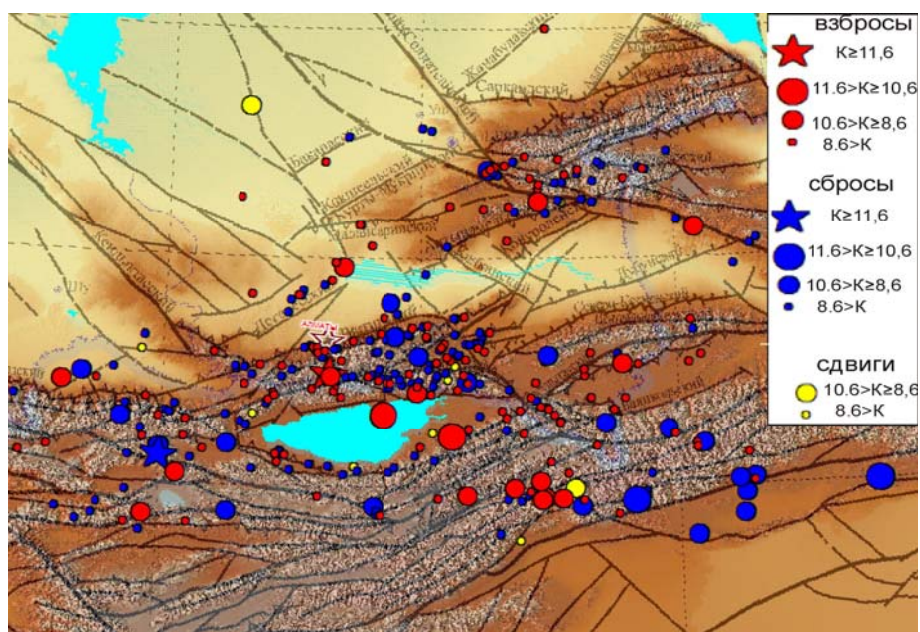


Рисунок 2 – Фрагмент карты эпицентров землетрясений с разным типом механизмов очагов за 2015 г.

Figure 2 – The map of epicenters of earthquakes with different types of focal mechanisms for 2015

деформации компенсируется дополнительными внутренними упругими деформациями и напряжениями. При склонности материала области к разрушению, связанной с развитием ослабленных зон, неблагоприятная ориентация внутренних напряжений может инициировать разрушение, т.е. возникновение землетрясения [9].

Анализ пространственно-временного распределения по типам подвижек очагов землетрясений за период наблюдения с 1970 по 2015 годы позволяет заключить, что в 1974–1976 гг., 1994 г. и 2014–2015 гг. отмечались аномальные условия сейсмотектонического режима в районе Северного Тянь-Шаня, характеризующиеся горизонтальным растяжением земной коры.

Привлечение к анализу инструментальных данных по вариациям режима STD и полярности общего (глобального) магнитного поля Солнца позволило установить, что в периоды со сбросовым сейсмотектоническим режимом имели место экстремально высокие значения напряженности общего магнитного поля Солнца, при этом полярность магнитного поля была положительной в северном солнечном полушарии и отрицательной – в южном, чередование которых имеет период ~ 22 года (цикл Хейла) [10].

На рисунке 3 для временного интервала 1975–2015 гг. представлены вариации напряженности общего магнитного поля Солнца, отдельно для полярных районов северного (рисунок 3-а) и южного (рисунок 3-б) полушарий по данным солнечной обсерватории Wilcox - <http://wso.stanford.edu>.

Для того же временного интервала на рисунке 3-в приведены среднегодовые значения параметра N_B/N_O для региона в целом. Оконтуренные на рисунке 3-в значения N_B/N_O , ниже 50%, соответствуют условиям растяжения земной коры и формирования очагов со сбросовым типом подвижки. Эти события приходятся на 1975, 1994 и 2015 гг. На рисунке 3-б отмечены значения

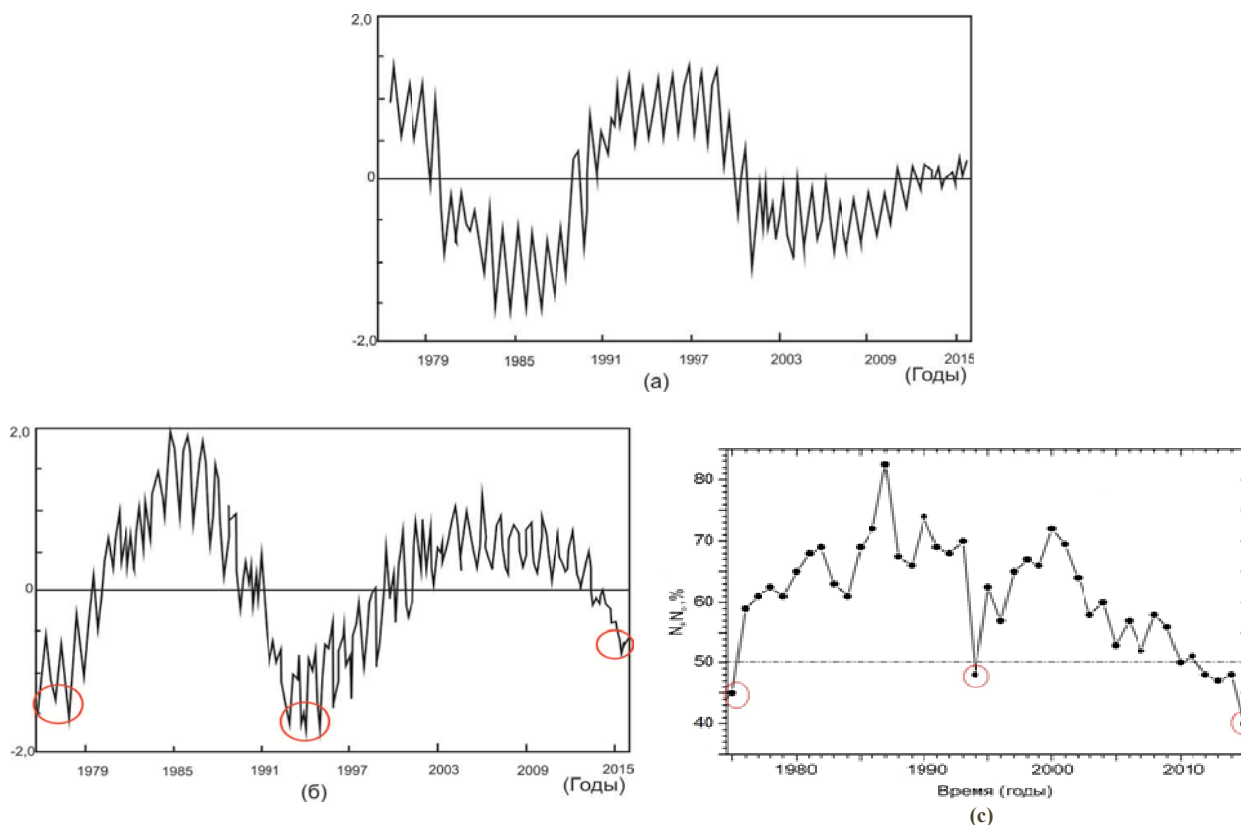


Рисунок 3 – Временные вариации различных параметров.

а – напряженность магнитного поля Солнца в полярной области северного полушария; б – напряженность магнитного поля южного полушария, с – параметр N_B/N_O .

Figure 3 – Time variations of various parameters.

The red line outlines the area of STD for 11th year variations of solar activity.

а – magnetic field strength of the Sun in the polar region of the Northern hemisphere; б – magnetic field strength of the southern hemisphere, с – the parameter N_B/N_O .

напряженности магнитного поля в полярной области южного полушария Солнца в те же годы (1975, 1994 и 2015). Видно, что напряженность магнитного поля в эти времена имела минимальные отрицательные значения. Рисунок 3-а показывает, что в эти же годы напряженность магнитного поля в полярной области северного полушария имела максимальные положительные значения.

Таким образом, сеймотектонический режим на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии реагирует, как на 11-летний цикл Швабе, характеризующий активность солнечных пятен, так и на 22-летний солнечный цикл Хейла, характеризующий вариации общего магнитного поля Солнца.

Наибольшая согласованность между 11-летними вариациями характеристик солнечной активности и сеймотектонической деформации земной коры наблюдается на локальной территории Северного Тянь-Шаня, расположенной в высокогорной части хребтов Заилийский и Кунгей Алатау, между Алматинской впадиной на севере и Иссык-Кульской – на юге, Аксайским и Тургенским разломами – на западе и востоке (рисунок 4) [1, 5-12].

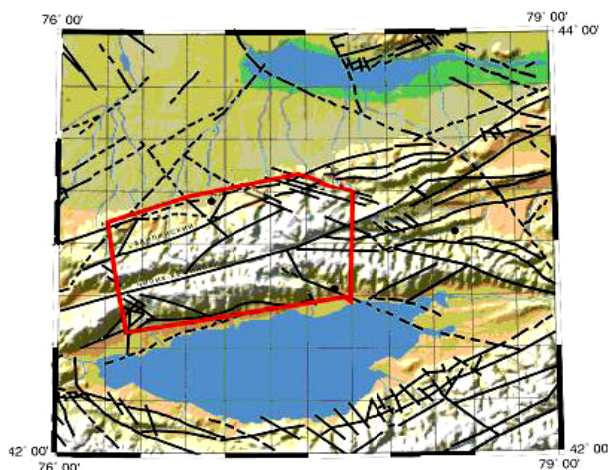


Рисунок 4 – Территория исследования параметров СТД за 1980–2015 гг. Красная линия оконтуривает зону отклика СТД на 11-летние вариации солнечной активности.

Figure 4 – The territory of studying STD parameters for 1980–2015. The red line outlines the area of STD for 11th year variations of solar activity.

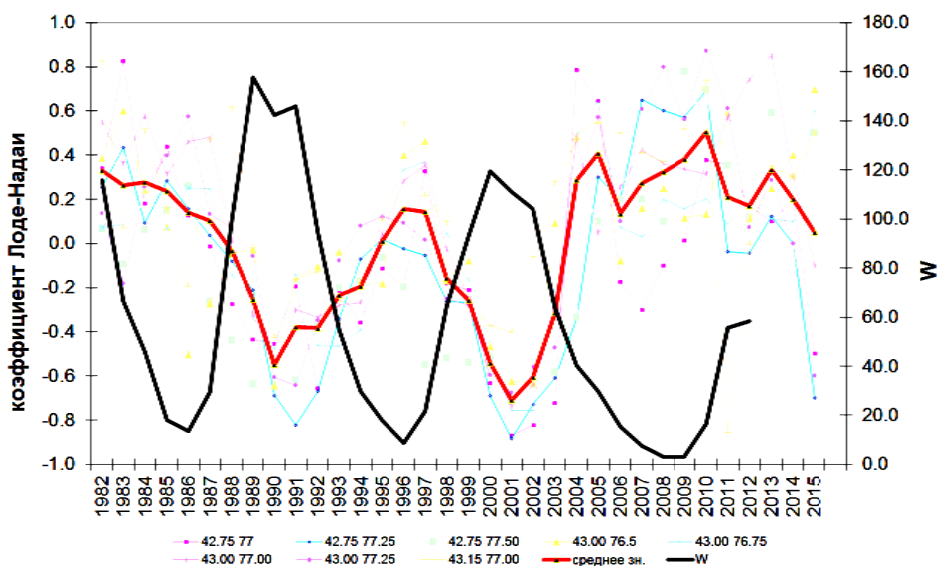


Рисунок 5 – Временное распределение среднегодовых чисел солнечных пятен (W) и значений коэффициента Лодэ-Надаи (μ) (цветные линии)

Figure 5 – the temporal distribution of the mid-annual sunspot numbers (W) and the values of the Lode-Nadai coefficient (μ) (colored lines)

За режимом сейсмотектонической деформации в рассматриваемой зоне проводится постоянное наблюдение. Наиболее важным и информативным параметром STD является коэффициент Лодэ-Надаи μ . Анализируются как временное, так и площадное распределения значений коэффициента μ в ячейках $30' \times 30'$ в сопоставлении с солнечной активностью.

Как видно из рисунка 5, значения параметра μ в ячейках изменяются синфазно между собой и в противофазе с солнечной активностью. Отклонения от этой закономерности начались в 2007 г. в ячейке с координатами $42,75^\circ$ с.ш. и $77,00^\circ$ в.д. Изменения коэффициента Лодэ-Надаи здесь стали синфазны изменениям солнечной активности. Количество ячеек, в которых вариации происходили синфазно изменениям солнечной активности, увеличивалось, и в 2015 г. составило 4 из 8-ми. Изменение коэффициента Лодэ-Надаи в соседних ячейках в противофазе привело к формированию участков среды с контрастным типом деформирования. В западной части территории сформировалось одноосное сжатие, в центральной и северо-западной части – одноосное растяжение (рисунок 6а). Граница между контрастно деформированными участками среды характеризуется высокоградиентными значениями параметра μ и проходит вблизи мегаполиса Алматы.

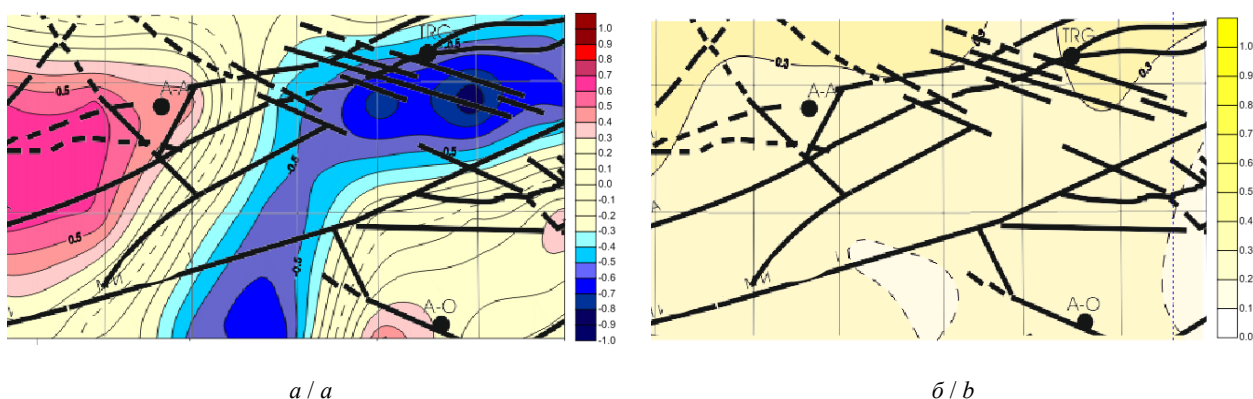


Рисунок 6 – Площадное распределение коэффициентов STD в 2015 г.

а – площадное распределение коэффициента Лодэ-Надаи μ ; б – площадное распределение коэффициента интенсивности STD χ .

Figure 6 – Areal distribution of the STD intensity coefficients in 2015.

а – areal distribution of the Lode-Nadai coefficient; б – areal distribution of the STD χ intensity coefficients

Для характеристики надежности используемого материала на рисунке 6б представлено площадное распределение коэффициента интенсивности STD χ . Как видно из рисунка в 2015 году на всей территории коэффициент интенсивности STD $\chi > 0,2$, что свидетельствует о достаточно высокой упорядоченности деформационного процесса и надежности полученных результатов.

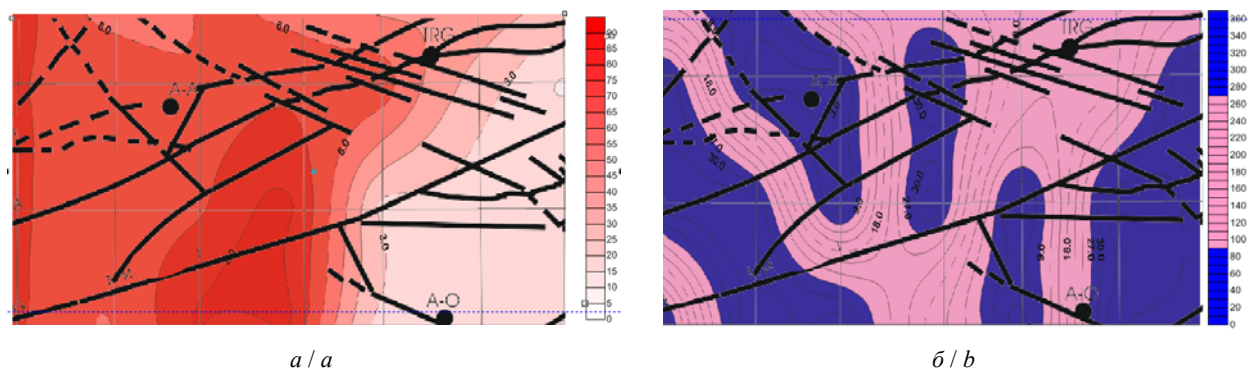


Рисунок 7 – Распределение по площади оси максимального укорочения.

а – угол погружения; б – азимут

Figure 7 – distribution over the area of the axis of maximum shortening.

а – the angle of immersion; б – azimuth

Важное значение для характеристики СТД имеет ориентация осей максимального укорочения и максимального удлинения. При значении угла погружения $>90^\circ$ ориентация оси считается близгоризонтальной, при $<30^\circ$ – близвертикальной, положение оси между этими значениями считается промежуточным.

Максимальное укорочение. Ориентация оси максимального укорочения является наиболее стабильной характеристикой СТД на территории Северного Тянь-Шаня, поскольку отражает условия регионального горизонтального сжатия в субмеридиональном направлении. На рисунке 7а и 7б показано распределение по площади в 2015 г. параметров оси максимального укорочения для территории исследования: угла погружения и азимута (соответственно).

Из рисунка 7а видно, что в 2015 г. значения угла погружения оси максимального укорочения на исследуемой территории меняются от близгоризонтальных в центральной и восточной части до близвертикальных в западной части территории. Граница между ними характеризуется высокоградиентными значениями параметра и протягивается в меридианальном направлении на долготе п. Тургенъ.

Направление оси максимального укорочения в 2015 г. характеризуется большой изменчивостью. С запада на восток чередуются зоны с северо-западным и северо-восточным направлениями максимального укорочения, разделяющимися высокоградиентными значениями параметра. Только вокруг п. Тургенъ выделяется область с южными азимутами оси максимального укорочения.

Максимальное удлинение. Как известно, фоновые значения ориентации этого параметра для Северного Тянь-Шаня характеризуются близвертикальными либо промежуточными углами погружения.

На рисунке 8 показаны результаты картирования параметров оси максимального удлинения в 2015 г.: угла погружения – 8а и азимута – 8б.

Как видно из рисунка, в 2015 г. ось максимального удлинения на всей территории имеет аномальную для зоны близгоризонтальную ориентацию. Простираемость оси максимального удлинения в 2015 г. характеризуется устойчивой западной направленностью. Только в узкой зоне на восточной окраине максимальное удлинение характеризуется южными азимутами.

Таким образом, за весь период наблюдения параметров СТД на рассматриваемой территории впервые в половине из рассматриваемых ячеек нарушена ранее выявленная закономерность противофазного изменения параметров СТД с числами солнечных пятен. В результате в соседних ячейках сформировались контрастно деформированные участки среды, размеры которых составляют более $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, а перепады значений коэффициента Лоде-Надаи μ варьируют от $+0,7$ в области одноосного сжатия, до $-0,7$ в области одноосного растяжения. В образовавшихся зонах, с контрастным типом деформирования, оси максимального укорочения и максимального удлинения – близгоризонтальны при северных азимутах максимального укорочения в области одноосного сжатия, и южных – в области одноосного растяжения, а также при западном направлении максимального удлинения на всей территории.

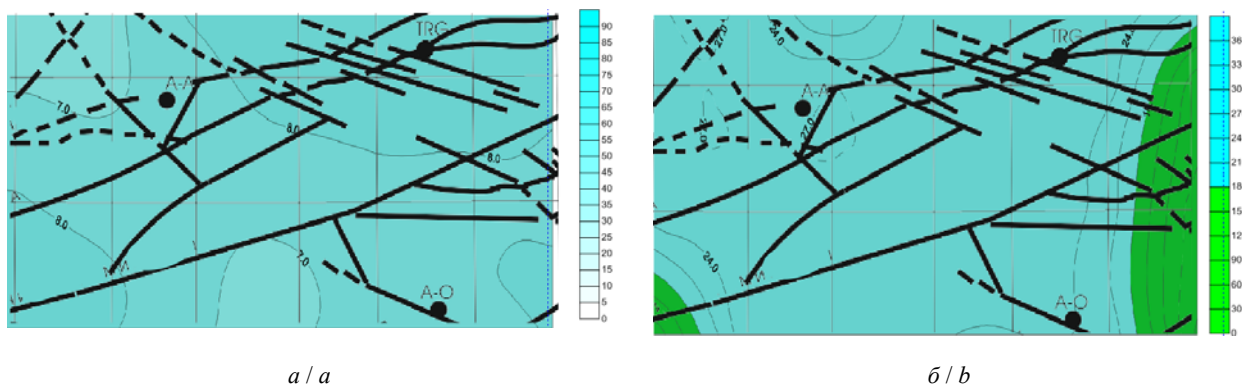


Рисунок 8 – Распределение по площади оси максимального удлинения.
a – угол погружения; *б* – азимут

Figure 8 – Distribution over the area of the axis of maximum lengthening.
a – the angle of immersion; *b* – azimuth

Второй аномальной зоной является также зона с вертикальными значениями угла погружения оси максимального укорочения на востоке рассматриваемой территории. Тип деформирования в этой зоне меняется от сдвигового южнее Чилико-Кеминского разлома, до одноосного растяжения к северу от разлома.

Важно отметить, что границы контрастно-деформированных зон, характеризующиеся высокоградиентными значениями параметров, опасны возникновением сильных землетрясений. При склонности материала области к разрушению, связанной с развитием ослабленных зон, неблагоприятная ориентация внутренних напряжений может инициировать разрушение, т.е. возникновение землетрясения вблизи границ между контрастно деформированными зонами [9]. Реализация сильного землетрясения происходит через 3–4 года после начала формирования таких зон.

Распределение коэффициента Лодэ-Надаи μ , подобное наблюдаемой картине в 2015 г., отмечалось в очаговой зоне Байсорунского землетрясения [13]. Перед этим сильным землетрясением с $M=6,3$ в результате противофазного изменения коэффициента Лодэ-Надаи в соседних ячейках сформировались контрастно деформированные участки среды. Перепады значений коэффициента Лодэ-Надаи μ составляли от $+0,8$ в области одноосного сжатия, до $-0,8$ – в области одноосного растяжения.

Причиной появления горизонтальных растягивающих напряжений и формирования контрастно деформированных зон, как показано в ряде работ, может быть изменение флюидного режима в земной коре, сопровождаемое изменением структуры поля поглощения поперечных волн [11]. Увеличению сбросовых подвижек соответствуют высокие значения поля поглощения поперечных волн, увеличению взбросовых подвижек в очагах – низким значениям поля поглощения поперечных волн. Наблюдаемое в настоящее время увеличение сбросов в очагах землетрясений согласуется с образованием ряда зон высокого поглощения в Тянь-Шане [14].

Отметим, что в условиях растяжения, имеющих место в текущем периоде, реализация сильных землетрясений в регионе не отмечалась. Однако, в такие периоды возможно происходит подготовка очагов будущих землетрясений. С другой стороны, поскольку флюиды очень подвижны, возможно, произойдет нормализация напряженно-деформированного состояния и опасность возникновения сильного землетрясения исчезнет.

Таким образом, анализ пространственно-временного распределения всей совокупности параметров сейсмотектонической деформации за 2015 г. позволил выявить существенные особенности этих параметров.

1. Установлено, аномальное преобладание очагов, имеющих сбросовый тип механизма, реализующихся в условиях горизонтального растяжения вдоль простиранья хребтов Тянь-Шаня.

3. Выявлено, что сейсмотектонический режим на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии реагирует, как на 11-летний цикл Швабе, характеризующий активность солнечных пятен, так и на 22-летний солнечный цикл Хейла, характеризующий вариации общего магнитного поля Солнца.

4. Показано, что в районе образовались зоны с контрастным характером напряженно-деформированного состояния, вблизи границ между которыми, вероятно формирование очага сильного землетрясения.

Важно, что граница между контрастно-деформированными зонами проходит вблизи густонаселенного мегаполиса Алматы, где расположены промышленные объекты, в том числе исследовательский атомный реактор. Сложившаяся ситуация требует повышенного внимания и контроля за ее развитием для своевременного выявления опасности реализации сильного землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Полешко Н.Н. Механизмы очагов землетрясений и сейсмотектоническая деформация земной коры Северного Тянь-Шаня и Жонгарии: Автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. – Алматы, 2009. – С. 35.
- [2] Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии: Избранные труды. – М.: Наука, 1985. – 406 с.
- [3] Юнга С.Л. О механизме деформирования сейсмоактивного объема земной коры // Известия АН СССР. Физика Земли. – 1979. – № 10. – С. 14-23.
- [4] Юнга С.Л. и др. Вопросы точности определения механизмов очагов коровых землетрясений и сейсмотектонические деформации Средней Азии и Казахстана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1980 году. – Душанбе: Дониш, 1982. – С. 66-95.

[5] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В., Хачикян Г.Я. 11-летний цикл солнечной активности и сейсмотектонические деформации на Северном Тянь-Шане // Сборник докладов 7-го Казахстанско-Китайского Международного симпозиума «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии». Алматы, 2-4 июня 2010 г. – С. 387-393.

[6] Сыдыков А., Садыкова А.Б., Полешко Н.Н. Сейсмотектоническое деформирование среды по данным о механизмах очагов землетрясений // ҚазҰТУ Хабаршысы – Вестник КазНТУ. – Алматы, 2007. – № 2. – С. 12-17.

[7] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В. Хачикян Г.Я., Шацлов В.И. Вариации солнечной активности и сейсмотектонические деформации на Северном Тянь-Шане. – Ч. 1: Коэффициент Лодде-Надаи // Вестник НЯЦ РК. – Алматы, 2009. – Вып. 1. – С. 86-92.

[8] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В., Хачикян Г.Я., Шацлов В.И. Вариации солнечной активности и сейсмотектонические деформации на Северном Тянь-Шане. Ч. 2: Азимут оси напряжения сжатия // Вестник НЯЦ РК. – Алматы, 2009. – Вып. 1. – С. 93-97.

[9] Полешко Н.Н., Досайбекова С. Сейсмотектоническая обстановка по данным механизмов очагов землетрясений Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона Казахстана в 2015 году // Вестник АО КазНИИСА. – Алматы: Наука, 2016. – № 4. – С. 25-34.

[10] Абаканов Т., Ли А.Н., Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В., Хачикян Г.Я., Шацлов В.И. Солнечная активность, космические лучи, глубинная геодинамика и поле сейсмотектонических деформаций на северном Тянь-Шане // Журнал проблем эволюции открытых систем. – Алматы, 2007. – Вып. IX. – Т. 1. – С. 78-87.

[11] Полешко Н.Н., Копничев Ю.Ф., Садыкова А.Б., Хачикян Г.Я., Соколова И.Н. Сейсмотектоническая деформация и добротность среды на Северном Тянь-Шане: связь с вариациями солнечной активности // Тезисы докладов пятого международного симпозиума «Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов» к 75-летию со дня рождения Ю. А. Трапезникова. – Бишкек, 2011. – Т. 1. – С. 272-275.

[12] Тимуш А.В., Садыкова А.Б., Степаненко Н.П., Хачикян Г.Я. Строение литосферы как фактор вариаций сейсмотектонических деформаций в связи с солнечной активностью на Северном Тянь-Шане // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2013. – № 1. – С. 55-66.

[13] Копничев Ю.Ф., Михайлова Н.Н. Геодинамические процессы в очаговой зоне Байсорунского землетрясения 12 ноября 1990 года (Северный Тянь-Шань) // Доклады РАН. – 2000. – Т. 373. – С. 93-97.

[14] Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Об активизации сейсмичности в регионе Центральной и Южной Азии после Макранских землетрясений: возможное ускорение подготовки сильных сейсмических событий в районе Тянь-Шаня // Доклады РАН. – 2015. – С. 101-112.

REFERENCES

[1] Poleshko N.N. *Mehanizmy ochagov zemletrjasenij i sejsmotektonicheskaja deformacija zemnoj kory Severnogo Tjan'-Shanja i Zhongarii: Avtoref. dis. ... kand. g.-m. nauk.* Алматы, 2009. P. 35 (in Russ.).

[2] Rizinchenko Ju.V. *Problemy sejsmologii. Izbrannye trudy.* M.: Nauka, 1985. 406 p.

[3] Junga S.L. *O mehanizme deformirovanija sejsmoaktivnogo ob#ema zemnoj kory // Izvestija AN SSSR. Fizika Zemli.* 1979. N 10. P. 14-23 (in Russ.).

[4] Junga S.L. i dr. *Voprosy tochnosti opredelenija mehanizmov ochagov korovyh zemletrjasenij i sejsmotektonicheskie deformacii Srednej Azii i Kazahstana // Zemletrjasenija Srednej Azii i Kazahstana v 1980 godu.* Dushanbe: Donish, 1982. P. 66-95 (in Russ.).

[5] Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V., Hachikjan G.Ja. 11-letnij cikl solnechnoj aktivnosti i sejsmotektonicheskie deformacii na Severnom Tjan'-Shane // *Sbornik dokladov 7-go Kazahstansko-Kitajskogo Mezhdunarodnogo simpoziuma «Prognoz zemletrjasenij, ocenka sejsmicheskoy opasnosti i sejsmicheskogo riska Central'noj Azii».* Алматы, 2-4 ijunja 2010. P. 387-393 (in Russ.).

[6] Sydykov A., Sadykova A.B., Poleshko N.N. *Sejsmotektonicheskoe deformirovanie sredy po dannym o mehanizmah ochagov zemletrjasenij // ҚазҰТУ хабаршысы-Вестник КазНТУ.* Алматы, 2007. N 2. P. 12-17 (in Russ.).

[7] Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V. Hachikjan G.Ja., Shacilov V.I. *Variacii solnechnoj aktivnosti i sejsmotektonicheskie deformacii na Severnom Tjan'-Shane. Ch. 1: Kojefficient Lode-Nadai // Vestnik NJaC RK.* Алматы, 2009. Vyp. 1. P. 86-92 (in Russ.).

[8] Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V., Hachikjan G.Ja., Shacilov V.I. *Variacii solnechnoj aktivnosti i sejsmotektonicheskie deformacii na Severnom Tjan'-Shane. Ch. 2: Azimut osi naprjzhenija szhatija // Vestnik NJaC RK.* Алматы, 2009. Vyp. 1. P. 93-97 (in Russ.).

[9] Poleshko N.N., Dosajbekova S. *Sejsmotektonicheskaja obstanovka po dannym mehanizmov ochagov zemletrjasenij Dzhungaro-Severo-Tjan'-Shan'skogo regiona Kazahstana v 2015 godu. Vestnik AO KazNIISA.* Алматы: Nauka, 2016. N 4. P. 25-34 (in Russ.).

[10] Abakanov T., Li A.N., Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V., Hachikjan G.Ja., Shacilov V.I. *Solnechnaja aktivnost', kosmicheskie luchy, glubinnaja geodinamika i pole sejsmotektonicheskikh deformacij na severnom Tjan'-Shane // Zhurnal problem jevoljucii otkrytyh sistem.* Алматы, 2007. Vyp. IX, Vol. 1. P. 78-87 (in Russ.).

[11] Poleshko N.N., Kopnichev Ju.F., Sadykova A.B., Hachikjan G.Ja., Sokolova I.N. *Sejsmotektonicheskaja deformacija i dobrotnost' sredy na Severnom Tjan'-Shane: svjaz' s variacijami solnechnoj aktivnosti // Tezisy dokladov pjatogo mezhdunarodnogo simpoziuma «Sovremennye problemy geodinamiki i geojekologii vnutrikontinental'nyh orogenov» k 75-letiju so dnja rozhdenija Ju. A. Trapeznikova.* Bishkek, 2011. Vol. 1. P. 272-275 (in Russ.).

[12] Timush A.V., Sadykova A.B., Stepanenko N.P., Hachikjan G.Ja. *Stroenie litosfery kak fактор variacij sejsmotektonicheskikh deformacij v svjazj s solnechnoj aktivnost'ju na Severnom Tjan'-Shane // Izvestija NAN RK. Serija geologii i tehniceskikh nauk.* Алматы, 2013. N 1. P. 55-66 (in Russ.).

[13] Kopnichev Ju.F., Mihajlova N.N. Geodinamicheskie processy v ochagovoj zone Bajсорunskogo zemletrjasenija 12 nojabrja 1990 goda (Severnij Tjan'-Shan') // *Doklady RAN*. 2000. Vol. 373. P. 93-97 (in Russ.).

[14] Kopnichev Ju.F., Sokolova I.N. Ob aktivizacii sejsmichnosti v regione Central'noj i Juzhnoj Azii posle Makranskih zemletrjasenij: vozmozhnoe uskorenie podgotovki sil'nyh sejsmicheskikh sobytij v rajone Tjan'-Shanja // *Doklady RAN*. 2015. P. 101-112 (in Russ.).

А. Б. Садықова¹, Н. Н. Полешко²

¹Сейсмологиялық институты, Алматы, Қазақстан,

²Геофизикалық зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

2015 ЖЫЛҒЫ СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬ ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ СЕЙСМОТЕКТНИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Аннотация. Жұмыста 2015 жылғы сейсмодектоникалық деформация параметрлері жиынтықтарының кеңістік-уақыттық таралу анализдерінің нәтижелері келтірілген. Дәлірек айтқанда: Тянь-Шань жоталары бойымен көлбеу созылған лықсыма түріндегі ошақтар механизмі жерсілкіністерінің көптігі, Солтүстік Тянь-Шань мен Жоңғар территорияларындағы сейсмодектоникалық режимнің күн дақтарының белсенділігімен сипатталатын 11-жылдық Швабе циклына және де Күннің жалпы магниттік өрісінің вариацияларымен сипатталатын 22-жылдық Хейл күн циклына әсер ететіні анықталды; ауданда кернеулік-деформациялық жағдайдағы аймақтар түзілгені және соларға жақын шекаралардың арасында күшті жерсілкіністер ошақтарының пайда болу ықтималдылығы көрсетілген.

Түйін сөздер: сейсмодектоникалық деформация, жерсілкіністердің ошақ механизмі, күн дақтарының белсенділігі, Күннің жалпы магниттік өрісінің вариациялары.

Сведения об авторах:

Садықова Алла Байсымаковна – доктор физико-математических наук, доцент, заведующая лабораторией региональной сейсмичности, ТОО «Институт сейсмологии», aluadin@mail.ru

Полешко Наталья Николаевна – кандидат геолого-минералогических наук, ученый секретарь РГП «Институт геофизических исследований», poleshko@kndc.kz

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 90 – 98

S. M. Romanova¹, O. I. Ponomarenko¹, A. I. Niyazbaeva¹, N. A. Amirgaliev²

¹Al-Farabi kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,

²JSC "Institute of Geography", Almaty, Kazakhstan.

E-mail: Sofya.Romanova@kaznu.kz; Oksana.Ponomarenko@kaznu.kz;

Almagul.Niyazbaeva@kaznu.kz; namirgaliev@mail.ru

QUALITY OF WATER COOLER -RESERVOIR OF EKIBASTUZ POWER PLANT-1 NAMED AFTER BULAT NURZHANOV

Abstract. The results of many years systematic, comprehensive, experimental studies of the authors of the reservoir-cooler of Ekibastuz Power Plant-1 named after Bulat Nurzhanov in accordance with the approved and applicable instructions and regulations. To determine the components of the chemical composition of water methods, generally accepted in hydro chemical practice, were used. An assessment of the water quality of the reservoir and channel of its feeding was done by method of Kazakh Research Institute of Monitoring Environment and Climate, the complex index of water pollution was calculated by the list of pollutants established by RSE Kazhydromet according to the international rules for environmental monitoring.

It was found that cooling reservoir of the Ekibastuz Power Plant-1 during 16 years period of operation (1979–2004) the season averaged values of pollution index gradually increased from 0.2 to 6.3, which indicates the increasing role of undoubted human influence. The renewed research of hydrochemistry of reservoir in 2013 revealed the following. The water of reservoir in the summer months and in October, 2013 was normatively clean. At this time, the values of the average Complex index contamination of water (CICW) were less than one (0.50–0.65). In November, the water quality worsens, water is a moderate level of pollution, CICW value becomes greater than one (1.45). The main contribution to increasing of CICW value belongs to iron, here ICWHM is 4.23.

Keywords: quality of natural waters, the main ions, index of pollution of water.

УДК 550:461(574.2)

С. М. Романова¹, О. И. Пономаренко¹, А. И. Ниязбаева¹, Н. А. Амиргалиев²

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

²ҚР ҒБМ География институты, Алматы, Қазақстан

БОЛАТ НҰРЖАНОВ АТЫНДАҒЫ ЕКІБАСТҰЗ СЭС-1 САЛҚЫНДАТҚЫШ – СУ ҚОЙМАСЫНДАҒЫ СУДЫҢ САПАСЫ

Аннотация. Мақалада авторлардың Болат Нұржанов атындағы Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасындағы судың бекітілген және қолданыстағы нұсқаулықтармен талаптарға сәйкес көп жылғы кешенді, эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері берілген. Судың химиялық құрамының компоненттерін анықтау үшін гидрохимиялық практикада жалпы қабылданған әдістер қолданылды. Су қоймасының және оған құятын каналдардың суының сапасы ҚазҒЗИКОМ әдісі бойынша бағаланды, қоршаған орта мониторингісінің

халықаралық ережелеріне сәйкес ҚР РМК Қазгидромет ҚОҚМ бекіткен ластанушы заттар тізімі бойынша судың ластануының кешенді индексі есептелінді.

Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасын 16 жыл (1979–2004) пайдалану аралығында оның суының ластану индексінің орта мерзімдік мәні біртіндеп 0,2-ден 6,3-ке дейін артқандығы анықталды, ол антропогенді әсердің айғағы болып табылады. Су қоймасындағы судың сапасын 2013 жылы тексерген кезде мынадай жағдаяттар байқалды. 2013 жылдың жаз айлары мен қазанында судың тазалығы нормаға сай келді, СЛКИ өлшенген орта мәні 0,50–0,65 аралығында ауысып отырды. Қараша айында судың сапасы төмендеді, су орташа ластану деңгейіне жетті (СЛКИ 1,45-ке тең болды). СЛКИ мәнінің артуына негізінен темір әсер етеді.

Түйін сөздер: табиғи сулардың сапасы, негізгі иондар, судың ластану индексі.

Кіріспе. Болат Нұржанов атындағы «Екібастұз СЭС-1» ЖШС қазіргі уақытта конденсациялық типтегі жылу электр станциясы болып табылады, ол қуаттылығы 4000 МВт-ке тең электр энергиясын өндіреді және таратады. Станция негізгі жанармай ретінде Екібастұз кенінің көмірін пайдаланады. Турбиналар салқындатқыш – су қоймасының суымен салқындатылады, ол Ертіс-Қарағанды каналының (қазіргі уақытта Қ. Сатпаев ат. канал) тұщы суымен толатын бұрынғы Жангелді ащы-тұзды көлінің шайылған шұңқырына негізделген [1]. Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасы көптеген сапалық және сандық көрсеткіштері бойынша Қазақстандағы бірегей су қоймасы болып табылады [2]. Ол Павлодар облысының территориясында Екібастұз қаласының солтүстік-шығысында 17 км-де орналасқан. Су қоймасының 158,50 м қалыпты деңгейдегі ауданы 19,5 кв метрге тең, орташа тереңдігі 4,6 метр, су бөгетінде максималды 8,5 метр (1-сурет). Әрқайсысының қуаттылығы 500 мың кВт 8 энергоблоқтың турбиналарының конденсаторларын суытуға судың циркулярлы шығыны 120 м³/с құрайды. Су қоймасының суы СЭС-ті техникалық сумен қамтамасыз ету үшін пайдаланылады, болашақта балық өсіру және жерді суландыру мақсатта қолданылу жоспарлануда. Сондықтан аталған су қоймасы суының сапасын зерттеу өзекті мәселе болып отыр.

Екібастұз СЭС-1 құрғақ салқындатқыш – су қоймасының ұсақ сулылығы, сулы массаларды қарқынды желді араластыру, күн радиациясының әсері және СЭС-тан шыққан циркуляциялық суды қосымша қыздыру көптеген жағдайда химиялық құрамның барлық дерлік компоненттерінің



1-сурет – Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш-су қоймасының ғарыштық түсірілімі

Figure 1 – Kosmoshot of the reservoir-cooler of Ekibastuz Power Plant-1

вертикалды стратификациясының болмауына әсер етеді, осысымен ол гумидтік аудандардың су қоймаларынан ерекшеленеді [2, 3].

Авторлардың көп жылғы зерттеулерінің нәтижесінде жыл бойы климаттық жағдайлардың өзгеруі, суды алу режимі, СЭС-1 жұмыс істеу режимі гидрохимиялық процестердің жүруіне әсер ететіндігін және оның нәтижесінде сулы массалардан кальций карбонаты бөлініп, оның су қоймасының түбіне шөгетіндігі көрсетілді. Жылытылған судың әсерінен болатын қарқынды желді және турбулентті араластырудың, судың оттеппен және көмірқышқыл газымен қанығуының нәтижесінде кері процесс жүруі мүмкін: кальций карбонатының хемогенді қатты бөлшектерінің еріп, кальцийдің ерімтал гидрокарбонатының түзілуі. Бұл процестер су қоймасында үнемі жүріп тұрады, сонымен қатар сыртқы және ішкі жағдайларға байланысты тепе-теңдік карбонатты тұздардың тұнбаға түсу немесе еру бағытына қарай ығысады [2, 4, 5].

Зерттеудің әдісі мен әдіснамасы. Салқындатқыш-су қоймасының жоғары жағынан минерализацияны, жалпы химиялық құрамын, құрамындағы биогенді элементтерді органикалық заттарды және ауыр металдарды анықтау үшін судың сынамалары алынды. Көлдің минимум үш түрлі бөлігінен алынған әрбір сынама судың орташа үлгісінен тұрды. Судың орташа үлгілері араластырылып, сосын бір қажетті көлемдегі интегралданған сынама алынды. Азот қосылыстарының, судың, фосфордың және басқа да элементтердің иондық құрамын анықтаудың жалпы қабылданған әдіснамасы қолданылды [6, 7]. Анализді жүргізу барысында қателіктер пайызы шекті ауытқу мәнінен асқан жоқ. Судың барлық сынамаларына кем дегенде 3–4 рет қайталанып анализ жасалынды. Су құрамындағы ауыр металдарды анықтау индуктивті-байланысқан плазмалы масс-спектрометрия әдісімен орындалды (СТ ҚР ИСО 17294-2-2006).

Ластану коэффициентін анықтауға арналған есептеулер шекті рұқсат етілген концентрациялары жоғары (фосфор, темір, перманганаттық тотығу, нитриттер, аммоний ионы, фтор, бор, мыс, мырыш, алюминий, хром, кадмий) болып келетін барлық көрсеткіштер бойынша лабораториялық зерттеулер мен өзіміздің далалық зерттеу нәтижелері негізінде жүргізілді [8, 9]. Химиялық құрамдағы анықталатын компоненттердің саны 20–24 құрайды.

Нәтижелер және оларды талқылау. Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасының пайдалану уақытынан бастап (1979 ж., желтоқсан) 1993 жылға дейінгі аралықтағы суларының сапаларының индекстері 1-суретте, 1, 2-кестелерде берілген, ал 2013 жылдың жаз-күзгі маусымдағы мәліметтері 3-кестеде берілген. Бұл мәліметтер жылдың әртүрлі мезгілінде суға антропогенді әсердің дәрежесін іс жүзінде бағалауға мүмкіндік береді.

Су қоймасындағы суларды негізгі ластаушы ингредиент мыс болып табылады. LK_{Cu} (0,04–89,75) мыс бойынша ластану коэффициенттерінің орташа мезгілдік мәндерінің шектері бірнеше жылдық мерзімдегі мыс бойынша судың сапасы орташа мәнде нормативті көрсеткіштен 11 есе нашар немесе шекті рұқсат етілген концентрациядан 100%-ға жоғары ($ШРК_{Cu}=1$ мкг/л) болатынын көрсетеді. 1985 ж., 1991 ж., 1993 ж. жаз уақытында және 1993 жылдың қысында су қоймаларындағы судың сапасына мыстың ең жоғарғы әсер етуі байқалды: LK_{Cu} сәйкесінше 25,64; 36,59; 60,15 және 23,75 мәндеріне тең (2-сурет). LK_{Cu} -дің максимальді мәні 1994 жылдың күзінде байқалды (89,7). Осы уақыт аралығында су барлық көрсеткіштері ЛК (2,16; 3,44; 4,20; 6,28) бойынша орташа мәндерінің артуымен сипатталады, яғни су қоймаларының нормативті параметрлері өздерінің ШРК-нан 216-628% жоғары болды. 1988 жылдан бастап су қоймаларындағы суды құрамынан Cu , Zn және Mn -тен басқа металдар да (Al , Pb , Cr , Ba , Sr) анықталды. Сондықтан осы уақыттан бастап бұл металдар су сапаларының нақтырақ сипаттамаларын алу үшін жеке, орташа мезгілді, орташа жылдық және орташа көп жылдық ЛК есептеулеріне енгізіліген.

Басқа сапа көрсеткіштерінің орташа көп жылдық ЛК мәндеріне сараптама жүргізе отырып, мынадай қорытындыға келуге болады: су қоймасындағы судың сапасының қалыптасуында температураның әсері ($LK_{pH}=0,72$), рН (0,002) мәні, хром ($LK_{Cr}=2,44$), темір ($LK_{Fe}=2,00$), мырыш ($LK_{Zn}=1,64$), алюминий ($LK_{Al}=0,72$), сульфаттар ($LK_{SO_4^{2-}}=0,59$), ПО ($LK_{PO}=0,21$), кадмий ($LK_{Cd}=0,16$), аммоний иондары ($LK_{NH_4^+}=0,09$), марганец ($LK_{Mn}=0,06$), фосфор ($LK_P=0,05$), магний ($LK_{Mg^{2+}}=0,03$), натрий және калийдің қосындысы ($LK_{Na^++K^+}=0,02$) аз мәндермен бағаланады (1, 2-кесте).

1-кесте – Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасындағы судың сапасының индексі (1979–1990 жж.)

Table 1 – Indexes of quality in water of a reservoir cooler of Ekibastuz Power Plant-1 (1979–1990)

№	Жыл	Мезгіл	Na ⁺ K ⁺	СГ	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	ПО	t, °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1979	қыс	0	0	0,24	0	0	0	0	0
2	1980	көктем	0,32	0	1,59	0	0	0	0	–
3	1980	жаз	0	0	0,12	0	0,02	0,31	0	0,22
4	1980	күз	0	0	0,46	0,02	0	0	0,01	–
5	1981	қыс	0,01	0	0,75	0,02	0	0	0	0,80
6	1981	көктем	0,04	0	0,35	0,03	0	0	0,61	–
7	1981	жаз	0,07	0,01	0,81	0,13	0	0	0,08	0,76
8	1981	күз	0,12	0,07	0,84	0,13	0	0	0	–
9	1982	қыс	0,31	0,16	0,96	0,14	0	0	0	1,27
10	1982	көктем	0,10	0,01	0,80	0,23	0	0	0,55	–
11	1982	жаз	0,05	0	0,78	0,10	0,01	0	0,03	0,76
12	1982	күз	0	0	1,22	0,40	0	0	0	–
13	1983	көктем	0	0	1,18	0,02	0	0	0	–
14	1983	жаз	0	0	1,04	0,04	0,01	0	0	0,53
15	1983	күз	0	0	1,02	0,02	0	0	0	–
16	1984	қыс	0	0	1,01	0,03	0	0	0	0,52
17	1984	көктем	0	0	1,00	0,03	0	0,01	0,01	–
18	1984	жаз	0	0	0,99	0,05	0,04	0,01	0	0,58
19	1985	қыс	0	0	1,54	0,09	0	0	0	0,45
20	1985	көктем	0	0	1,13	0,04	0,17	0	0,03	–
21	1985	жаз	0	0	1,27	0,01	0,04	0	0,02	0,39
22	1986	қыс	0	0	1,25	0	0	0	0	1,25
23	1986	көктем	0	0	1,19	0	0	0	0,10	–
24	1986	жаз	0	0	1,21	0,01	0	0	0	0,75
25	1986	күз	0	0	1,45	0	0	0	0	–
26	1987	қыс	0	0	0,70	0	0	0	0	1,17
27	1987	көктем	0	0	1,01	0	0	0	0	–
28	1987	жаз	0	0	0,87	0	0	0	0	0,55
29	1988	қыс	0	0	0,15	0	0	0	0,02	0,58
30	1989	қыс	0	0	0,08	0	0	0	0	0,44
31	1989	көктем	0	0	0,02	0	0,05	0	0,60	–
32	1989	жаз	0	0	0,03	0	0,03	0	0,02	0,67
33	1989	күз	0	0	0,02	0	0,11	0	0,33	–
34	1990	қыс	0	0	0	0	0	0	0	1,25
35	1990	көктем	0	0	0	0	0	0	0	–
36	1990	жаз	0	0	0	0	0,07	0	0,52	0,43
37	1990	күз	0	0	0	0	0	0	0	–

№	B	Br	F	Cu	Zn	Mn	Fe	P	Al	Cr	ЛК орт. мәні
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0	0	анық- маған	анық- маған	анық- маған	анық- маған	0	0	анық- маған	анық- маған	0,02
2	0,02	0	0	анық- маған	анық- маған	анық- маған	0,74	0	анық- маған	анық- маған	0,22
3	0,49	0,01	0,06	анық- маған	анық- маған	анық- маған	0,38	0	анық- маған	анық- маған	0,13
4	0,82	0	0	анық- маған	анық- маған	анық- маған	0	0	анық- маған	анық- маған	0,11
5	1,11	0	0	анық- маған	анық- маған	анық- маған	0,40	0	анық- маған	анық- маған	0,24
6	1,13	0,04	0	12,91	3,04	анық- маған	2,22	0	анық- маған	анық- маған	1,46
7	1,07	0	0,01	5,60	4,41	анық- маған	0,63	0	анық- маған	анық- маған	0,91
8	1,63	0,33	0	6,98	5,10	анық- маған	0,52	0	анық- маған	анық- маған	1,12
9	1,57	0,52	00	4,15	0,72	анық- маған	2,40	0	анық- маған	анық- маған	0,81
10	0,89	0,07	0	8,02	0	анық- маған	0,98	0	анық- маған	анық- маған	0,83
11	1,78	0,04	0	8,50	0,40	анық- маған	0,70	0	анық- маған	анық- маған	0,88
12	1,21	анық- маған	0	0,04	0,17	анық- маған	0	0	анық- маған	анық- маған	0,23
13	1,14	анық- маған	0	2,38	0,44	0	0,01	0	анық- маған	анық- маған	0,37
14	1,42	анық- маған	0	2,71	0,60	0	0,03	0	анық- маған	анық- маған	0,43
15	1,05	0	0	3,60	0,27	0	2,67	0	анық- маған	анық- маған	0,57
16	1,98	0	0	3,88	0,31	0	1,28	0	анық- маған	анық- маған	0,56
17	1,85	0,02	0	3,48	0,36	0,01	0,50	0	анық- маған	анық- маған	0,48
18	1,63	0	0	3,56	0,39	0,01	5,15	0	анық- маған	анық- маған	0,78
19	2,33	0	0,01	16,83	0,53	0	1,58	0	анық- маған	анық- маған	1,46
20	1,21	0,03	0,08	20,44	1,53	0,04	2,77	0	анық- маған	анық- маған	1,83
21	1,21	0	0,51	25,64	1,52	0	2,23	0	анық- маған	анық- маған	2,16
22	0,46	0	0,02	4,93	1,27	0	2,89	0	анық- маған	анық- маған	0,75
23	0,61	0,06	0,95	0,12	1,36	0	3,60	0	анық- маған	анық- маған	0,53
24	0,17	0,25	0	3,84	1,12	0,04	2,00	0,06	анық- маған	анық- маған	0,59
25	0,16	0,05	0	3,53	1,21	0,03	2,50	0,06	анық- маған	анық- маған	0,60
26	0,23	0	0,01	7,19	1,44	0,04	3,80	0	анық- маған	анық- маған	0,91
27	0,18	0	0	4,41	3,29	0	2,20	0	анық- маған	анық- маған	0,74
28	0,16	0,04	0	9,41	1,52	0,15	2,20	0,48	анық- маған	анық- маған	0,96

29	1,37	0,01	0	4,08	0,12	0,06	3,10	0	1,22	анық-маған	0,63
30	0,23	анық-маған	0,32	1,25	0,14	0	1,65	0	0	0,56	0,27
31	1,01	анық-маған	0,38	5,21	0,70	0	16,8	0	0	0,82	1,60
32	0,24	анық-маған	0	2,16	1,11	0,01	3,13	0,02	0,64	0,42	0,50
33	анық-маған	анық-маған	анық-маған	3,07	0,87	0	2,53	0,12	5,45	0,13	0,90
34	1,79	анық-маған	анық-маған	2,60	2,96	0	0	0,04	0,29	6,27	0,95
35	0,72	анық-маған	анық-маған	1,71	0,71	0	0,35	0	0,45	0	0,26
36	4,10	анық-маған	анық-маған	5,87	3,93	0,20	0	0,19	0,52	1,23	1,07
37	анық-маған	анық-маған	анық-маған	2,00	0,19	0	0	0	4,30	0,08	0,47
<i>Ескерту:</i> анық-маған – анықталмаған.											

2-кесте – Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасындағы судың сапасының индексі (1991–1993 жж.)

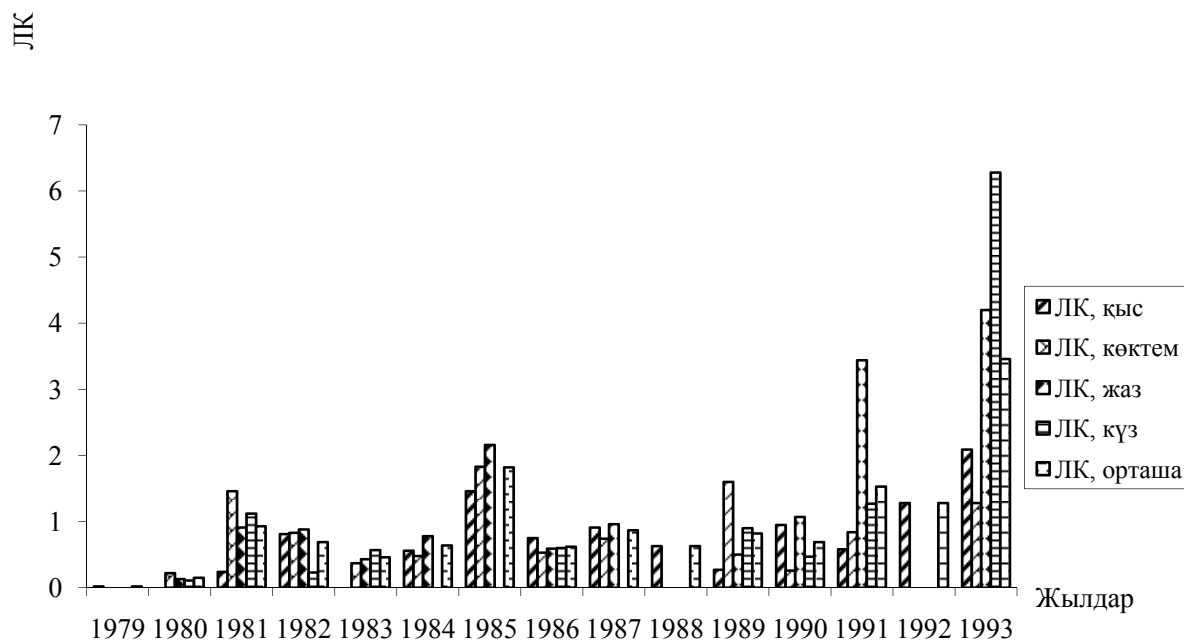
Table 2 – Indexes of quality in water of a reservoir cooler of Ekibastuz Power Plant-1 (1979–1990)

№	Жыл	Мезгіл	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	ПО	t ⁰	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	P	Fe
38	1991	қыс	0	0,01	0,01	0,41	0,30	0	0	2,76
39	1991	көктем	0	0	0	–	0,02	0,01	0	2,30
40	1991	жаз	0,003	0	4,40	2,04	0,36	0	0,39	3,76
41	1991	күз	0,01	0	0,01	–	0,83	0	0	0,47
42	1992	қыс	0,06	0	0,03	0,52	0	0	0	2,96
43	1993	қыс	0,10	0	0,70	0,53	0,41	0	0	3,51
44	1993	көктем	0,10	0	2,14	–	0,17	0,01	0,47	1,60
45	1993	жаз	0,13	0	0,08	0,48	0,62	0	0,49	2,70
46	1993	күз	0,05	0	0	–	0,86	0	0	0
47	орт. мәні (n=41-46)		0,59	0,03	0,21	0,72	0,09	0,01	0,05	2,00

2-ші кестенің жалғасы

Continuation of table 2

№	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd	Al	Ba	Cr	pH	ЛК орт. мәні
38	4,34	0,40	0	0,01	0	0,01	0	1,60	0	0,58
39	7,67	2,43	0	0	0,01	0	0	1,00	0	0,84
40	36,59	2,48	1,74	0	0,14	0,01	0	6,65	0,01	3,44
41	15,5	0,58	0	0	0	0	0,01	3,00	0	1,27
42	11,9	1,91	0	0	0,01	0	0	1,10	0	1,28
43	23,75	3,85	0	0	1,31	0	0	1,45	0	2,09
44	11,87	3,30	0	0	0	0	0	0,80	0	1,28
45	60,15	1,59	0	0	0,02	0	0	5,20	0	4,20
46	89,75	9,0	0,01	0	0	0	0,01	1,13	0	6,28
47 орт. мәні (n=41-46)	11,01	1,64	0,06	0,001	0,16	0,72	0,002	2,44	0,002	1,06



2-сурет – Көпжылдық айналымда СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасы суының ластану коэффициентінің өзгеру гистограммасы

Figure 2 – Histogram of change coefficient impurity in water of a reservoir cooler of Ekibastuz Power Plant-1 in a long-term cycle

Көп жылғы ЛК орта мәні натрий және калий иондары үшін 0,02-ге, хлор иондары үшін 0,005-ке тең.

Су қоймасының суы СЭС турбиналарының конденсаторларын суыту үшін пайдаланылатындықтан, жылытылған су суатқа қайтадан құйылады. Сужинағыш және сулақтырғыш бөліктерде судың температурасы айтарлықтай (5–20⁰С) ерекшеленеді. ЛК_{т0} орташа көпжылдық есептеулері қысқы уақытпен (0,76) салыстырғанда жазда (0,68) оның 0,08 бірліке азайғанын көрсетті. Бұл су қоймасындағы судың сапасының нормативтік параметрлері температураның орташа көрсеткіші бойынша өзінің ШРК-нан 68-76% артатынын білдіреді. ЛК-нің орташа жылдық мәндерін есептеу 7 жыл бойы 2 кезенді анықтауға мүмкіндік берді: 1979 жылдан 1985 жылға дейін ЛК 0,02-ден 1,82-ге (1,80 бірлікке) артты және 1986–1993 жылдар аралығында ЛК 0,62-ден 3,46-ға (2,84 бірлікке) артты. Су қоймасын 15 жыл (1979 жылдың қысынан 1993 жылдың күзіне дейін) бойы пайдалану кезінде орта мерзімдік ЛК-нің 314 есеге (0,02-ден 6,28-ге дейін) арту тенденциясы байқалады, бұл салқындатқыш – су қоймасындағы судың сапасына антропогенді әсердің ұлғайғандығының куәсі болып табылады.

ЛК-нің орташа көпжылдық мәні 1,06 құрайды, яғни бұл суаттың суының сапасының нормативтік параметрлері өзінің ШРК-нан орта есеппен 106% -ға артты немесе нормативтік мәннен 2,1 есе нашар болды. Каналды қоректендіруші суды негізгі ластанушы заттар мыс пен темір болып табылады. Көпжылғы мерзім ішінде (14 жыл) каналдың суының сапасы мыс және темір бойынша нормативтік мәнінен орта есеппен 7,2 және 5,8 есе төмендеді. Жалпы каналдың 0,61 мәнді құрайтын орташа көпжылғы ЛК су сапасының нормативтік параметрлері өзінің ШРК-нан орта есеппен 61%-ға артатынын немесе су сапасының 1,6 есе төмен екендігін көрсетті.

2013 жылы жалпы минералдану және негізгі тұз тұзуші иондардың мөлшері суаттың акваториясы бойынша біркелкі бөлінбеді. Судың беткі және түпкі бөліктеріндегі заттардың мөлшерінде айтарлықтай айырмашылықтар байқалмады. Сужинағыш және сулақтырғыш бөліктерде минералданудың орта мәнін есептеу шығатын судың минералдануының артуын да (орта есеппен 11,2 мг/л), азаюын да (орта есеппен 6,1 мг/л) көрсетті (3-кесте). Су суытқыш жүйе арқылы өткен кезде сол

3-кесте – Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасы суының сапасының индексі (2013 ж.)

Table 3 – Values of the Complex index of pollution in water of a reservoir cooler of Ekibastuz Power Plant-1

Үлгіні алу уақыты	СЛИ _{ГИ}	СЛИ _{БЭ}	СЛИ _{ТМ}	СЛИ _{ЯВ}	СЛКИ орташа өлшенген
02.08.13	0,688	0,264	0,754	0,31	0,504
16.08.13	0,636	0,235	1,440	0,28	0,648
10.10.13	0,716	0,180	0,916	0,190	0,501
15.11.13	0,613	0,741	4,233	0,21	1,449

кездегі физика-химиялық жағдайларға (судың температурасы, ағыс жылдамдығы, қысым, органикалық заттардың, фитопланктондардың және т.б. болуы) байланысты минералды тұздармен байытылуы да, оның азайылуы да мүмкін.

Сужинағыш бөлікте судың температурасы сулақтырғыш бөліктегі судың температурасына караганда іс жүзінде үнемі аз деген көпжылдық белгіленген факт расталмады.

2013 жылдың жазғы айларында және қазанда суаттың суы нормативті таза су болды (3-кесте). Бұл уақытта судың ластануының кешенді индексінің (СЛКИ) орташа өлшенген мәні бірден төмен (0,501–0,648) болды. 2013 жылдың қараша айында судың сапасы төмендейді, су қалыпты ластану деңгейіне жатады (СЛКИ = 1,449). СЛКИ мәнінің артуына негізгі әсер ететін темір, ол СЛИ_{ТМ} 4,233 құрайды.

Қорытынды. СЭС-1 салқындатқыш – су қоймасын пайдалану уақытында гидрохимиялық процестердің жүруіне және судың сапалық көрсеткішіне антропогенді факторлардың әсер еткендігі анықталды. Салқындатқыш – су қоймасын пайдаланудың бастапқы мерзімінде су мыс бойынша ластану коэффициентінің салыстырмалы жоғары мәндерімен, сонымен қатар ЛК -нің басқа көрсеткіштері бойынша орташадан жоғары мәндермен (2,16; 3,44; 4,20; 6,28) сипатталады, яғни суаттың нормативті параметрлері өзінің ШРК-нан 216-628% артты. Осы уақытта көптеген жағдайда сужинағыштағы судың температурасы сулақтырғыштағы судың температурасынан төмен болды. Мұнда су қоймасындағы судың орташа температурасының көрсеткіші бойынша нормативті параметрлері өзінің ШРК-нан 68-76% артты. 2013 жылы мұндай факт анықталмады, ол мүмкін салқындату жүйесіндегі бұзылуға байланысты шығар. 2013 жыл бойы су қоймасы суының сапалық құрамы төмендеді.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Коротких А.Г., Ибрагимова М.А. Диффузия солей из грунтов дна водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС // Гидрохимиялық материалдар. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – Т. CIV. – Б. 137-148.
- [2] Романова С.М. Бессточные водоемы Казахстана. – Т. I: Гидрохимический режим. – Алматы: Қазақ университеті, 2008. – 250 б.
- [3] Турсунов А.А. От Арала до Лобнора. Гидроэкология бессточных бассейнов Центральной Азии. – Алматы: Қағанат, 2003. – 382 б.
- [4] Romanova S.M., Ponomarenko O.I., Kazangapova N.B., Matveyeva I.V., Nazarkulova Sh.N. The impact of fluctuations of temperature on hydrochemistry of cooling reservoir // International Multidisciplinary Scientific Geocnf. Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2015. – Vol. 1, Iss. 3. – P. 655-662 (Code 153909).
- [5] Romanova S.M., Preisner L. The theoretical bases 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.
- [6] Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / А. Д. Семенов редакциясымен. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 541 б.
- [7] Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – М.: НПО «Альтернатива», 1995. – 618 б.
- [8] Бурлибаев М.Ж., Тажмагамбетов Е.А., Байманов Ж.Н. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – Алматы: Ғылым, 2007. – 92 б.
- [9] Беспамятов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985. – 528 б.

REFERENCES

- [1] Korotkih A.G., Ibragimova M.A. Diffuzija solej iz gruntov dna vodohranilisha-ohladitelja Ekibastuzskoj GRES-1 // *Gidrohimičeskie materialy*. L.: Gidrometeoizdat, 1988. Vol. CIV. P. 137-148 (in Russ.).
- [2] Romanova S.M. Besstochnye vodoemy Kazahstana. Vol. I: Gidrohimičeskij rezhim. Almaty: Қазақ. Universiteti, 2008. 250 p. (in Russ.).

- [3] Tursunov A.A. Ot Arala do Lobnora. Gidrojekologija besstochnyh bassejnov Centralnoj Azii. Almaty: Kaganat, **2003**. 382 p. (in Russ.).
- [4] Romanova S.M., Ponomarenko O.I., Kazangapova N.B., Matveyeva I.V., Nazarkulova Sh.N. The impact of fluctuations of temperature on hydrochemistry of cooling reservoir // *International Multidisciplinary Scientific Geoconf. Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. **2015**. Vol. 1, Iss. 3. P. 655-662 (Code 153909).(in Eng.).
- [5] Romanova S.M., Preisner L. The theoretical bases 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 (in Eng.).
- [6] Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi / Pod red. A. D. Semenova. L.: Gidrometeoizdat, **1977**. 541 p. (in Russ.).
- [7] Fomin G.S. Voda. Kontrol' himicheskoy, bakterialnoj i radiacionnoj bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam. M.: NPO «Alternativa», **1995**. 618 p. (in Russ.).
- [8] Burlibaev M.Zh., Tazhmagambetov E.A., Bajmanov Zh.N. Kompleksnaja ocenka kachestva poverhnostnyh vod po gidrohimicheskim pokazateljam. Almaty: Gylm, **2007**. 92 p. (in Russ.).
- [9] Bespamjatnov G.P., Krotov Ju.A. Predelno-dopustimye koncentracii himicheskikh veshchestv v okruzhajushhej srede. L.: Himija, **1985**. 528 p. (in Russ.).

С. М. Романова¹, О. И. Пономаренко¹, А. И. Ниязбаева¹, Н. А. Амиргалиев²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Институт географии МОН РК, Алматы, Казахстан

КАЧЕСТВО ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС-1 ИМЕНИ БУЛАТА НУРЖАНОВА

Аннотация. Приведены результаты многолетних комплексных, экспериментальных исследований авторов в соответствии с утвержденными и действующими наставлениями и инструкциями. Для определения компонентов химического состава воды применены общепринятые в гидрохимической практике методы. Произведена оценка качества воды водоема и канала его подпитки по методу КазНИИМОСК, рассчитан комплексный индекс загрязненности вод по перечню загрязняющих веществ, установленным РГП Казгидромет МОС РК согласно международным правилам мониторинга окружающей среды.

Установлено, что для водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 за 16-летний период эксплуатации (1979–2004 гг.) средние сезонные значения индекса загрязнения постепенно увеличивались от 0,2 до 6,3, что свидетельствует о возрастающей роли антропогенного влияния. Возобновленные исследования качественного состояния воды водоема в 2013 г. выявили следующее: вода водоема в летние месяцы и октябре 2013 г. имела нормативно чистую воду, значения средне взвешенного КИЗВ менялись в пределах 0,50–0,65. В ноябре качество воды ухудшилось, вода приобретает умеренный уровень загрязнения (КИЗВ равен 1,45). Основной вклад в увеличение значения КИЗВ принадлежит железу.

Ключевые слова: качество природных вод, главные ионы, индекс загрязнения воды.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 99 – 106

R. Nasirov¹, A. P. Sljusarev², I. B. Samatov², B. Kuspanova³, A. R. Nasirov¹

¹Atyrau State University named after H. Dosmuhamedov, Atyrau, Kazakhstan,

²LLP «Institute of Geological Sciences named after K.I.Satpaev, Almaty, Kazakhstan,

³Atyrau Oil and Gas University, Atyrau, Kazakhstan

APPLYING OF GEOCHEMICAL METHODS FOR THE STUDY OF THE GEOLOGICAL SECTION OF OIL AND GAS WELLS

Abstract. It is shown that the results of a comprehensive study of the paramagnetic properties of rocks and chloroform extracts of these species by EPR-spectroscopy provide an opportunity to identify oil saturated and bituminous reservoirs in the geological cross-section of oil and gas wells.

According to experimental studies, EPR spectroscopy method can be used to directly determining of the concentration of free radicals in the sample of rock (cuttings and core) taken during drilling in the carbonate sections of Tortay and Ravninnoe deposits (Emba region).

In the central part of the EPR spectra of rocks observed a single line without the hyperfine structure of the free radical (FR). The assignment of these lines to the organic material, in particular to the "coal radical" is confirmed by the presence of signal saturation at increasing the capacity of the "Varian E-12" EPR spectrometer. Oil that produced from the sections of well #4 of Tortay field (90 g/t) and well #8 of Ravninnoe field (117 g/t) characterized by conditionally vanadium content in the form of a vandyl complex and relates to heavy oil. We can assume that in well sections, organic substances (OS), which not contain vanadium complexes formed under oxidizing conditions, which does not contribute to the accumulation of vanadium in the organic matter in the form of vanadyl ion. To test this hypothesis the extracts taken from rocks of Ravninnoe and Tortay deposits studied by IR spectroscopy. Analysis of IR spectra selected bitumen showed a high degree of oxidation.

Undoubted advantages of the used methodology are the rapidity, a small amount of rock being studied and no need for its destruction.

Key words: core, free radical, allocation of bitumen, ion of vanadyl, EPR spectroscopy, X-ray fluorescence analysis.

УДК 543.422.27:546.712

Р. Насиров¹, А. П. Слюсарев², И. Б. Саматов², Б. Куспанова³, А. Р. Насиров¹

¹Атырауский Государственный университет им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан,

²ТОО «Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева», Алматы, Казахстан,

³Атырауский университет нефти и газа, Атырау, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Аннотация. Показано, что результаты комплексного изучения парамагнитных свойств пород и хлороформных экстрактов из этих пород методом ЭПР-спектроскопии дают возможность выявлять нефтенасыщенные и битуминозные пласты в геологическом разрезе нефтегазовых скважин.

Как показали экспериментальные исследования, метод ЭПР-спектроскопии может использоваться и для непосредственного определения концентрации СР в анализируемом образце горной породы (шлам или керн), отобранном в процессе бурения в карбонатных разрезах месторождений Тортай и Равнинное (Эмбинский регион). При этом несомненными преимуществами используемой методики являются экспрессность, малый объем изучаемой горной породы и отсутствие необходимости ее разрушения.

Ключевые слова: горная порода, свободный радикал (СР), выделение битума, ион ванадила, ЭПР-спектроскопия, рентгено-флуоресцентный анализ.

Введение. Развитие нефтяной и газовой промышленности, резкое увеличение добычи нефти и газа всегда связано с открытием и вводом в разработку новых нефтегазоносных регионов и зон нефтегазонакопления. В ближайшие годы реальные геологические предпосылки для подъема добычи нефти и газа в республике могут быть связаны с перспективами открытия новых зон нефтегазонакопления в подсолевых палеозойских отложениях Прикаспийской впадины, в пределах которой открыты Жанажольское, Тенгизское, Карачаганакское и другие месторождения нефти и газа. Открытие этих месторождений подтвердило высокую оценку перспектив нефтегазоносности Прикаспийской впадины.

Поэтому повышение эффективности поисков и разведки новых нефтяных и газовых месторождений – задача первостепенной значимости. В этой связи в России наряду с другими проблемами придается большое значение развитию и совершенствованию прикладных геохимических методов поисков углеводородных (УВ) залежей [1, 2].

В работе [3] предлагается использование нефтегазопроисковой геохимии как элемента системы управления и оптимизации геологоразведочных работ. Такой подход открывает качественно новый этап в развитии геохимических методов поисков месторождений нефти и газа, знаменующий их переход от чисто научных исследований к промышленной технологии. Геохимические эффекты были получены при детальном изучении распределения урана в терригенных отложениях мезозоя Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [4].

В условиях земной коры уран может быть в шести- и четырехвалентном состоянии. Четырехвалентный уран малоподвижен, шестивалентный, напротив образует легкорастворимые соединения. В природных условиях шестивалентный уран легко гидролизует и образует комплексный двухвалентный катион UO_2^{2+} , играющий вследствие своей подвижности исключительную роль при миграции и концентрации урана. В восстановительной обстановке шестивалентный уран переходит в малоподвижную четырехвалентную форму, что приводит к концентрации урана на восстановительных барьерах.

Результаты распределения урана показали, что при переходе от нефтенасыщенных песчаников к водонасыщенным, концентрация урана в породах увеличивается в пять раз [4].

Во ВНИИ геоинформсистем [5] разработан способ поисков залежей нефти и газа, получивший название порошковой феррометрии, основанный на исследовании аутигенных железосодержащих химических соединений магнитным методом, в частности, путем измерения магнитной восприимчивости порошковых проб пород. Теоретические основы метода базируются на фазовом равновесии оксидных и закисных форм железа, которые в условиях восстановительной обстановки, создаваемой мигрирующими из залежей углеводородами, сдвигаются в сторону последних.

Экспериментальными и опытно-методическими работами установлено, что в породах, находящихся в зоне влияния мигрирующих из недр углеводородов, образуется ряд железистых минералов, основными из которых являются магнетит, маггемит, пирит, шамозит, маркизит. Большинство из них ферромагнетики и могут быть зафиксированы высокочувствительной аппаратурой.

Кроме того, в зонах подтока углеводородов в приповерхностных условиях идет интенсивный процесс карбонатообразования. Среди новообразованных минералов карбонатного ряда существенная роль принадлежит сидериту. Он, будучи неустойчивым, в зоне свободного водогазобмена, в поверхностных отложениях трансформируется в магнетит.

Как правило, скопления углеводородов на глубине в поверхностных образованиях фиксируются повышенными значениями магнитной восприимчивости пород.

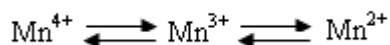
Методика порошковой феррометрии прошла опытно-методическое опробирование на разных уровнях среза в различных геолого-тектонических, ландшафтно-геохимических и климатических

условиях СССР при оценке перспектив нефтегазоносности локальных объектов до поставки на них глубокого бурения [5].

Несомненным достоинством метода порошковой феррометрии является независимость его работоспособности от различного рода добавок, используемых при бурении скважин и существенно снижающих информативность ряда традиционных геохимических исследований, осуществляемых при прогнозировании нефтегазоносности недр.

Геохимия d-элементов периодической системы Д. И. Менделеева имеет важнейшее значение в поиске месторождений нефти и газа. Суммарное накопление или рассеяние всей группы элементов, изменения отношений между их подгруппами, появление аномалий в распределении отдельных форм элементов являются чувствительными индикаторами выявления нефтегазоносности геологических разрезов нефтегазовых скважин.

В работе [6] Р. Насировым и С. П. Солодовниковым были исследованы типы спектров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) высокоспиновых ионов Mn^{2+} , регистрируемые в терригенных породах кернов, полученных из разных нефтегазовых скважин Прикаспийского региона с различной глубины. Обнаружено, что в близко расположенных к продуктивным горизонтам пластах пород резко увеличивается содержание Mn^{2+} , находящегося в решетках минералов кубической симметрии. Можно полагать, что такое явление связано с восстановительным действием углеводородной среды на окислительно-восстановительное равновесие между различными ионами марганца:



Это предположение подтверждается сопоставлением данных рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) об общем содержании марганца с данными ЭПР о двухвалентном марганце. Наблюдение за общим содержанием марганца не выявляет никаких закономерностей, которые бы можно было связать с нефтеносностью горизонтов. В последующих работах [7, 8] установлена возможность использования парамагнитной формы марганца для прогнозирования залежей нефти при изучении геологического разреза терригенных отложений триасового и нижнемелового возраста Прикаспийского региона.

В работе [9] исследование методом ЭПР, ИК-спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии получает дальнейшее развитие при исследовании сложнопостроенных карбонатных разрезов подсолевых отложений Прикаспийской впадины. Для более точного отнесения полосы в ИК-спектре доломита (глубина 3801–3804 м) Имашевского месторождения, этот спектр сравнивался со спектром доломитовой породы месторождения Бекбулат (содержание доломита в этой породе по рентгено-флуоресцентному анализу составляет 98%).

В настоящей работе стабильные свободные радикалы (СР) органической природы, присутствующих в пластах наряду с ионами марганца были обнаружены в карбонатных разрезах подсолевых отложений этого региона (таблица).

Ранее методом ЭПР при изучении пород (кернов) геологического разреза поисковых скважин надсолевых отложений Прикаспийского региона нами установлено, что помимо двухвалентного марганца в качестве индикатора нефтеносности может служить интенсивность сигналов ЭПР ванадия (IV) и органических СР в экстрактах пород [10,11].

Как показали экспериментальные исследования, метод ЭПР-спектроскопии может использоваться и для непосредственного определения концентрации СР в анализируемом образце горной породы (шлам или керн), отобранном в процессе бурения в карбонатных разрезах месторождений Тортай и Равнинное (Эмбинский регион).

На рисунке 1 представлены некоторые спектры из нескольких десятков зарегистрированных из разреза скв.4, месторождения Тортай с различной глубины. На рисунке 1а представлен спектр, который может быть отнесен к Mn^{2+} ($I = 5/2$), включенному в решетку кубической симметрии. Характеристиками этого спектра являются величина $g = 2,003$, константа сверхтонкого взаимодействия (СТВ), измеренная между первой и второй компонентами, $a_{Mn} = 87,5$ э.

В центральной части спектров 1 а, б наблюдается синглет безсверхтонкой структуры от СР. В некоторых кернах разреза наблюдается только синглет от СР (рисунок 1в). Отнесение этих линий к органическому веществу, в частности к «угольному радикалу» подтверждается на основании наличия насыщения сигнала при увеличении мощности прибора.

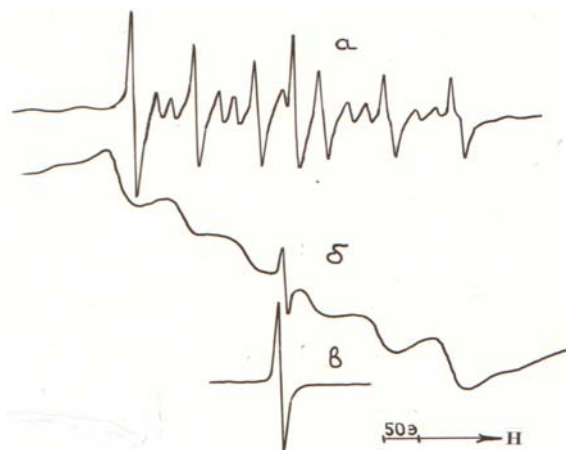


Рисунок 1 – Спектры ЭПР ионов Mn^{2+} в кристаллах породы кубической симметрии из кернов по разрезам скважины 4 месторождения Тортай при различной глубине: *a* – 3068–3076 м; *b* – 2863–2871 м; *c* – 3352–3357 м

Figure 1 – The EPR spectra of Mn^{2+} ions in crystals of rock with cubic symmetry taken from cores of #4 well section of Tortay deposit at different depths: *a* – 3068–3076 m; *b* – 2863–2871 m; *c* – 3352–3357 m

Интересно отметить, что нефти полученные из разрезов скв.4 месторождения Тортай (90 г/т) и скв. 8 месторождения Равнинное (117 г/т) характеризуется кондиционным содержанием ванадия в виде ванадилового комплекса (таблица) и относятся к тяжелым нефтям. Что касается разрезов скважин, органические вещества (ОВ) которых не содержат ванадиловых комплексов то, можно предположить, что ОВ этих разрезов формировалось в условиях окислительной обстановки, не способствующей накоплению ванадия в органическом веществе в виде иона ванадила. Для проверки этой гипотезы экстракты, извлеченные из породы месторождений Равнинное и Тортай исследовались методом ИК-спектроскопии (таблица). Анализ ИК-спектров выделенных битумоидов показал высокую степень их окисленности.

Повышенной концентрацией СР при сравнительно невысоком содержании битумов характеризуются отложения карбона разрезов скважин месторождений Тортай и Равнинное Эмбинского региона.

Аномально высокие концентрации Mn^{2+} в образцах горных пород нижнего мела были выявлены и при исследований разведочной скв. 2 южного крыла структуры Сазанкурак. Поисковым бурением установлен нефтеносный горизонт в валанжинских отложениях нижнего мела. Для изученной части месторождения Сазанкурак в качестве стандартного разреза был взят разрез пород скв. 2. С целью исследования изменения содержания Mn^{2+} методом ЭПР в разрезе скв. 2 были взяты образцы горной породы по глубине при общей толщине разреза 60 м. Чтобы взятая проба породы характеризовала прослой довольно значительной толщины, учитывались данные каротажа скважины и литологический состав породы, поскольку тонкие прослой не могут иметь корреляционного значения, так как могут быть легко пропущены при бурении в соседней скважине.

Парамагнитные характеристики пород и выделенных из них битумоидов подсоловых отложений Прикаспия

Месторождение, номер скважины	Интервал отбора керна, м	Глубина залегания нефти, м	Содержание, $Mn^{2+} \cdot 10^{16}$ ион/г породы	Выход битумоида, %	Содержание, $CP \cdot 10^{17}$ спин/г битума	Содержание $C=O$ в битумоиде, отн. ед.
Равнинное, 8	3451-3455	3279-3298	337,6	0,17	1,1	49
	3515-3520		115,4	0,10	3,2	33
Тортай, 4	3650-3655	3280-3288	Следы	0,19	2,1	50
	2926-2932		48,7	0,17	3,8	2
	3068-3076		2,8	0,12	0,8	8
	3352-3357		Следы	0,06	2,7	Не опр.
	3441-3445		Отс.	0,12	5,2	3
	3587-3591		81,1	0,11	0,4	Не опр.
	3956-3965	Отс.	0,08	17,9	Не опр.	

Каждый образец (кern) горной породы из дискретной выборки, составляемой по глубине 4-х точек из 5-ти метрового интервала, подвергался сушке при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянного веса, чтобы избежать влияния влажности на чувствительность спектрометра. Размельченная порода помещалась в кварцевые ампулы диаметром 4 мм. Спектры ЭПР регистрировались на радиоспектрометре E-12 фирмы «Varian» с использованием двойного резонатора. В одном из резонаторов находился исследуемый образец, а во втором – эталон для контроля общей добротности, незначительно изменявшейся при смене образцов.

Спектры ЭПР регистрировались как при комнатной температуре, так и при температуре жидкого азота. Для проведения измерений при 77К использовался кварцевый сосуд Дьюара. Концентрация ионов Mn^{2+} определялась по эталону ВИСИ-3.

При бурении скв. 2 на глубине от 443 м и выше в нижнемеловых отложениях была выделена глинистая покрывка. Результаты геофизических методов исследований скважин (ГИС) показывают, что ниже глубины 433 м залегает однородный песчаный слой толщины 5–6 м, переходящий далее в нефтенасыщенный коллектор (рисунок 2).

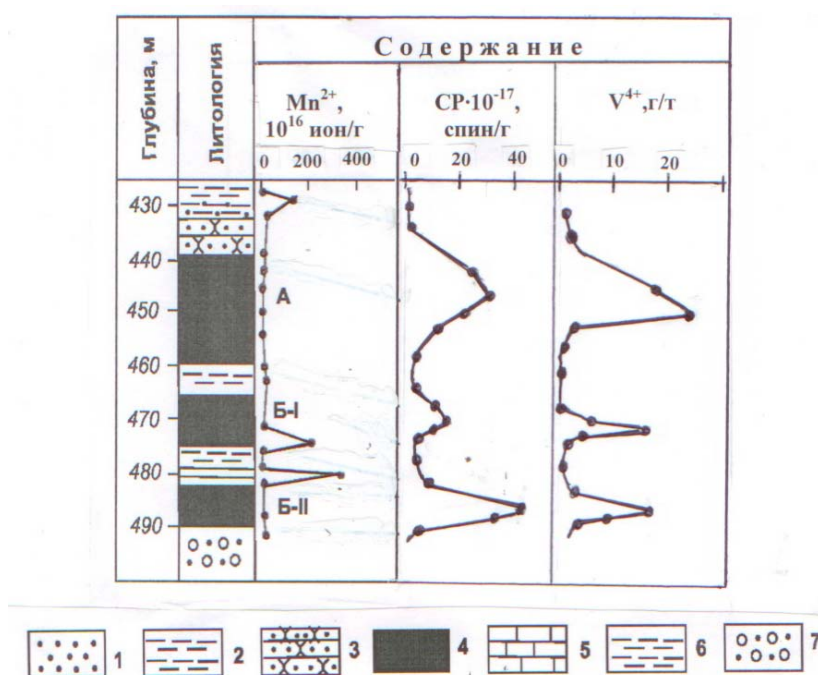


Рисунок 2 – Диаграмма изменения содержания Mn^{2+} в породах и CR (R•) и V^{4+} в выделенных из них экстрактах по разрезу скв. 2 месторождения Сазанкурак:

1 – песок, 2 – глина, 3 – известняк, 4 – нефть, 5 – песчаник, 6 – песчаная глина, 7 – водонасыщенный песок

Figure 2 – The diagram of changes of Mn^{2+} content in rocks and FR (R•) and V^{4+} in isolated extracts from section of the well #2 of Sazankurak deposit: 1 – sand; 2 – clay; 3 – limestone; 4 – oil; 5 – sandstone; 6 – sandy clays; 7 – water-saturated sand

На рисунке 2 приведена диаграмма изменения содержания Mn^{2+} в разрезе скв. 2 на глубине от 430 до 500 м. Высокое его содержание обнаружено в глинистых алевролитах над нефтяным слоем А. По данным каротажа в разрезе скв.2 нижний нефтяной пласт Б расчленяется глинистым слоем на два прослоя Б-I и Б-II. Из рисунка видно, что нефтеносным пластам(Б-I) также соответствует аномальное содержание Mn^{2+} . Нижний пик его аномальное содержание наблюдается в известняковых слоях над прослоем Б- II и сверху ограничивается глинистым слоем.

В отличие от карбонатных разрезов подсолевых отложений Прикаспийской впадины, в терригенных отложениях, ввиду существенного различия в интенсивностях линий CR и А-центра каолинита от других центров полевых шпатов, а также непредставленных линий Mn^{2+} , определение CR в исходной породе невозможно. В связи с этим было проведено выделение битумов из образцов исследуемого разреза скв.2 месторождения Сазанкурак и изучение методом ЭПР их парамагнитных свойств.

На рисунке 3 в качестве примера приведены спектры ЭПР породы, взятой из скважины 2 месторождения Сазанкурак до экстракции (рис.3а) и выделенного из нее битумоида (рисунок 3б). Симметричный синглет относится, по всей видимости, к парамагнитному А – центру каолинита (по данным рентгено-флуоресцентного анализа, содержание каолинита в этой породе составляет 40%). Параметры спектра $g_{\parallel} = 2,0490$ и $g_{\perp} = 2,0028$ соответствуют А – центру [12]. Как показывают результаты экстракции, сигнал, соответствующий g_{\perp} , накладывается на сигнал свободного радикала. На рис.3б представлен спектр 25%-го бензольного раствора битума, выделенного из взятого образца. В нем присутствуют линии свободного радикала (СР) и линии ванадила (VO^{2+}). Ввиду существенного различия в интенсивностях линий VO^{2+} и А – центра, а также не представленных линий Mn^{2+} , определение VO^{2+} в исходной породе также невозможно. Подобная ситуация наблюдается при исследовании методом ЭПР образцов (кернах), отобранных в процессе бурения скв. 7 месторождения Сазанкурак, скв. 22 Котырмас, скв. 4 Кемерколь, скв.6 Кожа Южный, скв. 1 и 2 Таган, скв. 6 Онгар Восточный и скв.11 Кырыкмылтык, в которых продуктивны терригенные отложения триасового и нижне-мелового возраста. Поэтому для оценки концентрации СР и V^{4+} в исходных породах нами разработана комплексная методика, состоящая из двух последовательных этапов: выделение битумов из исследуемых пород [13] и определении иона ванадила при температуре жидкого азота [14].

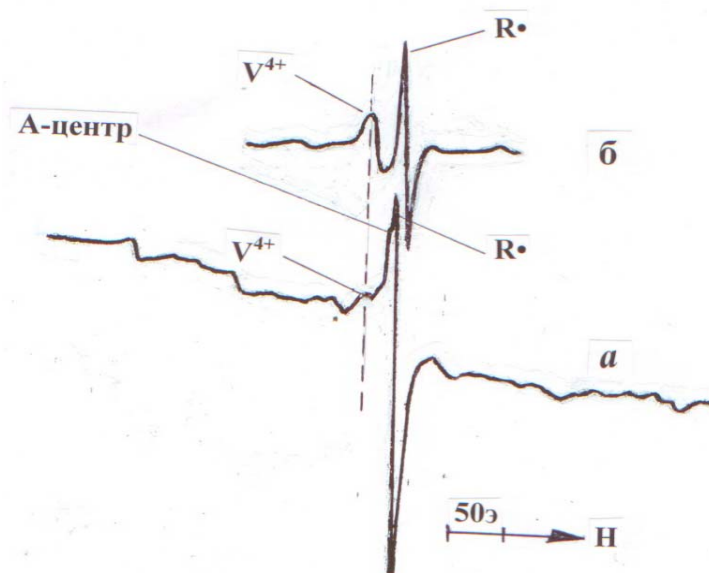


Рисунок 3 – Спектры ЭПР исходной породы (а) и выделенного экстракта (б), скв.2 месторождения Сазанкурак (447-452 м), записанные при -196 °С.

Где V^{4+} – самая интенсивная компонента 4_{\perp} СТС от ванадия, $R\bullet$ -одиночная линия ЭПР от СР

Figure 3 – The EPR spectra of the original rock and separated extract of well #2 of Sazankurak deposit (447-452 m), recorded at -196 °C (V^{4+} – the most intense hyperfine structure (HFS) component of vanadium 4_{\perp} , $R\bullet$ – single EPR line from free radical)

На рисунке 2 представлена схема реализации предлагаемого способа, полученная при исследовании методом ЭПР хлороформных экстрактов пород, отобранных в процессе бурения скважины 2 месторождения Сазанкурак. После окончания изменений содержания СР и V^{4+} во всех образцах выборки, строим диаграмму изменения их содержания по глубине скважины. Как видно из этой диаграммы, в разрезе этой скважины хлороформные экстракты породы, находящиеся ниже глинистой покрышки, характеризуются аномально высоким содержанием СР и V^{4+} , и эти параметры являются прямыми признаками выявления верхнего нефтеносного слоя А. Следующие резкие росты содержания СР и V^{4+} соответствуют нефтяным слоям Б-I и Б-II.

Установленная зональность в количественном распределении ванадиловых комплексов и СР и прослеживаемая тенденция взаимосвязи зон высокой концентрации этих парамагнитных центров с нефтенасыщенными пластами подтверждается при исследовании разрезов других нефтегазовых скважин месторождений Сазанкурак, Котыртас и Кемерколь.

Выводы.

1. Показано, что результаты комплексного изучения парамагнитных свойств пород и хлороформных экстрактов из этих пород методом ЭПР-спектроскопии дают возможность выявлять нефтенасыщенные и битуминозные пласты в геологическом разрезе нефтегазовых скважин.

2. Повышенной концентрацией СР при сравнительно невысоком содержании битумов характеризуются отложения карбона разрезов скважин месторождений Тортай и Равнинное Эмбинского региона.

3. Использование этих нетрадиционных методов в практике изучения геологического разреза нефтегазовых скважин не только способствует получению более однозначных результатов при решении теоретических и прикладных задач нефтегазопроисковой геохимии, но также позволяет оптимизировать место заложения последующих поисково-оценочных и разведочных скважин.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гордадзе Г.Н., Соломатина И.П. Термолиз дебитуминизированных пород как метод исследования нефтематеринских толщ // Геология нефти и газа. – 1994. – № 8. – С. 41-48.
- [2] Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Хаин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа. – М.: Изд. МГУ, 2004. – 415 с.
- [3] Ручнов В.И. Метрологическое обеспечение и стандартизация нефтегазопроисковой геохимии. – М.: Недра, 1991. – 207 с.
- [4] Столбов Ю.М., Фомин Ю.А., Бадретдинов Т.Х. и др. Геохимия урана залежей углеводородов // В сб. науч. трудов: «Нетрадиционные методы геохимических исследований на нефть и газ». – М.: ВНИИ Геоинформсистем, 1989. – С. 61-73.
- [5] Зверева О.В. Прогнозирование нефтегазоносности разреза методом порошковой феррометрии // В сб. науч. трудов: «Нетрадиционные методы геохимических исследований на нефть и газ». – М.: ВНИИ Геоинформсистем, 1989. – С. 73-78.
- [6] Насиров Р., Солодовников С.П. Двухвалентный марганец – спутник нефтеносных горизонтов // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 11. – С. 31-32.
- [7] Патент РФ № 2068188. Способ прогнозирования нефтеносности терригенных разрезов скважин. Насиров Р.Н., Солодовников С.П., Стрельченко В.В., Тавризов В.Е.; опубл. 20.10.96, Бюл. № 29.
- [8] Патент РФ № 2068190 Способ прогнозирования залежей нефти в разрезах скважин. Насиров Р.Н., Солодовников С.П., Стрельченко В.В., Тавризов В.Е.; опубл. 20.10.96, Бюл. № 29.
- [9] Насиров Р., Слюсарев А.П., Саматов И.Б., Мылтыкбаева Л.А., Бекенова Г.К., Габдуллин Ж. Возможности применения методов ЭПР, ИК-спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии при изучении геологического разреза нефтегазовых скважин // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2008. – № 5. – С. 50-57.
- [10] Насиров Р., Слюсарев А. П., Азербайев Н. А. Исследование методом ЭПР карбонатных минералов нефтяных пород // Комплексное исследование минерального сырья. – 1996. – № 3. – С. 76-79.
- [11] Nasirov R. The Paramagnetic Indicators for Determination of Oil and Gas Bearing Capacity of Deposits During EPR Analysis of Geological Cross Sections of Exploration Wells. Abstract of 48th Rocky mountain conference on analytical chemistry. – Breckenridge, Colorado, July 23-27, 2006. – P. 65.
- [12] Ikeya M. New Applications of Electron Spin Resonance (Dating, Dosimetry and Microscopy). World Scientific. – Singapore, 1993. – 500 p.
- [13] Те Л.А., Насиров Р., Джакиев К.Е., Тавризов В.Е. Способ для экстракции углеводородного вещества из образцов горных пород. – Предварительный патент РК, № 16208, Бюл. № 9, 2005.
- [14] Насиров Р., Джекенов М.К., Те Л.А. Способ определения содержания ванадия в нефтях и нефтепродуктах. – Предварительный патент РК, № 15051. Бюл. № 11, 2004.

REFERENCES

- [1] Gordadze G.N., Solomatina I.P. Thermolysis of deasphalted rocks as a method of investigation of the oil source strata // Geology of oil and gas. 1994. N 8. P. 41-48.
- [2] Bazhenova O.K., Burlin U.K., Sokolov B.A., Khain V.E. Geology and geochemistry of oil and gas. M.: MSU, 2004. 415 p.
- [3] Ruchnov V.I. Metrological assurance and standardization of oil and gas geochemistry. M.: Nedra, 1991. 207 p.
- [4] Stolbov U.M., Fomin U.A., Badretdinov T. Kh. and others. Uranium geochemistry of hydrocarbon deposits // Collection of scientific papers: "Nontraditional methods of geochemical studies for oil and gas". M.: All-Union Scientific Research Institute Geoinformsystem, 1989. P. 61-73.

- [5] Zvereva O.V. Forecasting oil and gas potential of the section by powder ferrometry / Collection of scientific papers: "Nontraditional methods of geochemical studies for oil and gas". M.: All-Union Scientific Research Institute Geoinformsystem. 1989. P. 73-78.
- [6] Nasirov R., Solodovnikov S.P. The divalent manganese – satellite of oil horizons // Oil industry. 1992. N 11. P. 31-32.
- [7] Patent of RF № 2068188. A method of predicting oil-bearing clastic boreholes. Nasirov R., Solodovnikov S.P., Strelchenko V.V., Tavrizov V.E.; pub. 20.10.96, Bulletin. № 29.
- [8] Patent of RF № 2068190. A method of predicting oil deposits in wells. Nasirov R., Solodovnikov S.P., Strelchenko V.V., Tavrizov V.E.; pub. 20.10.96, Bulletin. № 29.
- [9] Nasirov R., Sljusarev A.P., Samatov I.B., Miltykbaeva L.A., Bekenova G.K., Gabdullin Zh. Capabilities of using EPR, IR-spectroscopy and x-ray diffractometry methods in studying a geological section of oil and gas wells // Proceedings of the NAS of RK, Geological series. 2008. N 5. P. 50-57.
- [10] Nasirov R., Sljusarev A.P., Azerbayev N.A. Studying of carbonate mineral oil rocks by EPR method // Complex research of mineral raw materials. 1996. N 3. P. 76-79.
- [11] Nasirov R. The Paramagnetic Indicators for Determination of Oil and Gas Bearing Capacity of Deposits During EPR Analysis of Geological Cross Sections of Exploration Wells. Abstract of 48th Rocky mountain conference on analytical chemistry, Breckenridge, Colorado, July 23-27, 2006. P. 65.
- [12] Ikeya M. New Applications of Electron Spin Resonance (Dating, Dosimetry and Microscopy). World Scientific. Singapore, 1993. 500 p.
- [13] Tyo L.A., Nasirov R., Dzhakiyev K.E., Tavrizov V. Y. Method of extracting hydrocarbon material from rock samples. Provisional patent of RK, № 16208, Bulletin. № 9, 2005
- [14] Nasirov R., Dzheksenov M.K., Tyo L.A. Method for determination of vanadium content in oil and petroleum products. Provisional patent of RK, №15051. Bulletin. № 11, 2004.

Р. Насиров¹, А. П. Слюсарев², И. Б. Саматов², Б. Куспанова³, А. Р. Насиров¹

¹Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Атырау, Қазақстан,
²ЖШС «Қ.И.Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты», Алматы, Қазақстан,
³Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан

МҰНАЙ ГАЗ ҰҢҒЫЛАРЫНЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАБАТТАРЫН ЗЕРТТЕУГЕ ГЕОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Аннотация. Тау жыныстарының парамагнитті қасиетін және олардан бөлінген хлорформ экстракциясын ЭПР-спектроскопиясының көмегімен кешенді зертеу қорытындылары геологиялық қималардағы мұнай қабаттарын табуға көмектеседі.

Эксперименттік зерттеулерге сәйкес, ЭПР-спектроскопия әдісі көмегімен тікелей бос радикалдардың концентрациясын (БР) талдауға ұшырайтын тау жыныстарынан (шлам немесе керн) анықталды. Керн материалдары Тортай және Равнинное карбонатты кен орындарын бұрғылау кезінде алынды.

Мұның қорытындысында қолданылатын әдіс экспресті және тау жынысының аз мөлшерін керек етіп, оның бұзылуын болдырмайды.

Түйін сөздер: тау жынысы, бос радикал, битумды бөлу, ванадил ионы, ЭПР-спектроскопия, рентгено-флуоресцентті талдау.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 107 – 115

N. P. Stepanenko, N. P. Belousova, T. M. Kaidash

Institute of Seismology, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nstep56@mail.ru

**DEVELOPMENT OF THE TWO-DIMENSIONAL DENSITY MODEL
OF THE EARTH'S CRUST AND SUBCRUSTAL MANTLE
OF KAZAKHSTAN**

Abstract. The two-dimensional density models of the Earth's crust and subcrustal mantle of Kazakhstan and adjacent territories in numerical and graphical forms were developed with the method of Seismogravitational Modeling on the basis of materials of basic and applied researches concerning the deep structure and geodynamics of the lithosphere of seismically active and aseismic areas of Kazakhstan. The density model of the lithosphere of Kazakhstan with respect to horizontal and vertical sweep efficiency and volume of the used primary materials has been created for the first time. The technique of seismogravitational simulation is based on the technology of the iterative construction of the two-dimensional density models of gradient-layered medium, basing on detailed speed sections as well as the gravitational effect from the entire studied environment. The description of the four density models designed lengthways profiles located in the Caspian region, in South-East, the central and the northern parts of Kazakhstan. Density models have been described according to structural and compositional complexes of the stratified and geophysical layers of the Earth's crust and the outer mantle. The designed models have made it possible to detail essentially deep structure of geophysical heterogeneities of medium investigated. The features and behavior of density structure of medium investigated were found out based on new results seismogravitational modeling to assess the seismic hazard in Kazakhstan on quantitative geological and geophysical basis. It has been confirmed that density heterogeneities the Earth's crust and the upper mantle of platform and orogenic segments essentially differ from each other. The model is applicable to regional geophysical modeling, enables comparative analysis and interpretation features of the density structure of the crust and the transition zone of the crust-mantle. The model significantly increases the informative value and reliability of the detection of petrophysical, tectonic and geodynamic criteria for generalizations and zoning directed to the problems of forecast of deep-seated deposits of minerals and seismic zoning.

Key words: Earth's crust, active mantle, seismogravitational modeling, gravity field.

УДК 550.834(574)

Н. П. Степаненко, Н. П. Белоусова, Т. М. Кайдаш

Институт сейсмологии, Алматы, Казахстан

**РАЗРАБОТКА ДВУМЕРНЫХ ПЛОТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ
ЗЕМНОЙ КОРЫ И ПОДКОРОВОЙ МАНТИИ КАЗАХСТАНА**

Аннотация. Методом сейсмогравитационного моделирования разработаны двумерные плотностные модели земной коры и подкоревой мантии Казахстана и прилегающих территорий в цифровом и графическом вариантах на основе материалов фундаментальных и прикладных исследований по изучению глубинного строения и геодинамики литосферы сейсмоактивных и асейсмичных районов Казахстана.

Плотностная модель литосферы Казахстана по охвату территории по латерали и вертикали и объему использованных первичных материалов создана впервые. Методика сейсмогравитационного моделирования основана на технологии итерационного построения двумерных плотностных моделей градиентно-слоистой

среды, опирающихся на детальные скоростные разрезы, а также на гравитационный эффект от всей изучаемой среды.

Приводится описание четырех плотностных моделей, построенных вдоль геотраверсов, расположенных в Прикаспии, на юго-востоке, в центральной и северной частях Казахстана.

Плотностные модели описаны в соответствии со структурно-вещественными комплексами стратифицированных и геофизических слоев коры и верхней мантии. Разработанные модели позволили существенно детализировать глубинную структуру геофизических неоднородностей исследуемой среды.

Выявлены особенности и закономерности плотностной структуры исследуемой среды на основе новых результатов сейсмогравитационного моделирования для оценки сейсмической опасности территории Казахстана на количественной геолого-геофизической основе. Подтверждено, что по плотностным неоднородностям земная кора и верхняя мантия платформенных и орогенных сегментов существенно отличаются друг от друга. Модель применима для регионального геофизического моделирования, обеспечивает возможность проведения сопоставительного анализа и интерпретации особенностей плотностной структуры земной коры и зоны перехода кора-мантия. Модель значительно увеличивает информативность и надежность выявления петрофизических, геотектонических и геодинамических критериев при обобщениях и районированиях, направленных на решение задач глубинного прогноза месторождений полезных ископаемых и сейсмического районирования.

Ключевые слова: земная кора, активная мантия, сейсмогравитационное моделирование, поле силы тяжести.

Введение. Плотность, как известно, является одним из важнейших геофизических параметров, характеризующих геологическую среду: все процессы, происходящие внутри и на поверхности нашей планеты, так или иначе связаны с неравновесным распределением масс. Однако, прямому определению данный параметр не всегда поддается. Лишь в верхней части земной коры мы можем измерить плотность по образцам, полученным в пробуренных скважинах. В более глубоких частях Земли она определяется по скоростям сейсмических волн. Новые сейсмические данные, полученные за последние годы, создали основу для построения существенно более детальной модели коры, которая включает распределение плотностей в отдельных ее слоях и может быть использована для гравитационного моделирования.

Для Казахстана изучение глубинного строения литосферы особенно актуально, так как значительная часть его территории, особенно юго-восток, характеризуется высокой сейсмической активностью, а без знания свойств среды, в которой формируются очаги землетрясений, невозможны исследования сейсмического процесса, включающего в себя подготовку и проявление сейсмических событий, а также их прогноз. С этой позиции, в первую очередь, исследования должны включать в себя сейсмогравитационное моделирование на базе инструментальных гравиметрических данных и другой геолого-геофизической информации, важной составляющей которой являются сведения о Р-скоростной структуре исследуемой среды.

Методика сейсмогравитационного моделирования основана на технологии итерационного построения двумерных плотностных моделей сложных градиентно-слоистых сред, опирающихся на детальные скоростные разрезы, а также на гравитационный эффект от всей изучаемой среды. Но если скоростную характеристику горных пород глубинных горизонтов в сейсмологии и сейсмологии можно определять по результатам глубинного сейсмического зондирования и профильной томографии [1, 2], то в гравиметрии на поверхности наблюдений регистрируется только гравитационное влияние совокупности плотностных неоднородностей глубинных толщ. Эти материалы в прямом виде не содержат информации о плотности пород, на их основании можно судить только о качественных отличиях или подобии осредненной плотностной характеристики различных блоков, поэтому для изучения плотности пород всей толщи земной коры и верхней мантии первостепенное значение имеет выявление связи между плотностью ρ и скоростью распространения продольных волн V_p , которые определяются по данным сейсмологии [3-5].

При создании плотностных моделей методом сейсмогравитационного моделирования должен быть выбран единый закон перехода от скорости к плотности. Для земной коры Казахстана, которая является корой континентального типа, принята зависимость [6]:

$$\rho = 2,7 + 0,25(V_p - 6).$$

По этой формуле были вычислены значения плотности для основных геофизических слоев, выделенных в земной коре и верхней мантии Казахстана с использованием скоростных моделей для геотраверсов, расположенных на исследуемой территории. Численные значения скорости и плотности для различных структурных этажей коры и мантии приведены в таблице [7]. Качество

результатов сейсмогравитационного моделирования во многом определяется надежностью решения задач разделения гравитационного поля на составляющие, наилучшим образом отображающие их структурные и плотностные неоднородности.

Структурно-вещественные комплексы консолидированной коры и верхней мантии

Структурно-вещественные комплексы стратифицированных и геофизических слоев коры и верхней мантии			Значения геофизических параметров	
			Скорость V_p , км/с	Плотность ρ , г/см ³
Платформенный чехол	Мезозойско-кайнозойский комплекс		< 4.0	< 2.55
	Палеозойский комплекс		4.0-5.2	2.55
Консолидированная кора	Гранито-гнейсовый (сиалический) верхнекорový слой	Вулканогенно-метаморфический палеозойский комплекс	5.6-6.0	2.65
		Метаморфический комплекс докембрия	6.0-6.4	2.75
	Гранулитогнейсовый (базитовый) среднекорový слой		6.4-6.8	2.85
	Гранулит-базитовый (ультрабазитовый) нижнекорový слой		6.8-7.2	2.95
	Переходный слой от коры к мантии (коромантийная смесь)		> 7.2*	3.05-3.15
	МОХО			
Верхняя мантия	Активная	Для Казахского щита, эпиплатформенных орогенов и впадин	< 8.2*	≥ 3.25
		Для Туранской плиты и Прикаспийской впадины	< 8.0*	
	Нормальная	Для Казахского щита, эпиплатформенных орогенов и впадин	8.2-8.4	3.29
		Для Туранской плиты и Прикаспийской впадины	8.0-8.4	
	Высокоскоростная (высокоплотностная)		> 8.4	3.32-3.35

Процедура разделения наблюдаемого поля силы тяжести на составляющие: региональную, внутрикоровую и локальную выполнена с помощью метода главных компонент [8], алгоритм которого разработан на основе изучения параметров статистической структуры исходной функции [6]. Региональная составляющая поля силы тяжести отражает эффект от коровых и верхнемантийных плотностных тел. Внутрикоровая отображает эффект от тел, расположенных на глубине не более 20 км. Локальная – эффект от приповерхностных объектов, выделенных поверхностной геологией. Глубина их заложения не больше 5–10 км.

На основе скоростных моделей, разработанных для геотраверсов, пересекающих территорию Казахстана и смежные регионы (рисунок 1), учитывая их геометрию, формируются первые варианты (нулевого приближения) будущих плотностных моделей. Плотностной разрез нулевого приближения представляет слоистую модель с постоянной плотностью внутри слоя.

Моделирование выполняется в три этапа. На первом этапе компенсируется региональное поле, отражающее строение коры в целом. Второй этап – моделирование неоднородностей, осложняющих основные слои коры, подбор эффекта внутрикорового поля. На третьем этапе компенсируются мелкие приповерхностные неоднородности, характеризующиеся локальным полем.

Расчеты велись итерационным способом до полного соответствия теоретического и наблюдаемого гравитационного полей, отображающих региональную, внутрикоровую и приповерхностную модели. Итоговая модель получена в результате суммирования взаимосогласованных на количест-

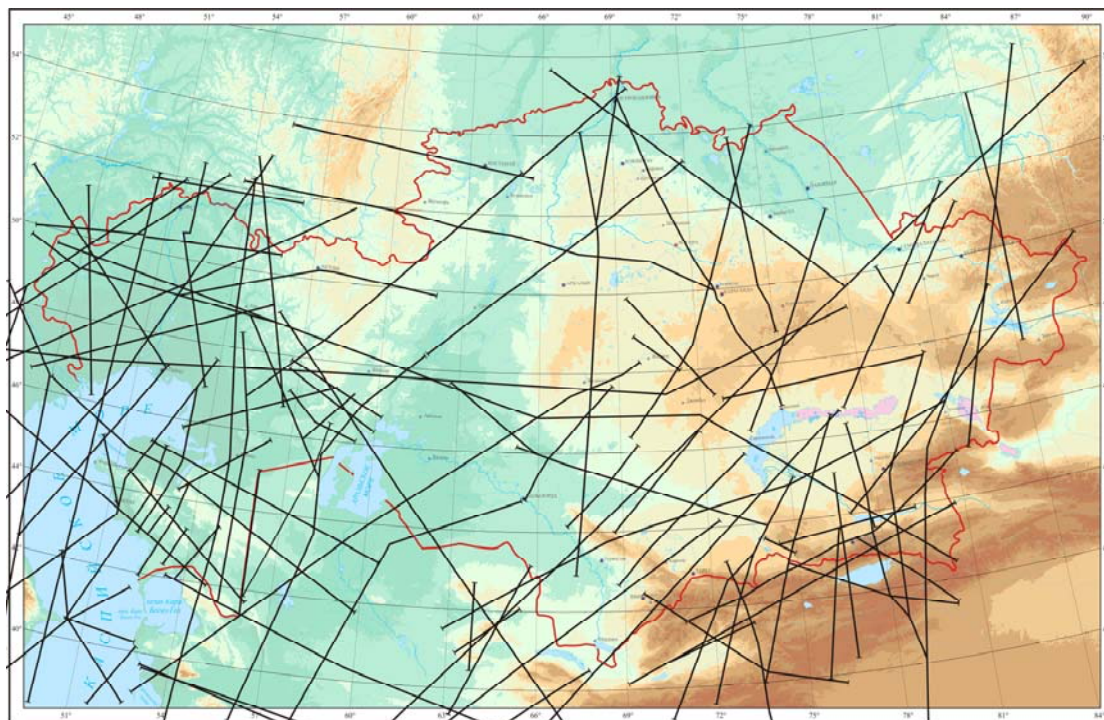


Рисунок 1 – Схема профилей глубинных сейсмических наблюдений и сейсмической томографии на территории Казахстана

Figure 1 – The scheme of profiles of deep seismic observations and a seismic tomography in the territory of Kazakhstan

венном уровне моделей: мантийной, коровой, внутрикоровой и приповерхностной. В результате созданы двумерные плотностные модели земной коры и верхней мантии вдоль 80 геотраверсов, расположенных на территории Казахстана и прилегающих регионах соседних государств (рисунок 1).

Из-за ограниченного объема статьи ниже приводится графическое изображение и описание лишь четырех плотностных моделей для геотраверсов, расположенных на юго-востоке, в Прикаспии, в центральной и северной частях Казахстана в соответствии со структурно-вещественными комплексами стратифицированных и геофизических слоев коры и верхней мантии (см. таблицу).

Геотраверс Арысь-Балхаш (рисунок 2) протяженностью 440 км начинается в Арысской впадине и далее в северо-восточном направлении пересекает горы Каратау, Чуйскую впадину Чу-Илийские горы и заканчивается на северо-западном побережье оз. Балхаш. В верхней части плотностной модели только в пределах Чуйской впадины уверенно выделяется платформенный чехол плотностью $\rho = 2,55 \text{ г/см}^3$ с мощностью 2–3 км. Его небольшой фрагмент также присутствует на границе Чу-Илийских гор и Прибалхашской впадины. Вулканогенно-метаморфический палеозойский комплекс гранито-гнейсового слоя консолидированной коры ($\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$) наиболее четко прослеживается в пределах Арысской, Чуйской, Прибалхашской впадин, где его мощность составляет 5–9 км. В пределах Каратау и Чу-Илийских гор слой выклинивается. Мощность метаморфического комплекса докембрия (слоя ($\rho = 2,75 \text{ г/см}^3$) максимально дифференцирована. Так, в зоне Каратауского антиклинория его мощность увеличена до 24 км, в Чу-Илийском мегантиклинории уменьшается до 10–12 км. В центральной части Чуйской впадины мощность слоя вновь увеличивается до 18–20 км, а под Чу-Илийскими горами и Прибалхашской впадиной она одинакова и составляет 14–15 км.

Максимальная мощность гранулитогнейсового (базитового) слоя ($\rho = 2,85 \text{ г/см}^3$) консолидированной коры до 30 км отмечается в Чу-Илийском мегантиклинории, минимальная – в Прибалхашской впадине (5 км). Ультрабазитовый нижнекоровый слой ($\rho = 2,95 \text{ г/см}^3$) мощностью 5–8 км прослеживается в юго-западной части профиля и до 15 км в его северо-восточной части. Коромантийная смесь ($\rho = 3,05 \text{ г/см}^3$) наиболее значимо присутствует в пределах Чуйской впадины (до 10 км). Значительная по мощности активная мантия ($\rho = 3,25 \text{ г/см}^3$) выявлена в районе Чу-Илийского мегантиклинория, что свидетельствует в пользу его потенциальной сейсмической активности.

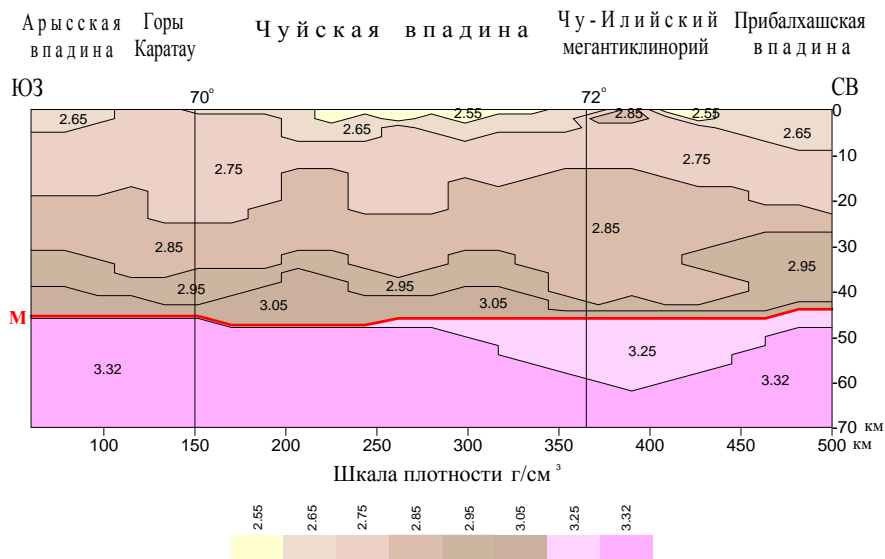


Рисунок 2 – Двумерная плотностная модель вдоль геотраверса Арысь-Балхаш. М – граница Мохо

Figure 2 – Two-dimensional density model lengthways profile Arys-Balkhash. M – Moho boundary

Геотраверс Темиртау-Куйбышев (рисунок 3) начинается на Восточно-Европейской платформе и далее на восток пересекает Уральскую геосинклинальную область, Туранскую платформу, включающую Тургайскую синеклизу, и Казахский щит. Длина профиля 1400 км.

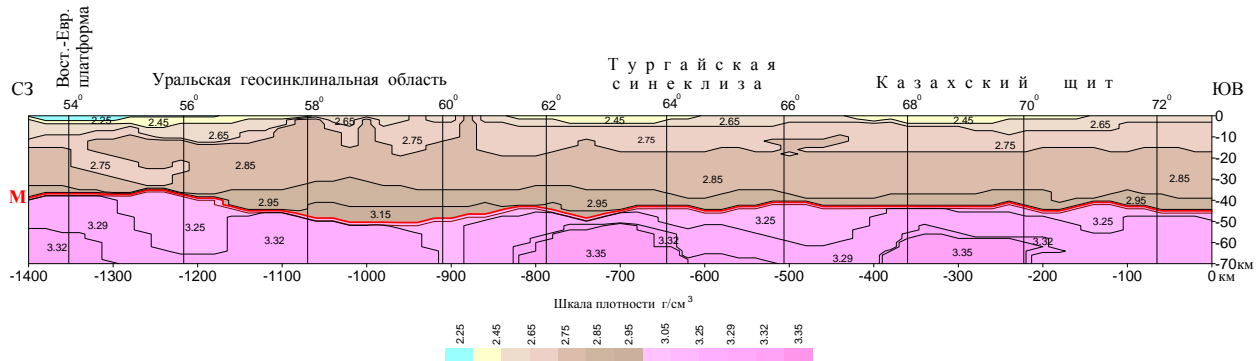


Рисунок 3 – Двумерная плотностная модель вдоль геотраверса Темиртау-Куйбышев. М – граница Мохо

Figure 3 – Two-dimensional density model lengthways profile of Temirtau-Kuibyshev. M – Moho boundary

Платформенные кайнозойские образования ($\rho = 2,25-2,45 \text{ г/см}^3$) из-за малой мощности не выделяются по всему профилю, и лишь на западе Урала, в Тургайской синеклизе и на Казахском щите их мощность достигает 3–5 км.

Консолидированная кора Уральской геосинклинальной структуры имеет мощность около 50 км. Область сочленения Урала с Восточно-Европейской платформой отчетливо фиксируется полого наклонной к востоку зоной сиалического слоя, имеющей продолжение в верхней мантии в виде локального участка активной мантии мощностью до 25 км. Уральская геосинклинальная область занята мощным базитовым слоем, в отдельных выступах доходящим до поверхности. Ультрабазитовый слой заполняет самую глубокую часть коры вместе со слоем коромантийной смеси, их общая мощность около 20 км. Мощность сиалического слоя составляет 10–12 км, базитового около 20 км. Казахский щит характеризуется мощным (до 25 км) базитовым слоем и несколько меньшей мощностью сиалического слоя, достигающей 15 км. Мощность ультрабазитового слоя составляет 10–12 км.

Верхняя мантия хорошо дифференцирована. Участки активной мантии фиксируют границы структур Уральской геосинклинальной области. В пределах Тургайской синеклизы также отмечается увеличение мощности активной мантии до 20 км. Высокоскоростные мантийные выступы наблюдаются на западе Тургайской синеклизы (мощность около 18 км) и в пределах Казахского щита (мощность около 8 км).

В целом, на модели четко выделяются две структурные зоны земной коры. Это Уральская геосинклинальная область и платформенная область Туранской плиты и Казахского щита. Уральская геосинклинальная область, характеризующаяся высокоплотной корой мощностью до 50 км и низкоплотной мантией, может быть отнесена к слабосейсмичной зоне. Земная кора Туранской платформы и Казахского щита, имеющая мощность 40–42 км, подстилается мантией с повышенной плотностью.

По совокупности данных о структуре консолидированной коры и непосредственно подкоровой части мантии, с учетом позиций плюмтектоники [9], можно утверждать, что к умеренно сейсмичным с высокой вероятностью относятся участки литосферы, на которых увеличенные объемы активной мантии сопровождаются высококонтрастными латеральными переходами от высокоплотных выступов к телам пониженной плотности (прогибами или включениями в консолидированной коре). Детализация этих зон в плане возможна при комплексном анализе и картировании изучаемой территории по всем геофизическим признакам сейсмичности, что обычно осуществляется в процессе оценки сейсмической опасности.

Геотраверс Фараб-Бабатаг (рисунок 4) длиной 540 км пересекает с северо-запада Приамударьинское плато и далее простирается на юго-восток по Южно-Тянь-Шаньскому поднятию.

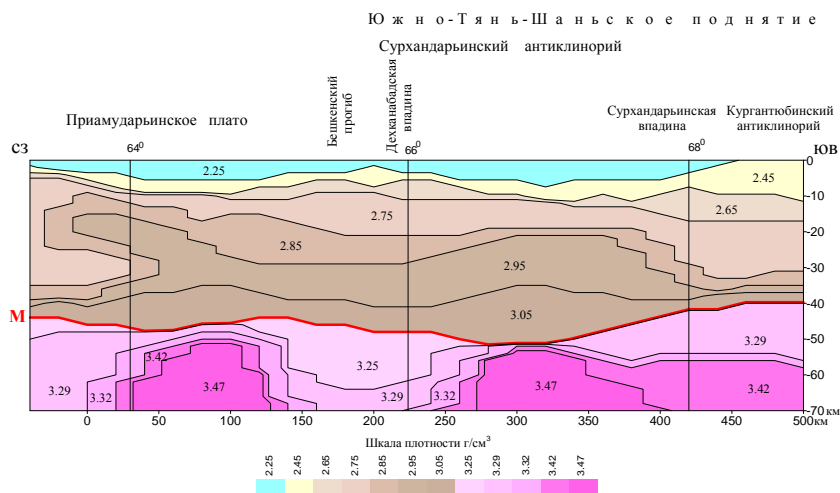


Рисунок 4 – Двумерная плотностная модель вдоль геотраверса Фараб-Бабатаг. М – граница Мох

Figure 4 – Two-dimensional density model lengthways profile of Farab-Babatag. M – Moho boundary

На плотностной модели геотраверса Фараб-Бабатаг в верхах коры отмечается мощный осадочный слой с плотностью 2,25 г/см³, достигающий 5–6 км в Амударьинской впадине и в Сурхандарьинском антиклинории. Консолидированная кора имеет довольно сложную структуру по всему разрезу. В начале разреза подошва сиалического слоя аномально опущена почти до подошвы земной коры. Его мощность на этом участке достигает 35 км. На юго-восточном окончании Приамударьинского плато, в Бешкентском прогибе и Дехканабадской впадине наблюдается умеренное опускание подошвы гранито-гнейсового слоя до 8–15 км. В районе Сурхандарьинской впадины и Кургантюбинского антиклинория подошва сиалического слоя вновь опускается до отметки 32 км.

Нижний базитовый слой консолидированной коры характеризуется серией высокоскоростных выступов. На Приамударьинском плато базитовый слой достигает мощности 25–27 км. В центре Южно-Тянь-Шаньского поднятия мощность гранулит-базитового слоя максимальна и составляет 40 км. На отдельных участках разреза в гранулит-базитовом слое выделены большие объемы

коромантийной смеси. Так, например, в центральной части Южно-Тянь-Шаньского поднятия мощность коромантийной смеси достигает 15 км.

Подошва земной коры (М) на профиле Фараб-Бабатаг расположена на глубине 39–50 км. Максимум в 50 км отмечен в центральной части Южно-Тянь-Шаньского поднятия.

Мощность верхней мантии в районе Бешкентского прогиба в подкоровом слое составляет более 25 км, что является типичным для высокосейсмичных орогенов [10, 11]. По обе стороны от него в мантии выделены высокоскоростные выступы со значениями $\rho = 3,47 \text{ г/см}^3$, которые хорошо сочетаются с верхними выступами базитового слоя.

Геотраверс Балхаш-Петропавловск (рисунок 5) длиной 1000 км берет начало от северного побережья озера Балхаш, далее в северо-западном направлении пересекает Казахскую складчатую область, Кокчетавское поднятие и заканчивается на южной периферии Западно-Сибирской плиты. Осадочный чехол практически не выделяется вдоль всего разреза, за исключением небольшого участка Западно-Сибирской плиты, где его мощность не превышает 5 км.

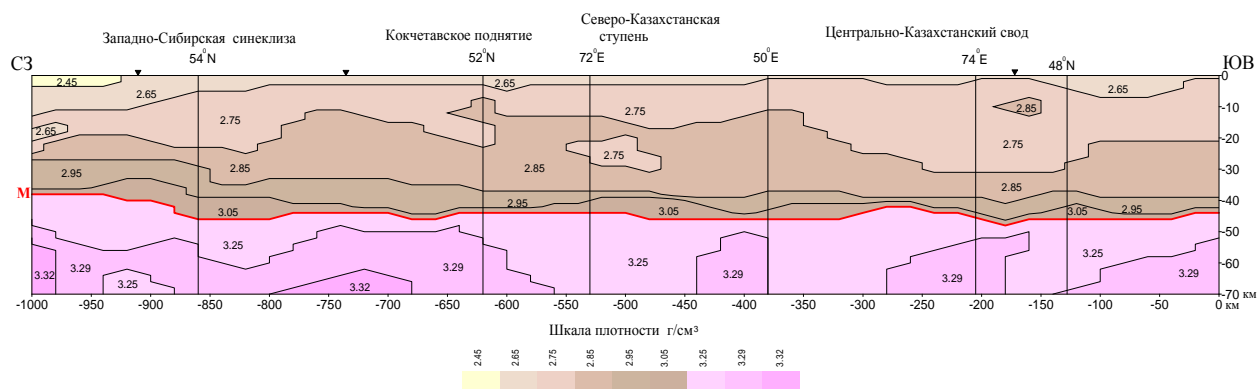


Рисунок 5 – Двумерная плотностная модель вдоль геотраверса Балхаш-Петропавловск. М – граница Мохо

Figure 5 – Two-dimensional density model lengthways profile Balkhash-Petropavlovsk. M – Moho boundary

Консолидированная кора сложной структуры имеет мощность 40–42 км. Сиалический слой в пределах Западно-Сибирской синеклизы достигает 25 км, а в Центральном Казахстане – до 30 км. В центральной части профиля в пределах Кокчетавского поднятия сиалический слой резко сокращается до 10 км. Основную часть объёма коры здесь занимает базитовый слой, достигающий мощности 25–30 км. На северо-западном конце профиля в Западно-Сибирской синеклизе мощность базитового слоя уменьшается до 15 км. На юго-востоке профиля слой также имеет подчинённое значение (10 км), но в Токрауском мегасинклинории мощности слоёв выравниваются, сиалический слой 20 км, базитовый – 25 км. В базитовом слое повсеместно присутствует маломощный слой коро-мантийной смеси, в Западно-Сибирской синеклизе и в Северо-Казахстанской ступени максимальная мощность его 5 км. Верхняя мантия характеризуется пониженной плотностью. Активная мантия присутствует по всей линии разреза. Мощность её составляет в Западно-Сибирской синеклизе 15 км, в Северо-Казахстанской ступени и Токрауском мегасинклинории 25–30 км. Нормальная мантия наблюдается в виде отдельных выступов в Кокчетавском поднятии и Центрально-Казахстанском своде.

Приведенные на рисунках 2–5 результаты плотностного моделирования являются частью плотностной модели литосферы Казахстана, которая по форматам и объему использованных первичных материалов, переобработанных и обобщенных, создана впервые. Она применима для регионального геофизического моделирования, обеспечивает возможность проведения сопоставительного анализа и интерпретации особенностей плотностной структуры земной коры и зоны перехода кора-мантия по глубине. Это значительно увеличивает информативность и надежность выявления петрофизических, геотектонических и геодинамических критериев при обобщениях и районированиях, направленных на решение задач глубинного прогноза месторождений полезных ископаемых и сейсмического районирования. Разработанные модели позволили существенно детализировать глубинную структуру геофизических неоднородностей коры и мантии, в том числе в

пределах сейсмогенерирующих зон. Подтверждено, что по плотностным неоднородностям эти геосферы Земли аномально различны для платформенного и орогенного сегментов.

Работа выполнена в рамках гранта №0115PK01901 МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шацкилов В.И., Горбунов П.Н. Степаненко Н.П. и др. Скоростные модели земной коры Казахстана. Алматы: ЕВРАЗИЯ, 1993. – 105 с.
- [2] Шацкилов В.И., Сайипбекова А.М. Профильная томография литосферы Тянь-Шаня по материалам региональной сейсмологии // Доклады НАН РК. – 1994. – № 6. – С. 47-52.
- [3] Бурьянов В.Б., Гордиенко В.В., Павленкова Н.И. Комплексная геофизическая модель юга Европейской части СССР // Гравитационная модель коры и верхней мантии Земли. – Киев, 1978. – С. 137-149.
- [4] Бурьянов В.Б., Гордиенко В.В., Павленкова Н.И. и др. Плотностные модели тектоносферы континентальных регионов с разными эндогенными процессами // Теория и методика интерпретации гравимагнитных полей. – Киев, 1981. – С. 234-245.
- [5] Сенчин В.Н., Баранов А.А. Оценка глубинного распределения плотности в литосфере Центральной Южной Азии по данным о глубине свободной поверхности мантии // Физика Земли. – 2010. – № 11. – С. 61-68.
- [6] Горбунов П.Н. Новые принципы комплексной интерпретации данных геофизики при изучении тектоносферы Тянь-Шаня // Доклады НАН РК. – 2000. – № 5. – С. 56-60.
- [7] Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана (пояснительная записка к «Геодинамическому атласу Казахстана») / Под ред. Б. С. Ужкенова, Е. Нусипова. – Алматы, 2007. – 410 с.
- [8] Горбунов П.Н., Кленчин А.Н. Методы разделения физических полей и полей концентраций на составляющие путем изучения параметров их статистической структуры. // Системная обработка информации при геохимических поисках залежей нефти и газа. – М.: ВНИИЯГТ, 1979. – С. 35-41.
- [9] Maruyama Sh. Plume tectonics. // Jour. Geol.Soc.Japan. – 1994. Vol. 100, N 1. – P. 24-49.
- [10] Шацкилов В.И. Тимуш А.В. Степаненко Н.П. Кайдаш Т.М. Белоусова Н.П. Особенности строения литосферы Тянь-Шаня и прилегающих платформ Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска / Докл. Каз-Росс. конф. 22–24 июня 2004 г. – Алматы, 2005. – С. 118-129.
- [11] Шацкилов В.И., Тимуш А.В. Новые представления о литосфере Казахстана // Науки о Земле в Казахстане (МГК-33; доклады казахстанских геологов). – Алматы, 2008. – С. 9-12.

REFERENCES

- [1] Shacilov V.I., Gorbunov P.N. Stepanenko N.P. i dr. *Skorostnye modeli zemnoj kory Kazahstana*. Almaty: EVRAZIJA, 1993. 105 p. (in Russ.)
- [2] Shacilov V.I., Sajipbekova A.M. Profil'naja tomografija litosfery Tjan'-Shanja po materialam regional'noj sejsmologii. *Doklady NAN RK*. 1994. N 6. P. 47-52 (in Russ.)
- [3] Bur'janov V.B., Gordienko V.V., Pavlenkova N.I. Kompleksnaja geofizicheskaja model' juga Evropejskoj chasti SSSR. *Gravitacionnaja model' kory i verhnej mantii Zemli*. Kiev, 1978. P. 137-149 (in Russ.)
- [4] Bur'janov V.B., Gordienko V.V., Pavlenkova N.I. i dr. Plotnostnye modeli tektonosfery kontinental'nyh regionov s raznymi jendogennymi processami. *Teorija i metodika interpretacii gravimagnitnyh polej*. Kiev, 1981. P. 234-245 (in Russ.)
- [5] Senchin V.N., Baranov A.A. Ocenka glubinnogo raspredelenija plotnosti v litosfere Central'noj Juzhnoj Azii po dannym o glubine svobodnoj poverhnosti mantii. *Fizika Zemli*. 2010. N 11. P. 61-68 (in Russ.)
- [6] Gorbunov P.N. Novye principy kompleksnoj interpretacii dannyh geofiziki pri izuchenii tektonosfery Tjan'-Shanja. *Doklady NAN RK*. 2000. N 5. P. 56-60 (in Russ.)
- [7] Geodinamika i sejsmichnost' litosfery Kazahstana (*pojasnitel'naja zapiska k «Geodinamicheskomu atlasu Kazahstana»*) / Pod red. B. S. Uzhkenova, E. Nusipova. Almaty, 2007. 410 p. (in Russ.)
- [8] Gorbunov P.N., Klenchin A.N. Metody razdelenija fizicheskikh polej i polej koncentracij na sostavlajushhie putem izuchenija parametrov ih statisticheskoj struktury. *Sistemnaja obrabotka informacii pri geohimicheskikh poiskah zalezhej nefi i gaza*. M.: VNIJaGT, 1979. P. 35-41 (in Russ.)
- [9] Maruyama Sh. Plume tectonics. *Jour. Geol.Soc.Japan*. 1994. Vol. 100, N 1. P. 24-49 (in English)
- [10] Shacilov V.I. Timush A.V. Stepanenko N.P. Kajdash T.M. Belousova N.P. Osobennosti stroenija litosfery Tjan'-Shanja i prilgajushhih platform Geodinamicheskie, sejsmologicheskie i geofizicheskie osnovy prognoza zemletjasenij i ocenki sejsmicheskogo riska. *Dokl. Kaz-Ross. konf. 22-24 ijunja 2004 g.* Almaty, 2005. P. 118-129 (in Russ.)
- [11] Shacilov V.I., Timush A.V. Novye predstavlenija o litosfere Kazahstana. *Nauki o Zemle v Kazahstane (MGK-33; doklady kazahstanskih geologov)*. Almaty, 2008. P. 9-12 (in Russ.)

Н. П. Степаненко, Н. П. Белоусова, Т. М. Кайдаш

Сейсмология институты, Алматы, Қазақстан

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚАБАТ АСТЫ МАНТИЯСЫН ЖӘНЕ
ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ ЕКІ ӨЛШЕМДІ ТЫҒЫЗДЫҚ ҮЛГІЛЕРІН ӘЗІРЛЕУ**

Аннотация. Сейсмогравитациялық модельдеу әдісі арқылы Қазақстанның және оның жанындағы аумақтардың қабат асты мантиясының және жер қыртысының екі өлшемді тығыздық үлгілерін сандық және графикалық түрінде іргелі және Қазақстан ауданының сейсмикалық белсенді және асейсмикалық литосферасының геодинамикасы мен терең құрылысты қолданбалы зерттеулерге сүйене әзірленген. Пайдаланылған бастапқы материалдар көлемі және Қазақстан литосферасының қыры мен тігінен аумақты қамту бойынша тығыздық моделі алғашқы рет құрылды. Сейсмогравитациялық модельдеу әдістемесі градиентті-қабатты ортаның екі өлшемді тығыздық үлгілерін интерациялық құрылысты технологияға, толық шапшаң қималарға арқа сүйейтін, сонымен бірге барлық зерттелетін ортадағы гравитациялық эсерге негізделген. Қазақстанның орталық және солтүстік, оңтүстік-шығыс бөліктерінде, Каспий маңында жағалай салынған геотраверстерде жайғастырылған төрт тығыздық үлгілері сипаттама келтіреді. Тығыздық үлгілері құрылым-заттық кешендермен қабатталған және геофизикалық қабат қабығы мен жоғарғы мантияға сәйкес сипатталған. Өңделген үлгілер зерттелетін біртекті терең құрылымды геофизикалық ортаны айтарлықтай талдап тексеруге рұқсат етеді. Қазақстан ауданының сейсмикалық белсенді және асейсмикалық литосферасының геодинамикасы мен терең құрылысты қолданбалы зерттеулерге сүйене әзірленген. Есептік геолог-геофизикалық негізінде Қазақстан аумағының сейсмикалық қауіп-қатерді бағалау үшін сейсмогравитациялық модельдеуінің жаңа нәтижелер негізінде зерттелген ортаның тығыздық құрылымының заңдылығы және ерекшелігі анықталған. Жер қабығының біртекті тығыздығы және жоғарғы мантия платформалы және ороген сегменттері айтарлықтай бір-бірінен ерекшеленетіні дәлелденген. Үлгі аймақтық геофизикалық модельдеу үшін қолданылады, қабық-мантия ауысу аумағы және жер қабығының тығыздық құрылымының ерекшеліктерін түсіндіру және салыстырмалы талдауды жүргізудің мүмкіндігі қамтамасыз етіледі. Сейсмикалық аудандау және пайдалы қазбалар кен орнының терең болжамын шешу үшін бағытталған үлгі жиынтықтауларда және аудандастырулардағы петрофизикалық, геотектоникалық және геодинамикалық критерийін анықтаудың сенімділігін және ақпараттылығын едәуір арттырады.

Түйін сөздер: жер қыртысы, белсенді мантия, сейсмогравитациялық модельдеу, ауырлық күші өрісі.

Сведения об авторах:

Степаненко Н.П. – к.т.н., зав. лабораторией структурной геофизики Института сейсмологии, Институт Сейсмологии, e-mail: nstep56@mail.ru.

Белоусова Н.П. – НС лаборатории структурной геофизики Института сейсмологии, Институт Сейсмологии, e-mail: nstep56@mail.ru.

Кайдаш Т.М. – к.г.-м.н., ВНС лаборатории структурной геофизики Института сейсмологии, Институт Сейсмологии, e-mail: nstep56@mail.ru.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 116 – 124

UDC 622.7:001

B. R. Rakishev

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

E-mail: b.rakishev@mail.ru

TECHNOLOGICAL RESOURCES FOR IMPROVING THE QUALITY AND COMPLETENESS OF USE OF THE MINERAL RAW MATERIALS

Abstract. It was noticed, availability of the own mineral reserves is a guarantee of stable development of the economy, the industry, including smart-technologies and cyber-physical systems. Due to non-renewability and exhaustibility of these resources, the processes of their extraction and processing should be subject to the special requirements, which provide the integrated and full use of all the components contained in mineral raw materials. The place of Kazakhstan in the world by the reserves of various kinds of minerals and the role of mining and metallurgical complex (MMC) in the country economy are shown. The data on the minerals extraction and production over the past 5 years are provided. It is noted that in the deteriorating situation on the world metal markets there is an urgent need to diversify the MMC, providing increasing comprehensiveness and completeness of all the useful components contained in mineral raw materials and the mastering of the subsequent repartition. Also a strong demand for noble, rare and rare-earth metals for the needs of high-tech and knowledge-intensive branches of industries is taken into account.

The urgency of the scientific work acceleration is based, aimed at the development and introduction of new technologies, processes and technical tools, providing a more complete extraction in a marketable product of all the components contained in the ore. It is proved that such results can be achieved with the full conformity of the technology of ore processing to its natural properties and technological characteristics.

It is shown that all technologies of geological-prospecting, mining, mineral processing and chemical-metallurgical industries, providing increasing comprehensiveness of the mineral useful components extraction, consist in increase their numbers, enhancing the values of the coefficients of their extraction in the concentrate, metal. These solutions are the technological resources to increase the quality and completeness of the use of mineral raw material. It is illustrated by specific examples. It is calculated that the total revenue from the sale of related noble and rare metals exceeds the income from core metals (copper, molybdenum) in 9.33.

It was noticed, introduction of scientific developments of the scientists - geologists, miners and metallurgists of Kazakhstan – by the full and integrated use of mineral raw material (including oil, uranium, coal) into practice will significantly improve the efficiency of the natural resources sector and the economy as a whole. At the same time it makes an invaluable contribution to the development of high-tech industries and provide rapid joining of Kazakhstan to the number of the 30 most developed countries of the world.

Key words: mining and metallurgical complex, noble, rare and rare-earth metals, technological indices of minerals processing, useful components, integrated use.

State of the integrated use of mineral resources. Availability of the own mineral reserves is a guarantee of stable development of the economy, the industry, including smart-technologies and cyber-physical systems. Due to non-renewability and exhaustibility of these resources, the processes of their extraction and processing should be subject to the special requirements, which provide the integrated and full use of all the components contained in mineral raw materials.

Regarding the assessment of the issue status in Kazakhstan it should be noted that in the last century by the geologists of the Republic under the leadership of an outstanding scientist, academician of the Academy of Sciences of the USSR Kanysh Imantayevich Satpayev, were discovered and registered reserves of all the mineral deposit exploited now [1]. It is ranked first in the world reserves of zinc, tungsten and barite, the second place by the reserves of silver, lead and chromite, the third place by the reserves of copper and fluorite, the fourth place by the molybdenum reserves, the sixth place by the gold reserves. Kazakhstan is the biggest rhenium producer (second-third place), beryllium (first-fourth place), titanium sponge (second place), tantalum, niobium, gallium, technical thallium, arsenic (third place), uranium (first place), vanadium (fifth place), bismuth (sixth place) [2, 3]. Such resources have allowed our Republic to enter the top ten mining nations of the world. Mining and metallurgical complex (MMC) has a great influence on the formation of macroeconomic indicators of the country. Share of the industry branch is 13% of Gross Domestic Product (GDP), 23% – in the total industrial production, 48% – in the production of manufacturing industry output, 20% – in the country's export [4].

In addition, under the leadership of K. I. Satpayev the scientific foundations and pioneering technologies were created for extraction a variety of metals from complex ore raw material. Thanks to this currently Kazakhstan is the biggest producer of rhenium (the second-third place), beryllium (the first-third place), titanium sponge (the second place), tantalum, niobium, gallium (the third place), vanadium (the fifth place), bismuth (the sixth place), etc. [5].

Dynamics of extraction and production of the base metals over the past five years is characterized by the data in the table 1. They imply that the production volume of the mining and metallurgical complex is located almost on the same level. However, most of them are exported to the foreign countries in the form of a concentrate, even as raw materials, the value of which by one or two orders below the value of the finished product of the second-fourth stage of processing.

The global financial and economic crisis of recent years demonstrates the unpromising character of the industry branch policy. So, in 2015 demand for the production of MMC decreased sharply (in 1.3–1.8 times), and its prices fell in 1.5–2.0 times.

Table 1 – Extraction and production of minerals for 2012–2016 years

Product name	Units	2012	2013	2014	2015	2016 till november
Coal	Th. Tons	120510,9	119 860,1	113 843,5	107 318,8	91 121,7
Uranium	Th. Tons	20,9	22,5	22,83	23,80	24,08
Iron ores	Th. Tons	25997,8	25 241,8	24 628,3	17 111	14 670
Iron in ore components	Th. Tons	7360,3	6 919,7	6 250,5	3 283,6	3 100,3
Chromium ores	Th. Tons	5 233,1	5 255,0	5 410,4	5 382,8	5 048,6
Manganese ores	Th. Tons	2 975,0	2 852,1	2 617,3	1 625,7	1 450,4
Copper ores	Th. Tons	38352,9	41 731,7	38 660,6	42 420,1	69 954,3
Copper powder type	Th. Tons	367 161	350 837	293 948	492 346	377 079
Lead -zinc ores	Th. Tons	4 805,6	4 909,9	5 260,2	5 380	5263,1
Zinc in zinc concentrate	Th. Tons	370,5	361,1	346,6	342,5	293,5
Lead in lead concentrate	Th. Tons	38,5	40,8	37,8	40,7	60,5
Gold ore type	Tons	21,134	23,219	26,680	30,97	36,07
Silver ore type	tons	963,179	963,580	976,434	1 303,361	2093,011
Bauxite ores	Th. Tons	4 852,0	5 170,2	5 192,8	4682,6	4391,8
Asbestos	Th. Tons	241,2	243,3	213,2	179,8	182,1

Technological capabilities of increase the integrated use of mineral resources. In such a situation there is an urgent need for diversification in the mining and metals sector, which should start with a comprehensive and full use of all the useful components contained in mineral raw materials and the development of subsequent stages of processing. Most of the mining and metallurgical enterprises of Kazakhstan often do not extract from the raw material the precious components (platinum, gold, palladium, rhenium, osmium, thallium, etc.), concomitant to the core metals, and they go to waste of the processing and metallurgical industries. At these enterprises the extraction coefficient is very low (about 0.4) [3]. This paradox stems from the fact that by the process of the approval of the deposit's reserves, the concomitant useful components often are not estimated and so are not put to the balance sheet. There are no requirements to the subsoil users on extraction of useful components, identified in ores in the process of the deposit exploitation.

At the same time it is known that with the development of high-tech and knowledge-intensive manufactures (electronics, robotics, aircraft and rocket construction, space technology, software, nanotechnology, nuclear, solar and hydrogen energy, biotechnology, genetic engineering, etc.) demand for noble, rare and rare earth metals grows very quickly. Moreover, the cost per mass unit (ton, kg.) of these elements is in a thousand times higher than the cost of core metals (copper, zinc, lead), and the cost of osmium is more than a million times greater.

In this connection, the question of accelerating scientific work aimed at the development and introduction of new technologies, processes and equipment to ensure a complete recovery in the commercial product of all the components contained in the ore, becomes extremely relevant.

The solution of this major problem could be based on the account of the features of substance transition from one state to the other, respectively, by the geological exploration and mining extraction works, enrichment and metallurgical processing. Selected technologies and means of processing should ensure the maximum extraction of useful products at the each of these stages. These results are achieved with full accordance of the ore processing technology to its natural properties and technological characteristics [2].

By this the control of amount and quality is carried out on the basis of the mathematical models of the material composition of the mineral raw (MR) at each of the processing stages, represented in the form of [5,6]:

$$M_b = \sum_{i=1}^n m_i ; M_{oe} = \varepsilon_{oe} \sum_{i=1}^n m_i ; M_{lr} = \varepsilon_{oe} \sum_{i=1}^r \varepsilon_{yi} m_i ; M_c = \varepsilon_{oe} \sum_{i=1}^p \varepsilon_{ci} m_i ; \quad (1)$$

$$M_t = \varepsilon_{oe} \sum_{i=1}^s \varepsilon_{ti} m_i ; M_m = \sum_{i=1}^q M_{mi} = \varepsilon_{oe} \sum_{i=1}^q \varepsilon_{ci} \varepsilon_{mi} m_i ; M_{mw} = \varepsilon_{oe} \sum_{i=1}^l \varepsilon_{wi} m_i .$$

where, M_b are the ore mass at the counter of the balance reserves; M_{oe} is mass of the extracted ore; M_{lr} is mass of the lumpy rock, removed from ore mass; M_c is mass of the all concentrate (concentrates); M_t is mass of the tails of enrichment; M_{mi} is mass of the i -th finished product (metal); M_m is mass of the whole finished product (all metals); M_{mw} is mass of the waste of metallurgical processing; m_i is mass of the i -th component in the balanced reserves; ε_{oe} is the coefficient of ore extraction of mineral; ε_{yi} is the coefficient of removal of the i -th lumpy rock from ore; ε_{ci} is the coefficient of extraction of the i -th component from ore into the concentrate; ε_{ti} is the coefficient of extraction of the i -th component from ore to tails; ε_{mi} is the coefficient of extraction of the i -th component from concentrate to metal; ε_{wi} is the coefficient of extraction of the i -th component in waste of metallurgical processing; n is the number of all the components in the reserves volume, including waste; r is the number of components extracted from ore; p is the number of minerals extracted from ore to the concentrate; s is the number of components extracted to tails; q is the number of minerals extracted from concentrate to metal; l is the number of components in waste of metallurgical processing.

By the wide used technologies of the ore extraction and processing, $n > p > q$, $\varepsilon_{oe} = 0,5 \div 0,97$ (the low limit corresponds to underground mining, the upper limit – to open-cast mining), $\varepsilon_{yi} = 0,15 \div 0,4$, $\varepsilon_{ci} = 0,4 \div 0,98$, $\varepsilon_{ti} = 0,02 \div 0,5$, $\varepsilon_{mi} = 0,85 \div 0,98$, $\varepsilon_{wi} = 0,02 \div 0,15$.

For the sustainable exploration of the mineral reserves, full and comprehensive use of MR at every stage of its processing it is necessary to perform a certain amount of the survey and measurement works, as well as provide the possibility of application of the advanced and efficient technologies of processing.

For example, during the exploration phase with the use of modern high-precision equipment it is necessary to improve the completeness and reliability of the geological study of the individual blocks of deposits, determine more thoroughly the material composition of the core components as well as of the concomitant useful components, explore more fully the technological properties of ores, limit clearly the volume of the balance reserves. For each deposit it is necessary to approve the list of the useful components, subject to extraction, with indicating the minimum value of the extraction coefficient into the concentrate and metal.

By mining works it is necessary to refine systematically the mineralogical and technological parameters of useful components, provide the most complete extraction from the depths of all the balance reserves, envisage extraction of the over-balanced reserves.

At the stage of enrichment it is necessary to build and use several technological schemes of the ore processing into collective concentrate, which sharply increase the extraction coefficient for each useful component.

In the cycle of metallurgical processing it is necessary to create additional manufactures, non-standard technologies, ensuring maximum extraction of all the useful components, apply the repeat sequential processing of the concentrates.

Technical and economic impact of improving the quality and completeness of the use of minerals. Analysis of the mathematical models of the material composition of the ore production (1) at each processing stage shows that all the technologies of geological prospecting, mining extraction, mineral processing, chemical and metallurgical industries, providing improvement of quality, increase fullness and completeness of extraction of the core and concomitant components of minerals, consist in increasing of the numbers n , aspiration the numbers p and q to n , increase the values of the extraction coefficients ϵ_{oe} , ϵ_{yi} , ϵ_{ci} , ϵ_{mi} and decrease the values of the extraction coefficients ϵ_{ti} , ϵ_{wi} . These solutions are the technological resources to increase the quality and completeness of the use of mineral raw material. This conclusion reflects the essence of the technical, technological and organizational solutions to improve the completeness and the complexity level use of ore raw materials [2, 5].

Table 2 – Mass of the separate components in ore and price of the same metal

Components in ore	Content of components	m_i , t	ϵ_{oe}	m_{in} , t	ϵ_y	M_{lr} , t	m_{iq} , t	c_i , \$/t
Copper (Cu)	0,7%	7000	0,95	6650	0	0	6650	$5,5 \cdot 10^3$
Molybdenum (Mo)	0,015%	150	0,95	142,5	0	0	142,5	$27 \cdot 10^3$
Gold (Au)	1,0g/t	1,0	0,95	0,95	0	0	0,95	$34,23 \cdot 10^6$
Silver (Ag)	10 g/t	10	0,95	9,5	0	0	9,5	$0,44 \cdot 10^6$
Bismuth (Bi)	0,0005%	5,0	0,95	4,75	0	0	4,75	$19 \cdot 10^3$
Platinum (Pt)	0,0005%	5,0	0,95	4,75	0	0	4,75	$27,81 \cdot 10^6$
Palladium (Pd)	0,0005%	5,0	0,95	4,75	0	0	4,75	$18,08 \cdot 10^6$
Cobalt (Co)	0,0005%	5,0	0,95	4,75	0	0	4,75	$24 \cdot 10^3$
Selenium (Se)	3,8g/t	3,8	0,95	3,61	0	0	3,61	$21 \cdot 10^3$
Tellur (Te)	2,6g/t	2,6	0,95	2,47	0	0	2,47	$44 \cdot 10^3$
Cadmium (Cd)	0,4g/t	0,4	0,95	0,38	0	0	0,38	$0,1 \cdot 10^6$
Rhenium (Re)	0,3 g/t	0,3	0,95	0,285	0	0	0,285	$1,4 \cdot 10^6$
Indium (In)	2,0 g/t	2,0	0,95	1,9	0	0	1,9	$0,26 \cdot 10^6$
Osmium (Os)	0,02g/t	0,02	0,95	0,019	0	0	0,019	$20 \cdot 10^9$
Thallium (Tl)	0,0002 %	2,0	0,95	1,9	0	0	1,9	$0,7 \cdot 10^6$
Useful components		7192,2	0,95	6832,514	0	0	6832,514	
Waste rocks		992807,8	0,95	943167,486	0,2	188633,49	754533,99	
All components		1000000	0,95	950000		188633,49	761366,5	

Let us demonstrate the possibility of implementing a processed ore quality management system on example of the model deposit, developed by the open pit method. It is close in ore composition to the real copper-molybdenum deposits as Aktogay and Bozschakol. The content of useful components in the ore, the mass of the individual components at the ore and the value of 1 ton metal of the same name is shown at table 2. As can be seen from the table 2, the mass of the extracted ore from the quarry field is taken to be 950,000 tons, taking into account $\varepsilon_{oe}=0,95$. Coefficient of the lumpy rock removal from the ore mass is assumed to be $\varepsilon_v = 0.2$. The mass of all the useful components (UC), received at the processing plant, is 6832.514 tons, including the noble and rare earth metals of 40.014 tons, mass of the waste rock (WR) is 754,933.99 tons, all components (AC), including the waste rocks, are 761,366.5 tons.

Let consider change in the mass of all components, depending on the indices of mineral raw processing. The mass values of specific useful components in the concentrate, the metal, by various values of the coefficients of component extraction from ore in the concentrate, from the concentrate to metal, are shown at the table 3. At the first option, for the core metal, ε_c varies in limits 0,7-0,8, ε_m – in limits 0,7-0,85, for concomitant components $\varepsilon_c = 0,5-0,6$, $\varepsilon_m = 0,6-0,75$. At the second option, for the core metal $\varepsilon_c=0,8-0,9$, $\varepsilon_m=0,8-0,9$, for concomitant components $\varepsilon_c = 0,6-0,7$, $\varepsilon_m= 0,7-0,85$. Masses of the useful components and waste rock in the ore and concentrate at the second option of the processing are adduced at the figure 1.

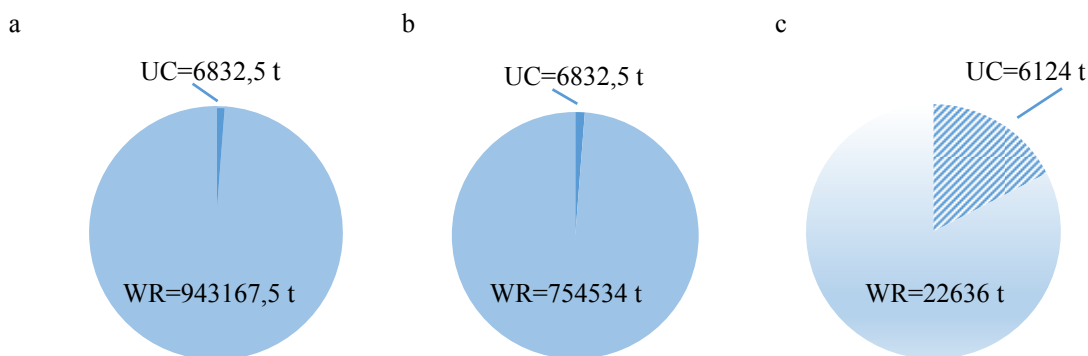


Figure 1 – Masses of useful components and waste rocks in: the loaded ore (a), ore received at the processing plant (b) and in the concentrate (c)

From the data of the table 3 it follows that with increasing ε_c from 0.8 to 0.9 the copper mass in the concentrate increased to 5985 from 5320 tons (per one million tons of ore), i.e. on 12.5%. By increasing ε_c from 0.5 to 0.6 the bismuth mass in concentrate increases from 2.375 to 2.85 m, i.e. on 20%. By increasing ε_m from 0,6 to 0,75 the platinum mass increases from 142,5 t to 213,75 t, i.e. for 50%. By changing ε_c from 0,6 to 0,7 the gold mass increases from 0,57 to 0,655 t, i.e. for 16,6%, changing ε_m from 0,7 to 0,85 increases the gold (metal) mass from 0,399 to 0,5652 t, i.e. for 41,65%, etc.

Data of the table 3 clearly demonstrate the role of technologies of mineral raw processing in raising of the level of the useful components extraction from the raw material, and their high potential. Through the development and implementation of the innovative technologies and technical facilities the current level of extraction of noble and rare metals can be increased in 2 times.

The economic consequences of fuller use of the mineral raw are required careful attention. To their determination it is necessary the values M_{oe} , M_c and M_m from the formula (1) to multiply by the cost of the 1 t of the i-th finished product.

Calculations by the prices for the metals, listed at the table 2, show that in the second option of the ore processing with mass 761366.5 t (see the table 3, the column with the value m_{mi_2}) the cost of the obtained copper is 30 613 275, cost of molybdenum is 2 616 300, cost of gold is 19 348 507,5, silver - 2 481 100, bismuth - 43 320, platinum - 63 406 800, palladium - 41 222 400, cobalt - 54 720, selenium - 36 388,8, tellurium - 52 166,4 cadmium - 18 240, rhenium - 191 520, indium - 237 120, osmium - 182 400 000, thallium - 638 400, cost of the total final production is 343 366 257,7 US dollars. If the cost of core metals (Cu, Mo) is 33 229,575 US dollars, the cost of the noble and rare earth metals is 310 136 682,7 US dollars. Masses and costs of the core and rare metals are plotted at the figure 2.

In these conditions, total revenue from the sale of concomitant noble and rare metals exceeds the income from the core metals (copper, molybdenum) in 9.33 times. Income from the possible sale of osmium is 5.5 times higher than the total revenue of the core metals. This example also shows that the current size of the revenue from the sales of MMC production by integrated use of ores can be achieved when the ore amount in at least 8.0-10.0 times less than at present.

For large-scale implementation of the measures to improve the comprehensive utilization of mineral raw materials on the legislative, the state level it is necessary to solve the question of the necessity of extraction all concomitant, especially high-value mineral components from raw material. This naturally requires the construction of additional workshops, industries, tangible investments, to which investors are reluctant. However, the state's interests require the decisive action.

Table 3 – Mass of the separate component in the concentrate, in the enrichment tails, in the metals and in the waste depending on the processing indices

	ε_c	m_{ki}, t	ε_{ti}	m_{ti}, t	ε_{mi1}	m_{mi1}, t	ε_{mi2}	m_{mi2}, t	ε_{wi1}	m_{wi1}, t	ε_{wi2}	m_{wi2}, t
First option												
Cu	0,8	5320	0,2	1330	0,8	4256	0,85	4522	0,2	1064	0,15	798
Mo	0,7	99,75	0,3	42,75	0,7	69,825	0,75	74,8125	0,3	29,925	0,25	24,9375
Au	0,6	0,57	0,4	0,38	0,7	0,399	0,75	0,4275	0,3	0,171	0,25	0,1425
Ag	0,6	5,7	0,4	3,8	0,7	3,99	0,75	4,275	0,3	1,71	0,25	1,425
Bi	0,5	2,375	0,5	2,375	0,6	1,425	0,7	1,6625	0,4	0,95	0,3	0,71,25
Pt	0,5	2,375	0,5	2,375	0,6	1,425	0,7	1,6625	0,4	0,95	0,3	0,71,25
Pd	0,5	2,375	0,5	2,375	0,6	1,425	0,7	1,6625	0,4	0,95	0,3	0,71,25
Co	0,5	2,375	0,5	2,375	0,6	1,425	0,7	1,6625	0,4	0,95	0,3	0,71,25
Se	0,5	1,805	0,5	1,805	0,6	1,083	0,7	1,2635	0,4	0,722	0,3	0,5415
Te	0,5	1,235	0,5	1,235	0,6	0,741	0,7	0,8645	0,4	0,494	0,3	0,3705
Cd	0,5	0,19	0,5	0,19	0,6	0,114	0,7	0,133	0,4	0,076	0,3	0,057
Re	0,5	0,1425	0,5	0,1425	0,6	0,0855	0,7	0,09975	0,4	0,057	0,3	0,04275
In	0,5	0,95	0,5	0,95	0,6	0,57	0,7	0,665	0,4	0,38	0,3	0,285
Os	0,5	0,0095	0,5	0,0095	0,6	0,0057	0,7	0,00665	0,4	0,0038	0,3	0,00285
Ti	0,5	0,95	0,5	0,95	0,6	0,57	0,7	0,665	0,4	0,38	0,3	0,285
UC		5440,80		1390,6		4339,08		4611,86		1101,72		828,94
WR	0,04	30181,36	0,96	724352,63	0	0	0	0	1,0	30181,36	1,0	30181,36
AC		35622,16		725743,23		4339,08		4611,86		31283,08		30930,30
Second option												
Cu	0,9	5985	0,1	665	0,9	5386,5	0,93	5566,05	0,1	598,5	0,07	418,95
Mo	0,8	114	0,2	28,5	0,8	91,2	0,85	96,9	0,2	22,8	0,15	17,1
Au	0,7	0,665	0,3	0,285	0,8	0,532	0,85	0,56525	0,2	0,133	0,15	0,09975
Ag	0,7	6,65	0,3	2,85	0,8	5,32	0,85	5,6525	0,2	1,33	0,15	0,9975
Bi	0,6	2,85	0,4	1,90	0,75	2,1375	0,8	2,28	0,25	0,7125	0,2	0,57
Pt	0,6	2,85	0,4	1,90	0,75	2,1375	0,8	2,28	0,25	0,7125	0,2	0,57
Pd	0,6	2,85	0,4	1,90	0,75	2,1375	0,8	2,28	0,25	0,7125	0,2	0,57
Co	0,6	2,85	0,4	1,90	0,75	2,1375	0,8	2,28	0,25	0,7125	0,2	0,57
Se	0,6	2,166	0,4	1,444	0,75	1,6245	0,8	1,7328	0,25	0,5415	0,2	0,4332
Te	0,6	1,482	0,4	0,988	0,75	1,1115	0,8	1,1856	0,25	0,3705	0,2	0,2964
Cd	0,6	0,228	0,4	0,152	0,75	0,171	0,8	0,1824	0,25	0,057	0,2	0,0456
Re	0,6	0,171	0,4	0,114	0,75	0,12825	0,8	0,1368	0,25	0,04275	0,2	0,0342
In	0,6	1,14	0,4	0,76	0,75	0,855	0,8	0,912	0,25	0,285	0,2	0,228
Os	0,6	0,0114	0,4	0,0076	0,75	0,00855	0,8	0,00912	0,25	0,00285	0,2	0,00228
Ti	0,6	1,14	0,4	0,76	0,75	0,855	0,8	0,912	0,3	0,342	0,2	0,228
UC		6124,05		708,46		5496,86		5683,36		627,19		440,69
WR	0,03	22636,02	0,97	731897,97	0	0	0	0	1,0	22636,02	1,0	22636,02
AC		28760,07		732606,43		5496,86		5683,36		23263,21		23076,71

An example of increasing the integrated use of mineral raw material, as in Soviet times, shows the LLP "Kazzinc", where the number of the useful components extracted from the ore has reached 20. This result was achieved due to producing a bulk concentrate, its multiple sequential processing, the construction of additional productions for extraction from the concentrate the accompanying expensive elements [6].

Moreover, the implementation of these measures may cover the investments over and above and provide obtaining of the high revenues due to increasing the range of the produced metals. And this is achieved with a much smaller volume of raw materials, which will allow go to the extended wise use of subsoil resources and reduce the negative impact on the environment.

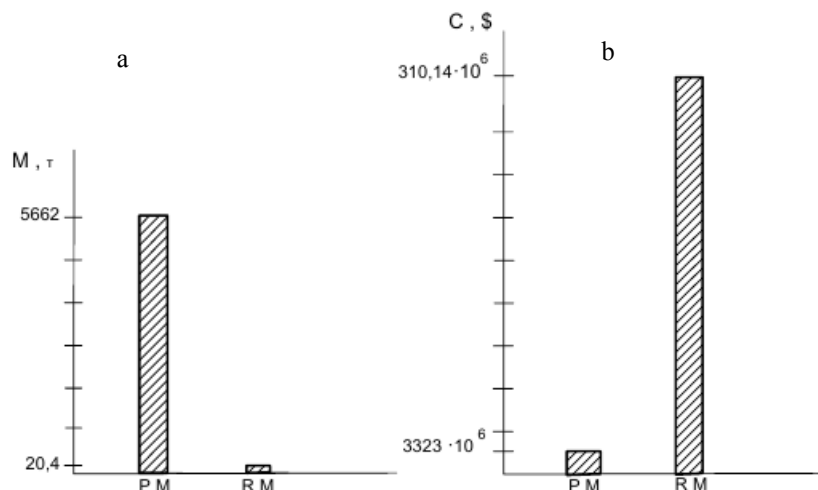


Figure 2 – Masses (a) and costs (b) of the obtained core and rare metals from 950 000 tons of ore

In 2015 LLP JC «SARECO» produced 67 tons of bulk concentrate of rare-earth metals (REM). JSC Ulba Metallurgical Plant produced 404.05 tons of beryllium, 30.08 tons of tantalum and 4.67 tons of niobium production. In 2016, it is planned to build another plant that will separate the rare-earth oxides and metals from the ore concentrate [7].

For the production of REM some kinds of coals are suitable (Karazhyra deposit, East Kazakhstan Region), and also natural shungites, phosphates, fluorides, etc. The raw material for extraction of the dispersed rare metals (indium, thallium, selenium, tellurium, germanium, gallium, rhenium) are the products of processing of lead-zinc, copper and aluminum-containing ores, ash from burning coal, as well as solutions and sledges of producing sulfuric acid [8].

Together, these sources could provide REM in sufficient amounts to Kazakhstan could take its rightful place in the global rare-earth metal market.

Conclusions.

1. The developed mathematical models of the material composition of the mineral raw successfully interconnect the indices of MR processing with the final results. They allow to estimate objectively the level of the applied technology of processing and to find ways to improve the extraction of core and concomitant useful components from MS.

2. Technical facilities and technologies adapted to the natural and technological properties of mineral raw provide a high level of extraction of noble and rare metals.

3. These solutions are the technological resources to increase the quality and completeness of the use of mineral raw material.

4. An important direction of the MMC diversification is a deep processing of the obtained product, the creation of high-tech and knowledge-intensive industries and obtaining of the products of higher commodity readiness.

5. Introduction of scientific developments of the scientists - geologists, miners and metallurgists of Kazakhstan - by the full and integrated use of mineral raw material (including oil, uranium, coal) into practice will significantly improve the efficiency of the natural resources sector and the economy as a whole. At the same time it makes an invaluable contribution to the development of high-tech industries and provide rapid joining of Kazakhstan to the number of the 30 most developed countries of the world.

REFERENCES

- [1] Rakishev B.R. Geotekhnologicheskoe upravlenie kachestvom mineralnogo syrja. Monografiya. Almaty: KazNTU, 2009. 319 p.
- [2] Complex processing of mineral raw materials in Kazakhstan: status, problems and solutions. Almaty: In ten volumes under edition of academician of NAS RK A. A. Zharmenov, 2008.
- [3] Dzhantureeva, E.A. Subsurface use: reserves, extraction, investments. *Kazakhstan the international business magazine*, 2015, 3, 38-44.
- [4] Rau A.P. Problems of MMC should be solved comprehensively and systematically. *Mining and Metallurgical Industry*, 2015a, 5-6, 6-8.
- [5] Rakishev B.R. Conformity assessment of the processing technology to the natural properties of minerals. *Vestnik of NAN RK*, 2010, 1, 27-32.
- [6] Rakishev, B.R. Complex use of mineral raw at the enterprises of non-ferrous metallurgy of Kazakhstan. *Gornyi zhurnal (Mining journal)*. 2013, 7, 67-69.
- [7] Rau, A.P. Metallurgy is our top priority. *Kazakhstan the international business magazine*, 2015b, 3, 18-20.
- [8] Smirnov S. Uranium chance. *Kazakhstan the international business magazine*, 2015, 3, 62-65.

Б. Р. Ракишев

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

**МИНЕРАЛДЫ ШИКІЗАТТАР ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫ МЕН
ТОЛЫҚТЫҒЫН КӨТЕРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ РЕСУРСТАРЫ**

Аннотация. Әр елдің өзінің пайдалы қазбалар қорлары болуы оның өнеркәсіп, оның ішінде смарт-технологиялар және киберфизикалық жүйелерді, экономикасының тұрақты дамуының кепілі болып табылады. Бұл қайта өндірілмейтін және жаңартылмайтын зат болғандықтан минералды шикізаттың құрамындағы барлық компоненттерін тегіс және толық пайдаланылуды қамтамасыз ететін, нақты талаптар қою керек.

Әртүрлі пайдалы қазбалардың әлемдегі қорлары бойынша Қазақстанның және елдегі тау-кен-металлургия кешенінің (ТКМК) орыны көрсетілген. Соңғы 5 жыл ішіндегі пайдалы қазбаларды игеру мен өндірудегі мәліметтері келтірілген. Әлемдік металл нарығындағы жағдайдың нашарлауына байланысты барлық минералды шикізаттарды құрайтын барлық пайдалы компоненттерді толықтай пайдалану, сонымен қатар келесі шектердегі өнімдерді толықтай пайдалану мақсатында ТКМК диверсификация қажеттілігі көрсетілген. Сондай-ақ асыл, сирек және өте сирек кездесетін металдардың жоғары өндірістерді технологияларға қажеттіліктері, оған үлкен сұраныс бар екендігі айқындалған.

Пайдалы қазба құрамындағы барлық компоненттерден толықтай өнім алуды қамтамасыздандыратын техникалық құралдарды және процесстерді, жаңа технологияларды игеруге және енгізуге бағытталған ғылыми жұмыстарды жеделдетудің өзектілігі негізделген. Аталған жұмыстардың нәтижелілігі технологиялық сипаттамалармен және пайдалы қазбаларды өңдеудегі олардың табиғи қасиеттері технологиясымен толықтай сәйкестендірілгенде ғана қол жеткізуге болатындығы дәлелденді. Тиымды технологияларды пайдалану арқылы ілеспелі асыл және сирек металдарды шығарып алу, оған түсетін табыс бейінді металдармен (мыс, молибден) салыстырғанда 9,33 есе көп болатыны дәлелденген.

Қазақстан геологтарының, кеншілерінің және металлургияның минералды табиғи ресурстарды пайдалану жолындағы ғылыми-зерттеулер жұмыстары өте жоғары деңгейде. Оны толықтай өндіріске енгізсе, минералды шикізаттарды тиімді пайдалануға себебін тигізеді, ел экономикасын жан жақты көтереді. Сонымен қатар бұл шаралар жоғарғы технологиялық өндірістерді дамытуға баға жетпес үлес қосып, Қазақстанның әлемнің ең дамыған 30 елінің қатарына кіруге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: тау-кен кешендері, түсті, асыл, сирек металдар, минералды шикізатты өндірудегі технологиялық көрсеткіштер, кешенді пайдалану, дайын өнім, қайта құру.

Б. Р. Ракишев

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

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
И ПОЛНОТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Аннотация. Отмечено, что наличие собственных запасов полезных ископаемых является гарантом стабильного развития экономики страны, всей индустрии, включая смарт-технологии и киберфизические системы. В силу невозможности и исчерпаемости таких ресурсов, к процессам их добычи и переработки должны предъявляться особые требования, предусматривающие комплексное и полное использование всех компонентов, содержащихся в минеральном сырье.

Показаны место Казахстана по запасам различных видов полезных ископаемых в мире, роль горно-металлургического комплекса (ГМК) в экономике страны. Приведены данные по добыче и производству полезных ископаемых за

последние 5 лет. Отмечено, что в условиях ухудшения ситуации на мировых рынках металлов возникла острая необходимость в диверсификации ГМК, предусматривающей повышение комплексности и полноты использования всех полезных компонентов, содержащихся в минеральном сырье и освоение последующих переделов. Учтен также большой спрос на благородные, редкие и редкоземельные металлы для нужд высоких технологий, наукоемких отраслей промышленности.

Обоснована актуальность ускорения научных работ, направленных на разработку и внедрение новых технологий, процессов и технических средств, обеспечивающих более полное извлечение в товарный продукт всех компонентов, содержащихся в руде. Доказано, что такие результаты достигаются при полном соответствии технологий переработки руды ее природным свойствам и технологическим характеристикам.

Показано, что все технологии геолого-разведочного, горнодобычного, обогащительного и химико-металлургического производств, предусматривающие повышение комплексности извлечения полезных компонентов ископаемых, состоят в увеличении их числа, повышении значений коэффициентов их извлечения в концентрат, металл. Они представляют собой технологические ресурсы повышения качества и полноты использования минерального сырья. Это проиллюстрировано на конкретных примерах. Подсчитано, что совокупные доходы от реализации сопутствующих благодарных и редких металлов превышает доходы от профильных металлов (меди, молибдена) в 9,33 раза.

Внедрение научных разработок ученых - геологов, горняков и металлургов Казахстана по полному и комплексному использованию минерального сырья (в том числе нефти, урана, угля) в практику существенно улучшит эффективность работы минерально-сырьевого сектора и экономики страны в целом. Одновременно оно вносит неоценимый вклад в развитие наукоемких отраслей промышленности и быстрее вхождение Казахстана в число 30 наиболее развитых стран мира.

Ключевые слова: горно-металлургический комплекс, цветные, благородные, редкие металлы, технологические показатели переработки минерального сырья, комплексное использование, готовая продукция, диверсификация.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 125 – 131

N. A. Bektenov, E. E. Ergozhin, K. A. Sadykov, C. B. Ryspaeva

Institute of Chemical Sciences A. B. Bekturov, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bekten_1954@mail.ru, kanat_sadykov_80@mail.ru

**GETTING NEW CONCRETE MATERIALS BASED
ON INDUSTRIAL WASTE**

Abstract. Energy and environmental problems processing oil residues and various industrial wastes, the complexity of their composition necessitate the search for new technological methods of their processing. The paper describes methods for producing concrete materials from industrial wastes. Physico-chemical and mechanical properties of the concrete samples. An optimal composition of the concrete mixture and the possibility of its application in road construction. There remains the question of the involvement of recycling unused, cheaper and more accessible raw materials, including waste oil, etc. industries. In this connection, the problem of chemical processing and rational use of oil residues and industrial waste (ash, sludge, slag phosphate) – the most difficult type of hydrocarbon and mineral resources is very important.

The problem of large industrial regions is a lot of waste and pollution. Studies various industries and businesses has shown that there is significant potential to use waste to create new construction materials using technogenic raw materials.

On the basis of our developed methods have been designed for experimental and control samples of concrete materials of different compositions with the addition of various mineral materials and industrial wastes. Physico-chemical and mechanical properties of the concrete samples. The optimal composition of concrete and the possibility of using it in road construction.

Keywords: soil-concrete, concrete, phosphorus slag, dry sludge, industrial waste, contaminated soil, road construction.

УДК 691.3+691.4+625.7

Н. А. Бектенов, Е. Е. Ергожин, К. А. Садыков, С. Б. Рыспаева

АО «Институт химических наук им. А. Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

**ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ БЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

Аннотация. Энергетические и экологические проблемы переработки нефтяных остатков и различных промышленных отходов, сложность их состава обуславливают необходимость поисков новых технологических приемов их переработки. Актуальным остается вопрос о вовлечении в переработку неиспользуемых, более дешевых и доступных видов сырья, в том числе, отходов нефтедобывающей и др. отраслей промышленности. В связи с этим, проблема химической переработки и рационального использования нефтяных остатков и промышленных отходов (золы, шламы, фосфорные шлаки) – самого сложного вида углеводородного и минерального сырья является весьма актуальной.

Проблема крупных промышленных регионов это большое количество отходов и загрязнение окружающей среды. Исследования различных производств и предприятий показали, что существует значительный потенциал в использовании вторичных отходов для создания новых строительных материалов с использованием техногенного сырья.

На основе разработанных нами способов были спроектированы экспериментальные и контрольные образцы бетонных материалов из разных составов с добавлением различных минеральных материалов и

промышленных отходов. Изучены физико-химические и механические свойства полученных бетонных образцов. Найден оптимальный состав бетонной смеси и возможность применения ее в дорожном строительстве.

Ключевые слова: грунтобетон, бетон, фосфорный шлак, сухой шлак, промышленные отходы, замазученный грунт (ЗМ), дорожное строительство.

Введение. В последнее время с развитием и расширением мелких и крупных городов, а также с появлением новых месторождений по добыче полезных ископаемых растет спрос на строительство дорог. В связи с этим все большее внимание ученых и производителей уделяется проблеме использования местного сырья и промышленных отходов для создания и развития дорожной инфраструктуры. Дорожное строительство является одним из наиболее материалоёмких работ, требующее расширения ассортимента применяемых вяжущих и строительных смесей, основными компонентами которых могут быть разнообразные техногенные отходы. Для решения вышеуказанных проблем предпочтительно использовать местные техногенные материалы – отходы фосфорного, нефтяного и других промышленных отраслей [1-3].

Использование фосфорного шлака является снижением воздействия предприятий фосфорной промышленности РК на компоненты окружающей среды путем использования промышленных отходов в качестве сырья для строительной индустрии и дорожного строительства. Эффективность исследования по утилизации крупнотоннажных отходов фосфорной промышленности Жамбылского региона – фосфорные шлаки с получением на их основе бетонных и композиционных строительных материалов [4, 5].

Проблема крупных промышленных регионов это большое количество отходов и загрязнение окружающей среды. Исследования различных производств и предприятий показали, что существует значительный потенциал в использовании вторичных отходов для создания новых строительных материалов с использованием техногенного сырья [6-8].

Во многих технологических процессах, главным образом, благодаря скорости нагрева всей толщины материала со снижением температурных градиентов, что позволило сократить время обработки и сохранения энергии.

По литературным данным известно что после обработки грунтов СВЧ- током (микроволновая излучения) в результате фазовых превращений и химических реакций отмечено изменение состава грунта. Изменение минерального состава при термообработке влечет за собой изменение структуры и микроструктуры грунта. Наблюдается существенное изменение пористости, среднего диаметра пор и плотности образцов грунта. Так, например, нагрев суглинка до 350–500 С приводит к увеличению пористости и среднего диаметра пор в результате дегидратации и начинающегося разрушения кристаллической решетки, что вызывает снижение на 5-6 % плотности грунта. При дальнейшем нагреве до 1000 С пористость и средний диаметр пор уменьшаются, происходит преобразование минералов, остеклование грунтовой массы. Плотность грунта по сравнению с исходной увеличивается на 4-4,5 % [9, 10].

Есть преимущества микроволнового метода по сравнению с традиционной тепловлажностной обработкой бетона с использованием пара в качестве теплоносителя. Это ускоряет затвердевание изделий из бетона [11].

Авторами получен патент для ускорителя затвердевания бетона, относящимися к строительным материалам из отходов и различных минеральных частиц: угольная зола, порошок боксит, модифицированный каолин, сахарный тростник на микроволновой обработке [12].

С целью получения новых различных бетонных материалов нами были разработаны способы получения и нахождения оптимального состава на основе замазученного грунта, сухого шлама и различных минеральных материалов. На основе разработанных способов были спроектированы экспериментальные и контрольные образцы бетонных материалов из разных составов с добавлением различных минеральных материалов и промышленных отходов.

Для проведения научно-исследовательской работы использовались промышленные отходы - замазученный грунт и шламы Западного Казахстана, фосфорные шлаки Новоджамбульского фосфорного завода (НДФЗ), а также различные минеральные материалы (цеолит, керамзит и др.). Все шлаки и шламы в том числе замазученный грунт предварительно обработаны микроволновым излучением на бытовой микроволновой печке «Samsung» мощности 900 Вт, 2450 МГц. в течение от 10 до 30 минут для дальнейшего использования.

После микроволновой обработки сухой шлак потерял вес около 10%, после 20 минут обработки потеря веса шлака составило 19 %, потеря веса замазученного грунта около 23 % при 20 минутном излучении. Это связано с процессом дегидратации, выделением свободной и кристаллогидратной воды, а также сжиганием органической примеси (нефтяные пятна). Под воздействием МВИ можно удалять слабо связанную воду, которая плохо влияет на качество грунто- и асфальтобетона. А также можно получить кристаллогидраты нужного состава, или полностью обезвожить их.

В результате обработки микроволнового излучения (МВИ) сухого шлака происходит аморфизация глинистых материалов, диссоциация карбонатов и минералообразование. Обработанный шлак использовался для получения грунто- и асфальтобетонных смесей как основного наполнителя и заполнителя.

Для изучения микроструктуры грунтобетонных образцов была сделана микрофотография на сканирующем электронном микроскопе JSM-6610LV JEОI Японии.

Микроструктура (рисунок 1) грунтобетона с добавкой фосфорного (НДФЗ г. Тараз) шлака представляет неравномерные игольчатые кристалльные отростки, которые способствуют формированию мелкопористой и прочной каменной структуры. Игольчатая форма зерен определяет основное направление его использования в качестве армирующего элемента. Использование фосфорного шлака в качестве заполнителя приводит к образованию муллита и волластонита, это в свою очередь повышает прочность грунтобетонного материала.

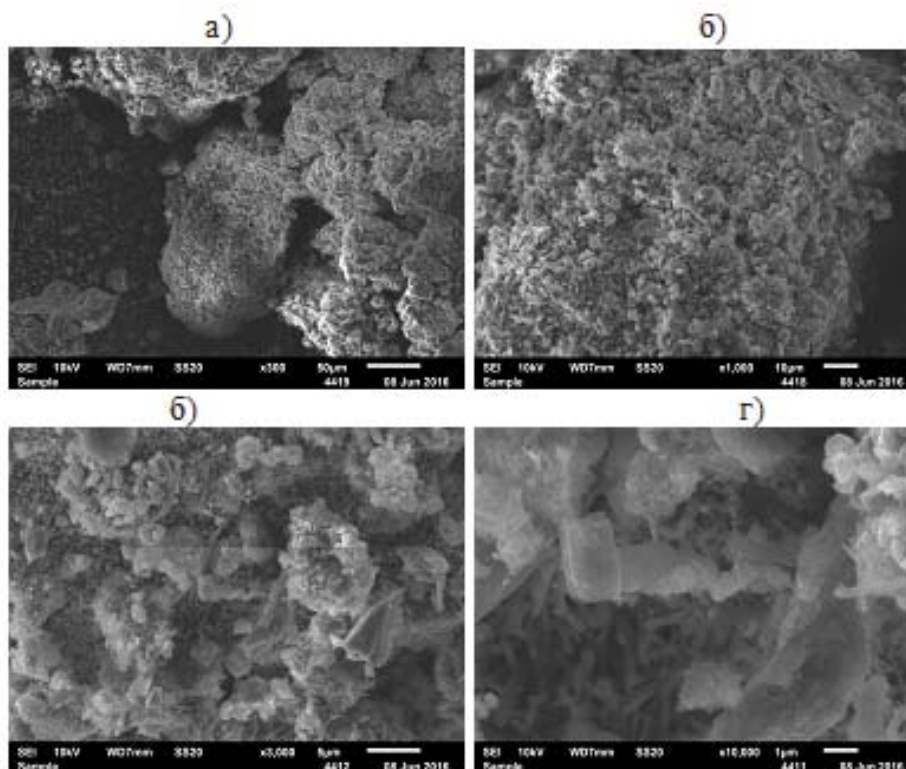


Рисунок 1 – Микрофотография образцов грунтобетонного материала с добавлением фосфорного шлака, увеличенный:
а) x300, б) x1000, в) x3000, г) x10000

В таблице 1 представлен состав элементного анализа грунтобетона с добавкой фосфорного шлака. Из элементного анализа можно увидеть, что данные нескольких элементов совпадают.

Из рисунка 2 можно заметить структуру минеральных зерен, которые имеют неправильную форму. В самой структуре сухого шлака присутствуют полости и каналы в плотной кристаллической решетке. Благодаря этим структурам шлак обладает высокой удельной поверхностью, чем обуславливается его реакционная способность. Присутствующие в составе сухого шлака кварцы, кристоблиты, монтмориллониты и полевые шпаты, которые обеспечивают прочность грунтобетонного материала.

Таблица 1 – Результаты анализа грунтобетона с добавлением фосфорного шлака

Элементы	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Среднее, масс. %
O	49,60	49,35	49,88	49,61
Na	0,82	0,47	0,83	0,71
Mg	1,31	1,28	1,58	1,39
Al	2,93	2,28	3,94	3,05
Si	11,30	8,83	11,42	10,52
P	0,82	0,13	0,14	0,36
S	1,23	1,31	1,44	1,33
Cl	0,15	0,12	0,14	0,14
K	0,88	0,44	0,98	0,77
Ca	29,20	34,15	27,52	30,29
Ti	0,17	0,09	0,15	0,14
Fe	1,58	1,54	1,96	1,69
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00

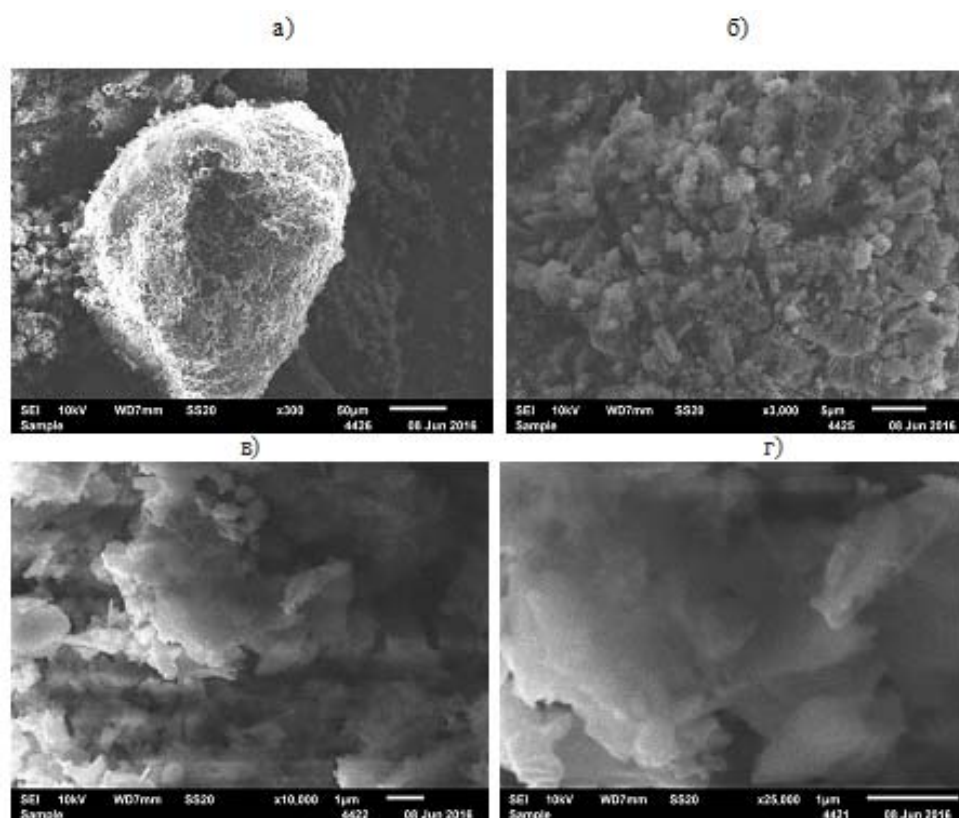


Рисунок 2 – Микрофотография образцов грунтобетонного материала с добавлением сухого шлака, увеличенный:
а) x300, б) x3000, в) x10000, г) x25000

В таблице 2 представлены результаты элементного анализа грунтобетонного образца с добавкой сухого шлака (JSM-6610LV сканирующий электронный микроскоп, JEОI Япония).

Таблица 2 – Элементный состав грунтобетона с добавлением сухого шлама

Элементы	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Среднее, масс. %
O	50,95	50,54	51,29	50,93
Na	0,90	0,87	0,63	0,80
Mg	1,40	1,74	2,07	1,74
Al	3,87	4,01	4,30	4,06
Si	11,07	12,69	14,04	12,60
S	1,57	1,12	1,00	1,23
Cl	0,18	0,19	0,17	0,18
K	0,73	0,71	1,11	0,85
Ca	27,14	24,72	23,29	25,05
Ti	0,18	0,19	0,17	0,18
Fe	2,02	3,23	1,93	2,39
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00

Прочность бетонных образцов была испытана в испытательной лаборатории ТОО «ЦЕЛСИМ», г. Алматы согласно требованиям по ГОСТ 12730.1-78, ГОСТ 10180-2012. Экспериментальные данные показали, что полученные грунтобетонные материалы (образцы № 1-Ц, 3-Ф, 4-СШ, 6-К) имеют хороший предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов в возрасте 28 суток, которые вполне соответствуют по СНиП, для 2 класса прочности составляющей 4,2-5,7 МПа, относящийся к марке М50 (таблица 3).

Таблица 3 – Предел прочности грунтобетонных материалов на сжатие водонасыщенных образцов в возрасте 28 суток

Образцы	Наименование показателя	Фактическое значение
(1-Ц) с добавлением цеолита	Средняя плотность, кг/м ³	1840,0
	Прочность при сжати, МПа не менее	4,7
(3-Ф) с добавлением фосфорного шлама	Средняя плотность, кг/м ³	1780,0
	Прочность при сжати, МПа не менее	4,2
(4-СШ) с добавлением сухого шлама	Средняя плотность, кг/м ³	1932,0
	Прочность при сжати, МПа не менее	5,7
(6-К) с добавлением керамзита	Средняя плотность, кг/м ³	1552,0
	Прочность при сжати, МПа не менее	5,2

Цементобетонные образцы на основе строительно-промышленных отходов (образцы № 2- СШ, 5-Ф) также имеют неплохой результат на сжатие в возрасте 28 суток 23,4-24,3 МПа, ближе к марке М250 (25,69 МПа) (таблица 4).

Таблица 4 – Предел прочности цементобетонных материалов на сжатие водонасыщенных образцов в возрасте 28 суток

Образцы	Наименование показателя	Фактическое значение
(2-Ц) с добавлением цеолита	Средняя плотность, кг/м ³	2169,0
	Прочность при сжати, МПа не менее	24,3
(5-Ф) с добавлением фосфорного шлама	Средняя плотность, кг/м ³	2184,0
	Прочность при сжати, МПа не менее	23,4

Таким образом разработаны способы получения новых грунто- и цементобетонов из отходов промышленности (замазученный грунт ЖанаОзенья, сухой шлам Кашагана, фосфорные шлаки НДФЗ, и т.д.) и различных минеральных материалов. Полученные бетонные материалы можно использовать в дорожном строительстве (тротуары, дорожные основания), а также для строительства различных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ергожин Е.Е., Бектенов Н.А., Садыков К.А., Байдуллаева А.К. Термическое и термогравиметрическое исследование грунтобетонов на основе промышленных отходов и портландцемента // Химический журнал Казахстана. – 2016. – № 4. – С. 46-54.
- [2] Guoping Qian, Ph.D., Shiyao Bai, Suoji Ju, Tuo Huang. Laboratory Evaluation on Recycling Waste Phosphorus Slag as the Mineral Filler in Hot-Mix Asphalt // Journal of Materials in Civi Engineering. – July 2013. – Vol. 25. – Issue 7.
- [3] Jan Bijen. Benefits of slag and fly ash // Construction and Building Materials. – 1996. – Vol. 10. – P. 309-314.
- [4] Turgumbayeva H.H., Lapshina I.Z., Beysekova T.I., Kerimbayeva I.N., Abdualyeva Z.U. Method of planning of rational composition a multicomponent mineral binders composition basing on man-made materials of zhambyl industrial hub // Modern problems of science and education. – 2015. – N 10(1). – P. 71-76.
- [5] Суранкулов Ш.Ж. Строительство дорог из отходов химической промышленности // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-12: Молодежь в науке – инновационный потенциал будущего». – Астана, 2016. – Т. 1, ч. 3. – С. 235-237.
- [6] Chen C., Habert G., Bouzidi Y., Jullien A., Ventura A. LCA allocation procedure used as an incitative method for waste recycling: An application to mineral additions in concrete // Resources, Conservation and Recycling. – 2010. – Vol. 54. – P. 1231-1240.
- [7] Manjit Singh, Mridul Garg. Cementitious binder from fly ash and other industrial wastes // Cement and Concrete Research. – 1999. – Vol. 29. – P. 309-314.
- [8] Murtazaiev Said-Alvi Y., Lesovik V.S., Bataiev D.K., Chernysheva N.V., Saidumov M.S. Fine-Grained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation // Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9, N 4. – P. 124-131.
- [9] Рахманкулов Д.Л., Шавшукова С.Ю., Даминев Р.Р., Бикбулатов И.Х. Микроволновое излучение и интенсификация химических процессов. – М.: Химия, 2003. – 220 с.
- [10] Бабин Л.И., Спектор Ю.И., Смирнов Ю.Ю. Экспериментальные исследования, термического закрепления грунтов на лабораторной установке СВЧ-энергии // Методические указания к лабораторным работам. – Уфа: УГНТУ, 1991.
- [11] Nefedov V.N., Mamontov A.V. The concrete treatment with the use of microwave radiation // Crimean conference "Microwave & telecommunication technology". – Sevastopol. – Crimea. – 6-12 September 2015. – P. 944-945.
- [12] Wang Wenbin, Mao Kai, Wang Ran, Wang Wenfei. Faming zhuanli shenqing // China, database: caplus. – 2015. – CN 105174787A. – 2015. – P. 1223.

REFERENCES

- [1] Ergozhin E.E., Bektenov N.A., Sadykov K.A., Baidullaeva A.K. Thermal and Thermogravimetric study soil-concrete based on Portland cement and industrial wastes. *Chemical Journal of Kazakhstan*. **2016**. N 4. P. 46-54.
- [2] Guoping Qian, Ph.D., Shiyao Bai, Suoji Ju and Tuo Huang. Laboratory Evaluation on Recycling Waste Phosphorus Slag as the Mineral Filler in Hot-Mix Asphalt. *Journal of Materials in Civi Engineering*. **2013**. July. Vol. 25. Issue 7.
- [3] Jan Bijen. Benefits of slag and fly ash. *Construction and Building Materials*. **1996**. Vol. 10. P. 309-314.
- [4] Turgumbayeva H.H., Lapshina I.Z., Beysekova T.I., Kerimbayeva I.N., Abdualyeva Z.U. Method of planning of rational composition a multicomponent mineral binders composition basing on man-made materials of zhambyl industrial hub. *Modern problems of science and education*. **2015**. N 10(1). P. 71-76
- [5] Sooronkulov S.J. Road construction waste from the chemical industry. *Materials of the Republican scientific-theoretical conference "Seyfullin reading-12: Youth in science - innovative potential of the future."* Astana in **2016**. Vol. 1, ch. 3. P. 235-237.
- [6] Chen C., Habert G., Bouzidi Y., Jullien A., Ventura A. LCA allocation procedure used as an incitative method for waste recycling: An application to mineral additions in concrete. *Resources, Conservation and Recycling*. **2010**. Vol. 54. P. 1231-1240.
- [7] Manjit Singh, Mridul Garg. Cementitious binder from fly ash and other industrial wastes. *Cement and Concrete Research*. **1999**. Vol. 29. P. 309-314.
- [8] Murtazaiev Said-Alvi Y., Lesovik V.S., Bataiev D.K., Chernysheva N.V., Saidumov M.S. Fine-Grained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation. *Modern Applied Science*. **2015**. Vol. 9, N 4. P. 124-131.
- [9] Rahmankulov D.L., Shavshukova S.Y., Daming R.R., Bikbulatov I.X. Microwaves and intensification of chemical processes. *M.: Chemistry*, **2003**. 220 p.
- [10] Babin L.I., Spector Y.I., Smirnov Y.Y. Experimental studies thermal zakrepleniya soil in a laboratory microwave energy. *Methodical instructions to laboratornym work. Ufa: UGNTU*. **1991**.
- [11] Nefedov V.N., Mamontov A.V. The concrete treatment with the use of microwave radiation. *Crimean conference "microwave & telecommunication technology". Sevastopol. Crimea. 6-12 September*. **2015**. P. 944-945.
- [12] Wang Wenbin, Mao Kai, Wang Ran, Wang Wenfei. Faming zhuanli shenqing. *China, database: caplus*. **2015**. CN 105174787A. P. 1223.

Н. А. Бектенов, Е. Е. Ергожин, К. А. Садыков, С. Б. Рыспаева.

«Ә. Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫ НЕГІЗІНДЕ ЖАҢА БЕТОН МАТЕРИАЛДАРЫН АЛУ

Аннотация. Өртүрлі энергетикалық және экологиялық проблемаларды шешу мақсатында өнеркәсіп, мұнай қалдықтарын қайта өңдеудің жаңа технологияларын табуы қажет етеді. Мұнай өндіруші және басқа да өнеркәсіп қалдықтарын, сонымен қатар арзан әрі қолжетімді шикізатты қайта өңдеу мәселесі өзекті болып табылады. Осыған байланысты көмірсутектердің және минералды шикізаттардың күрделі қосылыстары – мұнай және өнеркәсіп қалдықтарын (күл, шламдар, фосфор шлактары) химиялық өңдеу мен рационалды пайдалану мәселесі өзекті.

Ірі өндіріс аймақтары үшін басты мәселе – көп мөлшердегі қалдықтар мен қоршаған ортаның ластануы. Өртүрлі өндіріс орындарын зерттеу нәтижесінде, жаңа құрылыс материалдарын алуда техногенді шикізат пен қалдықтарды екіншілік қолдану айтарлықтай потенциалға ие екендігін көрсетті.

Біз дайындаған әдістер негізінде өртүрлі минералды материалдар мен өнеркәсіп қалдықтарын қолдану арқылы бетон материалдарының эксперименталды және бақылау үлгілері жобаланды. Алынған бетон үлгілерінің физика-химиялық және механикалық қасиеттері зерттелді. Бетон қоспасының оптималды құрамы табылды және жол құрылысында қолданылу мүмкіндігі қарастырылды.

Түйін сөздер: топырақбетон, бетон, фосфор шлагы, құрғақ шлам, өнеркәсіп қалдықтары, мазутпен лас-танған топырақ, жол құрылысы.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 132 – 142

M. I. Onayev, A. A. Ultarakova, M. A. Naymanbayev, Y. K. Markayev, K. K. Kasymzhanov

JSC “Institute of metallurgy and ore beneficiation”, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: ult.alma@mail.ru, e.markaev@gmail.com

**DETERMINATION OF THE OPTIMAL PROCESSING PARAMETERS
TITANOMAGNETITE CONCENTRATE MASALSKOE DEPOSIT**

Abstract. Establishing the optimum temperature and time conditions for recovery of Masalsky titanomagnetite concentrate (TMC), the choice of the composition of the charge, flux, while providing metallized roasting and subsequent magnetic separation selectivity and completeness of iron separation from the titanium-containing compounds and the slag constituents. The scope of application is the iron and steel industry. One of the main stages of titanomagnetite processing technologies are solid phase reductive roasting and wet magnetic separation in order to maximize the transfer of iron and vanadium to metallic fraction. Shubarkul special coke and anthracite are used as a solid reductants. Experiments were performed on the solid phase reductive roasting of Masalskoe TMC with Shubarkul special coke during 30, 60, 90, 120 minutes at various temperatures in the range of 1100-1500 °C. The composition of the blend: 78% TMC, 20% Shubarkul special coke, 2% molasses. After each roasting stage wet magnetic separation of crushed cinder of class – 0.1 mm was carried out with a magnetic field strength of 200 Oe. It was identified that an increase on the degree of metallization depends on extending of roasting time at a predetermined temperature and the roasting temperature.

Similar experiments on TMC recovery were carried out with the addition of soda in the same temperature range. The composition of the blend: 74% TMC, 20% Shubarkul special coke, 4% soda and 2% molasses. The addition of soda showed better results in metallization and iron coagulation during recovery roasting of titanomagnetite concentrate. Titanium extraction to the non-magnetic fraction was increased.

Studies on the solid phase reductive roasting of Masalskoe titanomagnetite concentrate with anthracite were held at 1450 °C with different amounts of sodium, 1.2 to 4.0%. It was found that increase in soda content in the mixture increases the degree of metallization from 85.5 to 98%. Determined temperature mode of reductive roasting yielded in increase of iron metallization. The content in the metallic fraction after magnetic separation of crushed cinder represented by class 0.1 mm: iron - 89.2, titanium - 0.22, of vanadium - 0.53%.

Keywords: titanomagnetite, metallic iron, vanadium, reductive roasting, calcine, magnetic separation.

УДК 669.1/2 3/295:622-15:622.788/7 621.928.8

М. И. Онаев, А. А. Ультаракова, М. А. Найманбаев, Е. К. Маркаев, К. К. Касымжанов

АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПЕРЕРАБОТКИ ТИТАНОМАГNETИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА
МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАСАЛЬСКОЕ**

Аннотация. Установление оптимальных температурно-временных условий восстановления Масальского титаномagnetитового концентрата (ТМК), выбор состава шихты, флюса, обеспечивающих при металлизующем обжиге и последующей магнитной сепарации селективность и полноту отделения железа от титаносодержащих соединений и шлаковых составляющих. Область применения является черная металлургия. Одними из основных стадий технологии переработки титаномagnetитов являются твердофазный восстановительный обжиг и мокрая магнитная сепарация с целью максимального перевода железа и ванадия в

металлизированную фракцию. В качестве твердого восстановителя использовали шубаркульский спецкокс и антрацит. Проведены опыты по твердофазному восстановительному обжигу масальского ТМК с шубаркульским спецкоксом с выдержкой 30, 60, 90, 120 мин при разных температурах в интервале 1100-1500 °С. Состав шихты: 78 % ТМК, 20 % шубаркульского спецкокса, 2 % мелассы. После каждого обжига проводилась мокрая магнитная сепарация измельченного огарка класса – 0,1 мм при напряженности магнитного поля 200 эрстед. Установлено, что увеличение степени металлизации зависит от увеличения выдержки при определенной температуре и температуры обжига.

Аналогичные опыты по восстановлению ТМК были проведены с добавлением соды при таком же интервале температур. Состав шихты: 74 % ТМК, 20 % шубаркульского спецкокса, 4 % соды и 2 % мелассы. При добавлении соды восстановительный обжиг титаномагнетитового концентрата показал лучшие результаты по металлизации и коагуляции железа. В немагнитную фракцию повышалось извлечение титана.

Исследования по твердофазному восстановительному обжигу масальского титаномагнетитового концентрата с антрацитом были проведены при температуре 1450 °С с различным количеством соды от 1,2 до 4,0 %. Установлено, что при повышении содержания соды в шихте повышается степень металлизации с 85,5 до 98 %. Подобранный температурный режим восстановительного обжига позволил получить повышение металлизации железа. Содержание в металлизированной фракции, после магнитной сепарации измельченного огарка, представленной классом +0,1 мм: железа - 89,2, титана – 0,22, ванадия – 0,53 %.

Ключевые слова: титаномагнетит, металлическое железо, ванадий, восстановительный обжиг, огарок, магнитная сепарация.

Введение. Рудные титаномагнетитовые концентраты (ТМК) по содержанию диоксида титана подразделяются на бедные (до 4 % TiO_2) и высокотитанистые (~ 10 % TiO_2). Восстановительную плавку бедных ТМК с получением ванадиевого чугуна с 0,3-1,5 % V ведут в доменных печах (Россия, Китай). Ванадиевый чугун перерабатывают далее до стали дуплекс-процессом с получением ванадиевых шлаков.

В настоящее время в России ванадиевую продукцию получают доменной плавкой на Нижне-Тагильском металлургическом комбинате (НТМК) и Чусовском металлургическом заводе (ЧусМЗ) при переработке титаномагнетитов Качканарского месторождения. Содержание TiO_2 в агломерате 2,6 %, в доменных шлаках – 10-12 %, из которых титан не извлекают. Предприятие «ВанадийТулаЧерМет» перерабатывает ванадиевый шлак НТМК с получением пентаоксида ванадия и феррованадия.

Плавка в доменных печах НТМК окатышей и агломерата, офлюсованных до основности 1,2-1,3 ед, показала, что при этом не устраняется одна из главных трудностей плавки титаномагнетитов – образование тугоплавких карбонитридов титана на поверхности кокса, в гарнисаже и в шлаковом расплаве. Заращение коксовой насадки и затрудненный транспорт продуктов плавки при выпуске приводят к снижению газопроницаемости столба шихты и неритмичной работе печей [1-3].

В связи с истощением запасов богатых железных руд титаномагнетиты станут в будущем основным источником железорудного сырья. Данные руды обладают рядом преимуществ – они легкообогатимы, содержат малое количество вредных примесей (фосфор и сера). К непосредственно железорудному сырью относятся титаномагнетитовые руды, в которых содержание TiO_2 не более 2 %. Это Гусевогорское и Качканарское месторождения в России. К этой категории можно отнести титаномагнетитовые руды Теминбулакского (Республика Узбекистан), Масальского и Велиховского месторождений (Казахстан) [4].

С развитием технологии твердофазной металлизации рудоугольных окатышей из железорудного сырья вначале металлизацию проводили во вращающихся трубчатых печах (способ СЛ-РН, способ Круппа, способ завода «Сибэлектросталь») [5, 6]. Основными недостатками этих способов являются: высокая энерго- и фондоемкость; низкая (не более 85 %) степень металлизации железа в результате образования твердых растворов FeO с низшими оксидами титана; большая вероятность «закозления» печи; трудности магнитной сепарации спеков в результате прорастания тонкодисперсного железа в шлаковую фазу; разрушение окатышей в процессе переработки. Для предотвращения разрушения окатышей и настывлеобразования, снижения удельного расхода топлива и повышения производительности был внедрен процесс металлизации рудоугольных окатышей на конвейерной обжиговой машине колосникового типа с регулируемой по составу газовой атмосферой. Металлизация происходит за счет твердого углерода при 1200-1250 °С, нагрев – за счет сжигания природного газа и фильтрации теплоносителя через слой окатышей. В результате низкой

температуры, степень металлизации достигается не более 70 %, металлизированный продукт, минуя магнитную сепарацию, направляется в горячем виде на разделительную электроплавку. Примером этого могут служить технологии, применяемые в ЮАР или Новой Зеландии.

Титаномагнетитовые руды ЮАР сравнительно богаты по железу и ванадию, поэтому целесообразной оказалась пирометаллургическая бескоксовая переработка. Содержание компонентов в руде, %: 54 Fe_{общ}, 1,7 V₂O₅, 13,2 TiO₂, 2,1 SiO₂. Мытую дробленную руду загружают в трубчатые вращающиеся печи типа СЛ-РН для предварительного восстановления до 50%. Полувосстановленный продукт используют для выплавки чугуна (1,4% V, 4,0 %С) в низкошахтных электропечах и последующего получения ванадиевого шлака продувкой чугуна кислородом во встряхиваемых ковшах. Ванадиевый шлак, с содержанием V₂O₅ около 25%, перерабатывается гидрометаллургическим способом на товарный пентаоксид ванадия, а металлический полупродукт с 3% С продувают в кислородных конвертерах на сталь. Для предварительного восстановления руды используется восемь трубчатых печей производительностью по 300 тысяч т/год. Для отопления печей и в качестве восстановителя используют местный битуминозный уголь с невысокой реакционной способностью и влажностью 3 %. Уголь содержит 54 % углерода связанного, 15 % золы, 0,6 % серы, 31 % летучих. Благодаря использованию горячего полувосстановленного продукта непосредственно в плавильных электропечах достигаются повышение производительности агрегатов и экономия электроэнергии.

Для переработки титаномагнетитовой руды в Новой Зеландии фирмой «Нью Зилэнд стил» в Гленбруке использована пирометаллургическая бескоксовая технология. Используют концентрат неглубокого обогащения титаномагнетитовых железистых песков с содержанием, %: 58 Fe_{общ}, 0,6 V₂O₅, 8,0 TiO₂, 3,4 SiO₂ 3,8 CaO и MgO. Исходный железорудный концентрат в смеси с местным суббитуминозным углем (с высоким содержанием летучих) загружают в многоподовую печь диаметром 7,2 м для подогрева и полукоксования угля. Печь обогревают путем сжигания летучих углей в воздухе, вдуваемом через сопла на нижних подах печи. Шихту подогревают до 600-650 °С, а в полукоксе остается около 10 % летучих. Затем шихту в горячем состоянии подают лотковым конвейером в трубчатую вращающуюся печь типа СЛ-РН диаметром 4 м и длиной 75 м. Остаточных летучих полукокса и газообразных продуктов восстановления железа оказалось достаточно для отопления трубчатой печи путем сжигания их вдуваемым воздухом без подачи дополнительного топлива. Учитывая благоприятный состав концентрата по основности, использование десульфуратора в трубчатой печи не предусмотрено. При максимальной температуре печи 1200 °С получают металлизированный на 85-90 % продукт, содержащий до 0,03 % S, до 0,08 % P и 0,6 % С. Этот продукт получают грохочением и магнитной сепарацией после охлаждения в барабанном охладителе до 100 °С. Выделенный металлизированный продукт с 0,7 % V₂O₅ в количестве 165 тысяч т/год затем используют для выплавки стали в дуговых электропечах. Сведений об использовании ванадия, содержащемся в металлизированном продукте, не имеется [7].

Известна двухстадийная технология плавки титаномагнетитов, которая была разработана в ИМЕТ УрО РАН. Она состоит из каскада двух трубчатых печей, в первой из которых идет процесс металлизации, а во второй, короткой печи роторного типа, – быстрый нагрев металлизированных окатышей до температуры выплавки железа и пиропластичности шлака (1300-1400 °С). Горячие газы из роторного типа печи используются для нагрева шихтовых материалов в восстановительной печи. Чугун из печи выпускается периодически, шлак – непрерывно через разгрузочный порог. Вероятность настыеобразования удается снизить путем загрузки металлизированных окатышей на слой с быстрым их прогревом до температур выплавления чугуна, но полностью это явление исключить не удается.

Для исключения спекания гранул и «закозления» печи с 90-х годов начал отработываться процесс получения губчатого железа (ГЖ) на пилотной установке печи с вращающимся подом (ПВП) в техническом центре фирмы «Midrex» в США (процесс FASTMET). Рудоугольные окатыши после сушки загружали на вращающуюся подину печи слоем в 1-3 окатыша, где они при температуре 1290-1345 °С за один оборот печи восстанавливались до железа на 85-95 %, частично науглероженного с образованием Fe₃C. [8, 9].

Один из перспективных вариантов двухстадийного процесса был разработан японской компанией «Kobe Steel», названный ITmk-3 и являющийся комбинацией технологии FASTMET и

электродуговой печи. Рудоугольные окатыши непрерывно загружаются на углеродистую постель вращающегося пода карусельной печи, где они за один оборот проходят все стадии обработки: нагрев, металлизацию, шлакообразование, плавление, довосстановление, коагуляцию чугуна и охлаждение. Шлаковая фаза образуется и нагревается медленнее металлической и после достижения ею пиропластического состояния расплавленный восстановленный металл быстро коагулирует. Весь процесс длится около 12 минут. После затвердевания и охлаждения образуются так называемые «железные пельмени» (наггеты), которые выгружают через окно выдачи, грохочением отделяют от них оборотный уголь, измельчают, сепарируют, и чугун направляют в электроплавку на сталь. Наггетами считают чугунные гранулы диаметром более 2 мм, хорошим результатом – выход наггетов 100 % от загружаемого с шихтой железа. Выход, превышающий 100 %, говорит о наличии в наггетах примесей (углерода, шлака, легирующих элементов) [9].

Устойчивая тенденция увеличения выплавки высококачественной стали в электропечах и возрастания дефицита металлолома требуют вовлечения в производство его заменителей – железа прямого получения. Металлизация титаномагнетитов особенно перспективна в связи с содержанием в них ванадия, степень извлечения которого при внедоменной переработке почти в два раза выше, чем по схеме «доменная печь – конвертер» [10, 11].

При восстановительно-металлизирующем обжиге оксид титана частично восстанавливается с образованием низших оксидов. Низшие оксиды титана хорошо растворяют ильменит, что затрудняет восстановление остаточных количеств железа. Кроме того, низшие оксиды титана весьма тугоплавки, шлаки с большим содержанием последних характеризуются повышенной температурой плавления. Все это указывает на то, что процессы восстановления титаномагнетитовых концентратов следует проводить так, чтобы разделить процессы восстановления железа и образования шлакового расплава.

Цель данной работы – установление оптимальных температурно-временных условий восстановления Масальского концентрата, выбор состава шихты, флюса, обеспечивающих при металлизующем обжиге и последующей магнитной сепарации селективность и полноту отделения железа от титансодержащих соединений и шлаковых составляющих.

Методика проведения эксперимента. Объектом исследований являлся титаномагнетитовый концентрат (ТМК) Масальского месторождения, имеющий следующий состав, масс. %: 65,2 Fe, 1,1 Ti, 0,4 V, 3,17 SiO₂, 1,8 Al₂O₃, 1,1 MgO, 1,13 CaO, 0,082 K₂O, 0,12 Mn, 0,15 Na₂O, 0,089 P₂O₅, 0,046 SO₃, 0,025 ZnO, 0,077 Cr₂O₃. В качестве углеродсодержащего восстановителя использовали шубаркульский спецкокс и антрацит. Технические характеристики: шубаркульского спецкокса, %: 72,3 C, 17,9 влага, 5,8 летучие, 4,0 зола; антрацита, %: 87,0 C, 0,46 влага, 6,32 летучие, 6,22 зола. В качестве связующего использовали мелассу (отход свеклосахарного производства) в количестве 1 % от массы концентрата, а в качестве катализатора – кальцинированную соду марки «хч». Из шихты готовили брикеты, которые формировались с помощью ручного таблетпресса. Полученные брикеты имели цилиндрическую форму диаметром 15 мм и высотой 18 мм, обладали удовлетворительной прочностью за счет сушки при температуре 100-110 °С. Уменьшение остаточной влажности с 2 до 1 % позволяет увеличить прочность брикетов почти в два раза, однородность шихты улучшает ее пластичность. Твердофазный восстановительный обжиг проводили в камерной печи фирмы «Keji» (Китай). Нагрев до определенной температуры, выдержка в течение (30, 60, 90, 120) мин и охлаждение печи проводились в атмосфере аргона. Нагрев производили со скоростью 15 градусов в мин.

Взвешенные брикеты помещали в графитовый тигель, на дно тигля укладывали постель из металлургического кокса навеской 4 г, сверху закрывали графитовой крышкой с отверстием для выхода газов. Графитовый тигель ставили в печь. После восстановительного обжига огарок измельчали и пропускали через сито 0,1 мм. Класс +0,1 мм был представлен металлической фракцией восстановленного железа. Класс -0,1 мм направляли на мокрую магнитную сепарацию.

Исследования по магнитному фракционному анализу концентрата проводили на универсальном электромагните УЭМ-1Т, который предназначен для разделения минералов сухим и мокрым методами в магнитном поле. Прибор состоит из электромагнита с автотрансформатором и выпрямителем тока, помещенными в дюралюминиевый корпус. В комплект аппарата входят набор сменных полюсных наконечников, предназначенных для выделения сильно-, слабо- и среднемагнитных

минералов, а также приставка для сепарации «мокрым» методом. Принцип действия прибора основан на разделении минеральных проб с различными магнитными свойствами с помощью электромагнитного поля, создаваемого электромагнитом. В зависимости от магнитной восприимчивости исследуемых минералов, устанавливалась определенная сила тока и тем самым создавалась необходимая напряженность поля между полюсными наконечниками магнита. Напряженность магнитного поля составляла 200 эрстед.

Продукты карботермического восстановительного обжига масальского ТМК и мокрой магнитной сепарации сдавались на химический и рентгенофлуоресцентный анализы.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Изучение кинетических закономерностей и конверсии компонентов при термическом восстановлении масальского ТМК имеет теоретическое и практическое значение. Задачей процесса восстановления является полное или частичное удаление кислорода из оксида. Для характеристики получаемого продукта определяли степень восстановления магнетита. Степень восстановления – это количество отнятого у оксида металла в процессе восстановления кислорода к количеству его в исходном сырье. Степень восстановления железа рассчитывалась по формуле $\varepsilon = \text{Fe}_{\text{восст}} / \text{Fe}_{\text{исх}} \cdot 100\%$, где $\text{Fe}_{\text{восст}}$ – содержание восстановленного железа в обожженном брикете, $\text{Fe}_{\text{исх}}$ – содержание железа в исходном брикете.

Исходным материалом для исследования служили титаномагнетитовый концентрат Масальского месторождения, шубаркульский спецкокс.

Твердофазный восстановительный обжиг масальского ТМК проводили с шубаркульским спецкоксом с различной продолжительностью опыта при одной соответствующей температуре. Температуры брались в интервале 1100-1500 °С. Выдержка при определенной температуре составляла 30, 60, 90, 120 мин. Шихта состояла из 78 % титаномагнетитового концентрата, 20 % шубаркульского спецкокса, 2 % мелассы.

Результаты опытов по восстановлению масальского ТМК шубаркульским спецкоксом представлены на рисунке 1.

При восстановительном обжиге титаномагнетитового концентрата при температуре 1100 °С с выдержкой 30, 60, 90, 120 мин. была определена степень металлизации или восстановления железа 85,5; 85,9; 86 и 86,4 % соответственно. После обжига огарки измельчались и просеивались через сито 0,1 мм. Класс +0,1 мм составлял 5% от огарка. Класс – 0,1 мм подвергался мокрой магнитной сепарации. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию увеличивалось от 90,3 до 95,04 %, ванадия от 89,4 до 92,8 %, титана от 81,2 до 85,2 %.

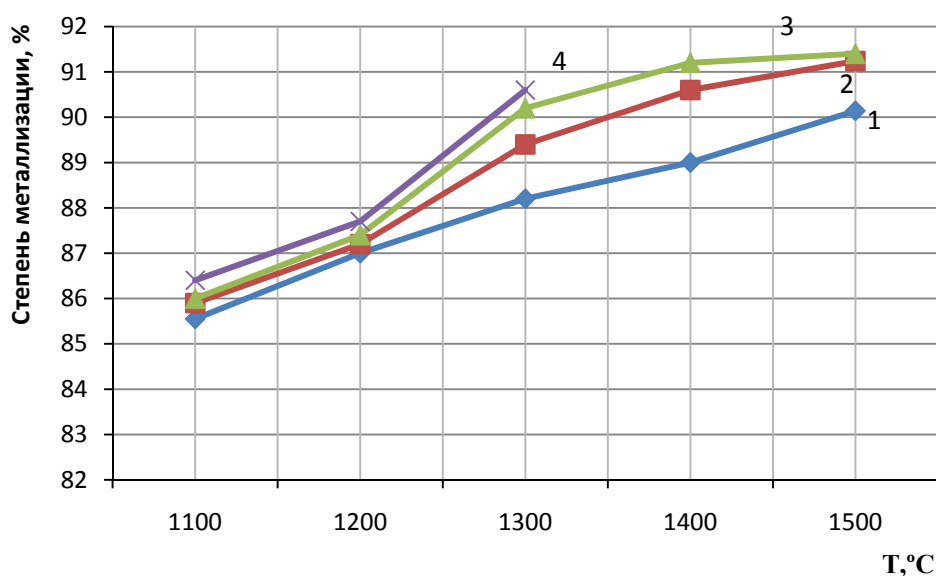


Рисунок 1 – Влияние температуры на степень восстановления оксида железа масальского ТМК при разном времени выдержки: 1 – выдержка 30 мин, 2 – выдержка 60 мин, 3 – выдержка 90 мин, 4 – выдержка 120 мин

Figure 1 – The effect of temperature on the degree of reduction of iron oxide of Masalskoe TMC at different hold time: 1 – holding time 30 min, 2 – holding time 60 min, 3 – holding time 90 min, 4 – holding time 120 min

Восстановительный обжиг ТМК при температуре 1200 °С был также проведен с выдержкой 30, 60, 90, 120 мин, для каждой выдержке определялась соответственно степень металлизации железа 87,0; 87,2; 87,4 и 87,7 %. Класс +0,1 мм составлял 7% от огарка. С увеличением продолжительности выдержки извлечение железа в магнитную фракцию повышалось от 93,9 до 95,8 %, ванадия от 92,9 до 95,6 %, титана от 86,8 до 93,4 %.

Проведенный восстановительный обжиг ТМК при температуре 1300 °С с выдержкой 30, 60, 90, 120 мин характеризовался степенью металлизации железа 88,2; 89,4; 90,2 и 90,6 % соответственно. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию составляло от 94,9 до 56,5 %, ванадия от 95,2 до 75,8 %, титана от 90,5 до 73,9. Класс +0,1 мм составлял 15 % от огарка. При данной температуре в магнитной фракции стали появляться гранулы диаметром 0,5-1 мм.

При восстановительном обжиге титаномагнетитового концентрата при температуре 1400 °С с выдержкой 30, 60, 90 мин, степень металлизации железа составила 89,0; 90,6 и 91,7 % соответственно. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию увеличивалось от 87,1 до 89,6 %, ванадия от 87,6 до 78,9 %, титана от 77,9 до 82,5 %. Класс +0,1 мм составлял 20 % от огарка. При данной температуре появилась магнитная фракция свыше 1 мм. При продолжительности 120 мин огарок образовывался в виде трудноразделимой спекшейся массы.

Обжиг проводился также при температуре 1500 °С с выдержкой 30, 60, 90 мин. Степень металлизации железа при этих опытах составила 90,14; 91,24 и 92,1 % соответственно. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию увеличилось от 88,6 до 90,2 %, ванадия от 86,2 до 87,5 %, титана от 84,8 до 87,6 %. При данной температуре магнитная фракция состояла на 50% из гранул диаметром 1-2 мм. При продолжительности 120 мин огарок образовывался в виде трудноразделимой спекшейся массы. Наибольшая степень металлизации железа составила 91,7 % при выдержке 90 мин температуры 1400°С, 91,2 при выдержке 60 мин температуры 1500°С.

Из литературных источников известны каталитические свойства соды на восстановительный обжиг железотитаносодержащего сырья. Сода действует и как флюс, снижающий вязкость шлака [12]. Влияние добавок соды при твердофазном восстановлении бедного титаномагнетитового концентрата водородом в интервале температур 700-1200 °С показало, что на завершающей стадии процесса (т.е. при 1200 °С) Na_2O расходуется главным образом на связывание SiO_2 в алюмосиликаты с вытеснением из силикатной фазы FeO , MgO , CaO , что приводит к ускорению восстановления железа, а избыток Na_2O образует с TiO_2 титанаты натрия [13].

При восстановительном обжиге титаномагнетитового концентрата в присутствии восстановителя и соды магнетит и гематит образуют легкоплавкие ферриты натрия, которые восстанавливаются до вюститита и металлического железа, тем самым способствуя коагуляции восстановленного железа в более крупную фракцию и последующего его отделения от оксидной части. Магнетит хорошо восстанавливается углеродом и оксидом углерода. Ильменит и оксиды титана также восстанавливаются углеродом, образуя низшие оксиды титана.

Сода, взаимодействуя с ильменитом и диоксидом титана, образует тугоплавкие титанаты натрия, которые остаются в шлаке [14]. Восстановление железа протекает в основном через феррит натрия и оксид железа. При этом наряду с металлическим железом в системе образуются силикаты, алюминаты, алюмосиликаты, ванадаты, переходящие также в титаносодержащий шлак [15].

Были проведены аналогичные опыты, приведенным выше кинетическим исследованиям масальского титаномагнетитового концентрата по восстановительному обжигу, с добавлением соды при температурах 1100, 1200, 1300, 1400 и 1500 °С. Шихта состояла из 74 % титаномагнетитового концентрата, 20 % шубаркульского спексокса, 4 % соды и 2 % связующего. Определялась степень металлизации железа. После обжига огарки измельчались и просеивались через сито 0,1 мм. Класс – 0,1 мм подвергался мокрой магнитной сепарации. Результаты опытов представлены на рисунке 2.

При восстановительном обжиге титаномагнетитового концентрата при температуре 1100 °С с выдержкой 30, 60, 90, 120 мин была определена степень металлизации или восстановления железа 85,5; 86,8; 87,4 и 88,2 % соответственно. Класс +0,1 мм составлял 8% от огарка. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию варьировалось от 87,3 до 96,9 %, ванадия от 85,1 до 96,8 %, титана от 86,6 до 88,7 %.

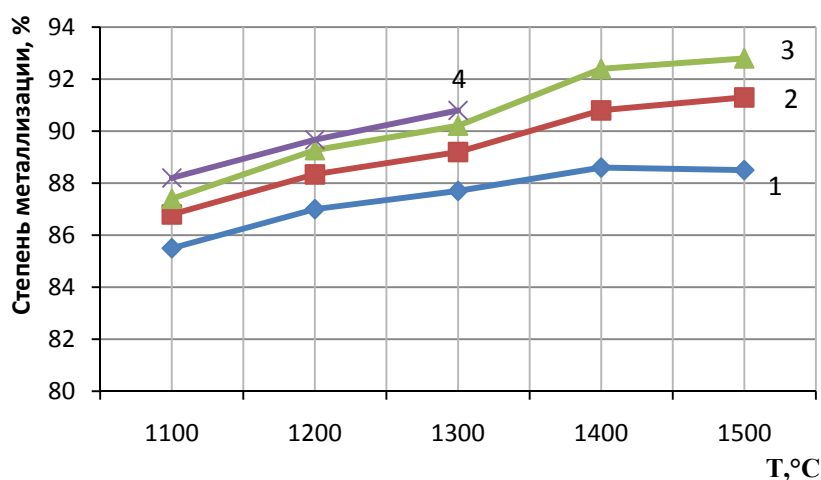


Рисунок 2 – Влияние температуры на степень восстановления оксида железа масальского ТМК при разном времени выдержки: 1 – выдержка 30 мин, 2 – выдержка 60 мин, 3 – выдержка 90 мин, 4 – выдержка 120 мин

Figure 2 - The effect of temperature on the degree of reduction of iron oxide of Masalskoe TMC at different hold time: 1 – holding time 30 min, 2 – holding time 60 min, 3 – holding time 90 min, 4 – holding time 120 min

Восстановительный обжиг ТМК при температуре 1200 °С был также проведен с выдержкой 30, 60, 90, 120 мин, для каждой выдержки определялась соответственно степень металлизации железа 87; 88,3; 89,3 и 89,7 %. Класс +0,1 мм составлял 12% от огарка. С увеличением продолжительности выдержки извлечение железа в магнитную фракцию составляло от 87,0 до 96,5 %, ванадия от 87,3 до 97,4 %, титана от 88,5 до 95,8 %.

Проведенный восстановительный обжиг ТМК при температуре 1300 °С с выдержкой 30, 60, 90, 120 мин характеризовался степенью металлизации железа 87,7; 89,2; 90,2 и 90,8 % соответственно. Класс +0,1 мм составлял 17 % от огарка. При данной температуре в магнитной фракции стали появляться частицы восстановленного железа диаметром 0,5-1,0 мм, причем ее было больше, чем при обжиге без соды. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию варьировалось от 94,2 до 70,4 %, ванадия от 84,6 до 81,7 %, титана от 77,5 до 79,7 %.

Восстановительный обжиг титаномагнетитового концентрата проводили при температуре 1400 °С с выдержками 30, 60, 90 мин. Степень металлизации железа данных опытов составила 88,6; 90,8 и 92,4 % соответственно. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию увеличивалось от 87,1 до 89,6 %, ванадия от 78,9 до 87,6 %, титана от 77,9 до 82,5 %. Класс +0,1 мм составлял 24 % от огарка. При данной температуре появились частицы железа диаметром более 1 мм. При выдержке 120 мин титаномагнетитовый концентрат сильно оплавился и полученный огарок представлял собой трудноразделяемую спекшуюся фазу.

Восстановительный обжиг титаномагнетитового концентрата при температуре 1500 °С с выдержкой 30, 60, 90 мин. Степень металлизации или восстановления железа данных опытов составила 88,5; 91,3 и 92,8 % соответственно. С увеличением продолжительности опыта извлечение железа в магнитную фракцию варьировалось от 92,8 до 94,9 %, ванадия от 93,5 до 93,2 %, титана от 84,8 до 89,6 %. Класс +0,1 мм составлял 28 % от огарка. При данной температуре магнитная фракция состояла из частиц железа от 0,1 до 1 мм и нескольких более укрупненных частиц выше 2 мм. При выдержке 120 мин полученный огарок представлял собой трудноразделяемую спекшуюся фазу.

Ранее нами были проведены исследования по восстановительному обжигу масальского тмк с шубаркульским углем и антрацитом, где было показано, что степень металлизации с шубаркульским углем была выше до температуры 1200 °С. При высоких температурах, начиная с 1000 °С, антрацит начинает интенсивнее восстанавливать железо из титаномагнетита, также сказывается каталитическое действие соды. Начиная с температуры 1100 °С появились более крупные скоагулированные частицы железа сферической формы, а при температуре 1400 °С получили металлические гранулы диаметром 4-7 мм. По всей вероятности при температуре 1200 °С и выше

восстановление шихты обеспечивает диффузию щелочного агента и восстановителя на всю глубину брикета. При этом происходит восстановление оксидов железа до металлического состояния с образованием частично восстановленной реакционной массы в виде спека и формирование глобул металлического железа [16].

Для определения влияния типа углеродсодержащего восстановителя на степень металлизации железа при обжиге, укрупнение металлизированной фазы и определения оптимального содержания соды в шихте была проведена серия опытов по твердофазному восстановительному обжигу масальского титаномагнетитового концентрата с антрацитом при температуре 1450 °С с различным количеством соды от 1,2 до 4,0 %.

Подбор температурного режима проведения обжига в печи был следующим: сначала нагревали до 900 °С и выдерживали в течение 60 мин, затем температуру поднимали до 1450 °С и выдерживали в течение 20 мин. Шихта состояла из 78,4 ТМК, 16,6 антрацита, 1,2-4,0 соды и 1,0 % мелассы. Результаты восстановительного обжига масальского титаномагнетитового концентрата с антрацитом и разным количеством соды при температуре 1450 °С приведены на рисунке 3. Опытами было установлено, что при температуре выше 1450°С начинается плавление шлакообразующих и железо теряется переходя в шлак, при этом степень металлизации железа снизилась на 3-5%.

При повышении содержания соды в шихте с 1,2 до 4,0 % повышается степень металлизации с 85,5 до 98 %. Подобранный температурный режим восстановительного обжига позволил получить укрупненную металлическую фазу восстановленного железа. При содержании соды в шихте 4 % степень металлизации железа составляет 98 %. Содержание в металлизированной фракции, представленной классом +0,1 мм: железа - 89,2, титана – 0,22, ванадия – 0,53 %.

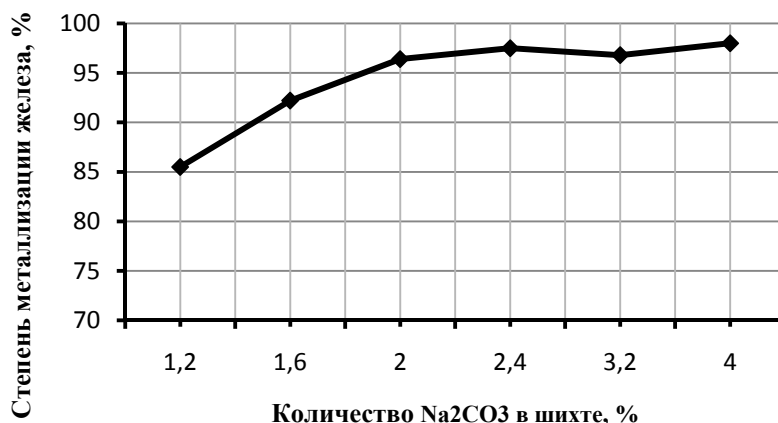


Рисунок 3 – Зависимость степени металлизации железа при восстановительном обжиге масальского ТМК антрацитом от различного количества соды в шихте при температуре 1450 °С

Figure 3 – The dependence of the degree of iron metalization during reductive roasting of Masalskoe TMC with anthracite from different amounts of soda in the charge at a temperature of 1450 °С

Выход огарка -0,1 мм класса при содержании соды в шихте 1,2 % составил 12,97 %, при содержании соды в шихте 1,6 % составил 16,3 %, содержании соды в шихте 2,0 % составил 12,3 %, содержании соды в шихте 2,4 % составил 11,42 %, содержании соды в шихте 3,2 % составил 11,2 %, содержании соды в шихте 4 % составил 13,2 %. С увеличением количества соды в шихте содержание титана в шлаковой части огарка увеличивалось.

На рисунке 4 показана металлизированные гранулы, получившиеся при восстановительном обжиге масальского ТМК с антрацитом и различным содержанием соды. При содержании соды в шихте 2 и 4 % железо хорошо скоагулировалось и выделилось в отдельную фазу. Результаты магнитной сепарации огарка класса -0,1 мм восстановительного обжига масальского концентрата с антрацитом и различным количестве соды при температуре 1450°С приведены в таблице.

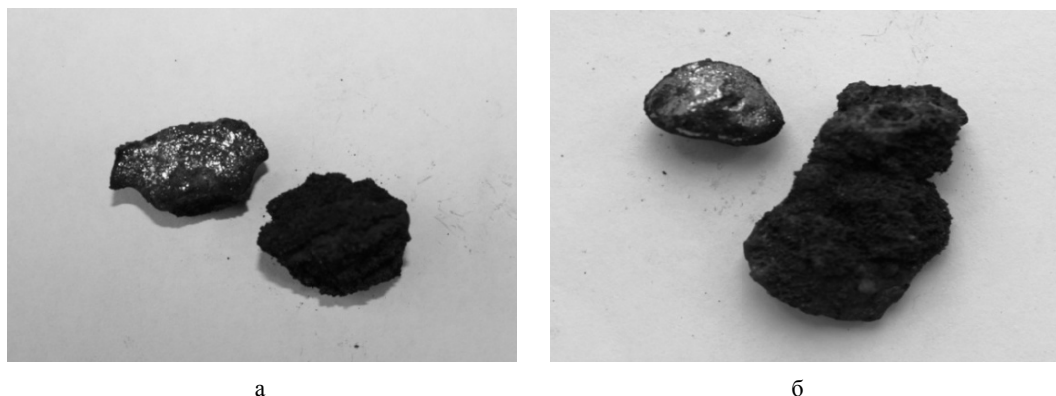


Рисунок 4 – Металлизированные гранулы железа после восстановительного обжига масальского ТМК с антрацитом при различном составе соды в шихте, температура обжига 1450 °С: а – 2,0 %, б – 4 % Na₂CO₃

Figure 4 - Metallic iron pellets of Masalskoe TMC after reductive roasting with anthracite with different composition of soda in the charge, the roasting temperature 1450 °C: a – 2,0 %, b – 4 % Na₂CO₃

Результаты мокрой магнитной сепарации огарков после обжига масальского титаномагнетитового концентрата с антрацитом и разным количестве соды при температуре 1450°С

Results of wet magnetic separation of cinders after roasting of Masalskoe TMC with anthracite, and different quantities of soda at temperature 1450 °C

Наименование продуктов	Количество соды Na ₂ CO ₃ , %	Выход		Fe, %		Ti, %		V, %		Степень металлизации Fe, %
		г	%	Со-держ	Из-влеч	Со-держ	Из-влеч	Со-держ	Из-влеч	
Магнит. фракция	1,2	1,04	49,5	30,2	78,7	6,3	89,22	0,27	59,8	85,5
Немагн. фракция		1,06	50,5	8,0	21,3	4,7	10,78	0,17	40,2	
Итого:		2,1	100	18,9	100	22,02	100	21,95	100	
Магнит. фракция	1,6	1,3	52	35,4	81,2	4,6	51,5	0,4	68,4	92,2
Немагн. фракция		1,2	48	8,9	18,8	4,7	48,5	0,2	31,6	
Итого:		2,5	100	22,68	100	4,65	100	0,304	100	
Магнит. фракция	2,0	0,8	44,4	35,0	78,2	4,9	43,9	0,37	63,5	96,4
Немагн. фракция		1,0	55,6	7,8	21,8	5,0	56,1	0,17	36,5	
Итого:		1,8	100	19,88	100	4,95	100	25,88	100	
Магнит. фракция	2,4	1,07	57,2	32,0	83,4	5,2	63,5	0,46	75,5	97,5
Немагн. фракция		0,8	42,8	8,5	16,6	4,0	36,5	0,2	24,5	
Итого:		1,87	100	21,94	100	4,68	100	0,35	100	
Магнит. фракция	3,2	0,8	47,0	30,7	80,5	4,6	43,0	0,34	69,9	96,8
Немагн. фракция		0,9	53,0	6,6	19,5	5,4	57,0	0,13	30,1	
Итого:		1,7	100	17,93	100	5,02	100	0,23	100	
Магнит. фракция	4,0	0,85	41,5	32,4	79,9	5,0	34,6	0,32	69,4	98,0
Немагн. фракция		1,2	58,5	5,8	20,1	6,7	65,4	0,1	30,6	
Итого:		2,05	100	16,84	100	5,99	100	0,19	100	

С увеличением количества соды в шихте при обжиге извлечение титана в немагнитную фракцию при сепарации увеличивается, также повышается извлечение ванадия в магнитную фракцию.

Выводы. При твердофазном карботермическом восстановлении масальского титаномагнетитового концентрата и последующей магнитной сепарации огарка выявлены следующие закономерности: с увеличением температуры обжига увеличивается степень металлизации железа; добавление соды катализирует процесс восстановления масальского титаномагнетитового концентрата и одновременно увеличивает металлизацию железа; ванадий в основном переходит в металлическую фракцию.

Установлен температурный режим восстановительного обжига масальского титаномагнетитового концентрата: нагрев до 900°С и выдержка в течение 60 минут, подъем температуры до 1450°С и выдержка в течение 20 мин.

Определен оптимальный состав шихты для обжига титаномагнетитового концентрата: 78,4% ТМК, 16,6% антрацита, 4% соды и 1% связующего, при этом степень металлизации железа составляет 98%. Выход металлических гранул от массы огарка составил 86,8%, а выход остатка, представленной классом -0,1 мм составил 13,2%. Содержание металлических гранул: железа – 89,2%, титана – 0,22%, ванадия – 0,53%.

Показано, что оптимальным параметром магнитной сепарации для эффективного разделения фракций является напряженность магнитного поля 200 эрстед. В данных условиях при магнитной сепарации класса -0,1 мм огарка выход магнитной фракции составил 41,5%, в котором содержание железа составило 32,4%, титана – 5,0%, ванадия – 0,32%, выход немагнитной фракции составил 58,5%, в котором содержание железа – 5,8%, титана – 6,7%, ванадия – 0,1%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Леонтьев Л.И., Ватолин Н.А., Шаврин С.В., Шумаков Н.С. Пирометаллургическая переработка комплексных руд. – М.: Metallurgia, 1977. – 432 с.
- [2] Зайко В.П., Жучков В.И., Леонтьев Л.И., Карноухов В.Н., Воронов Ю.И. Технология ванадийсодержащих ферросплавов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 515 с.
- [3] Смирнов Л.А., Дерябин Ю.А., Шаврин С.В. Metallургическая переработка ванадийсодержащих титаномагнетитов. – Челябинск: Metallurgia. Челябинское отделение, 1990. – 256 с.
- [4] Газалеева Г.И., Шихов Н.В., Сопина Н.А., Мушкетов А.А. Современные тенденции переработки титаносодержащих руд // Труды науч.-практич. конф. с международным участием и элементами школы для молодых ученых «Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР». – Екатеринбург, 2015. – С. 32-39.
- [5] Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Metallurgia железа: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464 с.
- [6] Усачев А.Б., Роменец В.А., Баласанов А.В. Управление процессом жидкофазного восстановления РОМЕЛТ // Черные металлы. – 2000. – № 8. – С. 10-14.
- [7] Ровнушкин В.А., Боковиков Б.А., Братчиков С.Б., Амдур А.М., Арзамасцев Е.И., Довгопол В.И., Михайликов А.С., Поволоцкий В.Ю., Тютюков С.А. Бескоксая переработка титаномагнетитовых руд. – М.: Metallurgia, 1988. – 247 с.
- [8] Юсфин Ю.С., Даньшин В.В., Базилевич Т.Н. Влияние содержания железа в связке на свойства окатышей // Сталь. – 1981. – № 3. – С. 9-11.
- [9] Леонтьев Л.И., Ватолин Н.А., Шаврин С.В., Шумаков Н.С. Пирометаллургическая переработка комплексных руд. – М.: Metallurgia, 1997. – 432 с.
- [10] Тлеугабдул С.М. Теоретические положения прямого производства стали восстановительной плавкой // Сталь. – М., 2003. – № 8. – С. 18-21.
- [11] Рошин В.Е., Асанов А.В., Рошин А.В. Возможности двухстадийной переработки концентратов титаномагнетитовых руд // Электrometallurgia. – 2010. – № 6. – С. 15-25.
- [12] Майоров Л.А. Пирометаллургическая технология получения чугуна и титанового шлака из Хибинского титаномагнетитового концентрата // Сб. материалов 7 Российской ежегодной конференции молодых научных сотрудников аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов». – М.: Интерконтакт Наука, 2010. – С. 420-421.
- [13] Садыхов Г.Б., Наумова Л.О., Резниченко В.А., Карязин И.А. Влияние соды на фазовые превращения при восстановлении титаномагнетитового концентрата водородом // Металлы. – 1994. – № 1. – С. 9-16.
- [14] Ультаракова А.А., Найманбаев М.А., Онаев М.И., Малдыбаев Г.К., Алжанбаева Н.А. Разработка технологии переработки титаномагнетитов с низким содержанием титана // Матер. 16 Межд. мультидисциплинарной научн. геоконф. SGEM 2016. – Албена, 2016. – С. 319-326.
- [15] Ализде З.И., Садыхов Г.Б. Термодинамика восстановления титаномагнетитовых концентратов природным газом с участием соды // КИМС. – 1986. – № 11. – С. 28-32.
- [16] Ультаракова А.А., Найманбаев М.А., Онаев М.И., Малдыбаев Г.К., Алжанбаева Н.Ш. Определение оптимальных условий восстановительного обжига и магнитной сепарации низкотитанистых титаномагнетитов // КИМС. – 2016. – № 1. – С. 37-47.

REFERENCES

- [1] Leont'ev L.I., Vatolin N.A., Shavrin S.V., Shumakov N.S. *Pirometallurgicheskaya pererabotka kompleksnykh rud* (Pyrometallurgical processing of complex ores). Moscow: Metallurgiya, 1977. 432 p. (in Russ.).
- [2] Zaiko V.P., Zhuchkov V.I., Leont'ev L.I., Karnoukhov V.N., Voronov Yu.I. *Tekhnologiya vanadiisoderzhashchikh ferrosplavov* (Technology vanadium ferroalloy). Moscow: IKTs «Akademkniga», 2004. 515 p. (in Russ.).
- [3] Smirnov L.A., Deryabin Yu.A., Shavrin S.V. *Metallurgicheskaya pererabotka vanadiisoderzhashchikh titanomagnetitov* (Metallurgical processing of vanadium titanomagnetite). Chelyabinsk: Metallurgiya. Chelyabinskoe otdelenie, 1990. 256 p. (in Russ.).
- [4] Gazaleeva G.I., Shikhov N.V., Sopina N.A., Mushketov A.A. *Sovremennye tendentsii pererabotki titanosoderzhashchikh rud* (Modern trends in the processing of titanium ore) Trudy nauch.-praktich. konf. s mezhdunarodnym uchastiem i elementami shkoly dlya molodykh uchenykh «Perspektivy razvitiya metallurgii i mashinostroeniya s ispol'zovaniem zavershennykh fundamental'nykh issledovaniy i NIOKR», Ekaterinburg. 2015. pp. 32-39. (in Russ.).
- [5] Yusfin Yu.S., Pashkov N.F. *Metallurgiya zheleza* (Iron metallurgy): uchebnik dlya vuzov. Moscow: IKTs «Akademkniga», 2007. 464 p. (in Russ.).

- [6] Usachev A.B., Romenets V.A., Balasanov A.B. *Upravlenie protsessom zhidkofaznogo vosstanovleniya ROMELT* (Managing the process of liquid-phase recovery ROMELT) *Chernye metally*. 2000. No.8. pp. 10-14. (in Russ.).
- [7] Rovnushkin V.A., Bokovikov B.A., Bratchikov S.B., Amdur A.M., Arzamastsev E.I., Dovgopol V.I., Mikhailikov A.S., Povolotskii V.Yu., Tyutyukov S.A. *Beskoksovaya pererabotka titanomagnetitovykh rud* (Cokeless processing titanomagnetite ores). Moskva «Metallurgiya», 1988. 247 p. (in Russ.).
- [8] Yusfin Yu.S., Dan'shin V.V., Bazilevich T.N. *Vliyanie sodernzhaniya zheleza v svyazke na svoistva okatyshei* (Effect of iron content in the bundle on the properties of the pellets). *Stal'*. 1981. no. 3. pp. 9 - 11. (In Russ.).
- [9] Leont'ev L.I., Vatolin N.A., Shavrin N.S., Shumakov N.S. *Pirometallurgicheskaya pererabotka kompleksnykh rud* (Pyrometallurgical processing of complex ores). Moscow: Metallurgiya, 1997. 432 p. (in Russ.).
- [10] Tleugabulov S.M. *Teoreticheskie polozeniya pryamogo proizvodstva stali vosstanovitel'noi plavkoi* (The theoretical position of direct production of steel smelting reduction). *Stal'*, Moscow, 2003. No. 8. pp. 18 – 21. (in Russ.).
- [11] Roshchin V.E., Asanov A.V., Roshchin A.V. *Vozможности dvukhstadiinoy pererabotki kontsentratoв titanomagnetitovykh rud* (Features a two-step processing of titanomagnetite ore concentrates). *Elektrometallurgiya*, 2010. No. 6, pp. 15-25. (in Russ.).
- [12] Maiorov L.A. *Pirometallurgicheskaya tekhnologiya polucheniya chuguna i titanovogo shlaka iz Khibinskogo titanomagnetitovogo kontsentrata* (Pyrometallurgical technology for producing iron and titanium slag from Khibina titanomagnetite concentrate). *Sbornik materialov 7 Rossiiskaya ezhegodnaya konferentsiya molodykh nauchnykh sotrudnikov aspirantov «Fiziko-khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh materialov»*. Moskva: Interkontakt Nauka, 2010. pp. 420-421. (in Russ.).
- [13] Sadykhov G.B., Naumova L.O., Reznichenko V.A., Karyazin I.A. *Vliyanie sodы na fazovye prevrashcheniya pri vosstanovlenii titanomagnetitovogo kontsentrata vodorodom* (Influence of soda on phase transformations in the reduction of titanomagnetite concentrate by hydrogen). *Metally*. 1994. No. 1. pp.9-16. (in Russ.).
- [14] Ul'tarakova A., Naimanbayev M., Onayev M., Maldybayev G., Alzhanbayeva N. *Development of technology for processing of titanomagnetite with low titanium content*. // *Materials of 16th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2016*. Albena, Bulgaria. 2016. V. 2. pp. 319-326. (in Eng.).
- [15] Alizade Z.I., Sadykhov G.B. *Termodinamika vosstanovleniya titanomagnetitovykh kontsentratoв prirodnyм gazom s uchastiem sodы* (Thermodynamics recovery titanomagnetite concentrates natural gas with soda). *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya, Alma-Ata*. No. 11. 1986. pp. 28-32. (in Russ.).
- [16] Ul'tarakova A.A., Naimanbaev M.A., Onaev M.I., Maldybaev G.K., Alzhanbaeva N.Sh. *Opredelenie optimal'nykh usloviy vosstanovitel'nogo obzhiga i magnitnoi separatsii nizkotitanistykh titanomagnetitov* (Determination of optimal conditions for reductive roasting and magnetic separation low-titanium titanomagnetites). *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya, Almaty*. 2016. No. 1. pp. 37-47. (in Russ.).

М. И. Онаев, А. А. Ультаракова, М. А. Найманбаев, Е. К. Маркаев, К. К. Касымжанов

АҚ «Металлургия және кен байыту орталығы», Алматы, Қазақстан

МАСАЛЬСКОЕ КЕНОРНЫНЫҢ ТИТАНМАГНЕТИТТІ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫН ҚАЙТА ӨНДЕУДІҢ ТИІМДІ ПАРАМЕТРІН АНЫҚТАУ

Аннотация. Күйінді құрайтын және құрамында титан бар қосындылардан темірді бөлудің толықтығын және келесі магниттік сепарация таңдаулылық және металдайтын күйінділер күйінде қамтамасыз ететін флюсті, шихта құрамын таңдау арқылы Масальское кенорнының титан магнетитті концентрациясының (ТМК) температура шарттарының тиімділігі анықталды. Қолдану аймағы караметаллургия болып табылады. Титан магнетитті қайта өңдеудің техникалық негізгі кезеңдерінің бірі ванадий мен темірді металданған фракцияға көп мөлшерде өткізу мақсатындағы магниттік сепарация және қатты фазалық тотықсыздай күйдіру болып табылады. Қатты тотықсыздағыш орнына Шубаркөл спецкокс және антрацитті қолдандық. 1100-1500 °С аралығындағы әртүрлі температурада, 30,60,90,120 мин ұстау, Шубаркөл спецкокс пен Масальское ТМК қатты фазалық тотықсыздай күйдіру тәжірибелері жүргізілді. Шихтаның құрамы: 78 % ТМК, 20 % Шубаркөл спецкокс, 2 % меласса. Әрбір күйдіруден кейін ұсақталған күйіндіні 0,1 мм класпен 200 эрстед магниттік алаңның кернеуімен сулы магнитті сепарация жүргізілді. Металдау дәрежесінің көбеюі белгілі температура мен күйдірудегі температураның ұстауының көбеюіне байланысты екені анықталды.

ТМК тотықсыздау бойымен ұқсас тәжірибелер соданы қосу арқылы тура сондай температура аралықтарындай жүргізілді. Шихтаның құрамы: 74 % ТМК, 20 % Шубаркөл спецкокс, 4 % сода және 2 % меласса. Сода қосумен жасалған титан магнетитті концентрациясын тотықсыздай күйдіру жақсы нәтиже көрсетті. Металлизация және темірді каогуляциялау бойынша магнитсіз фракцияда титанды алу жоғарлады.

Масальское титан магнетитті концентрациясын қатты фазалық тотықсыздай күйдіру зерттеулері антрацитпен 1450 °С температурада, әртүрлі көлемдегі содамен 1,2 тен 4,0 % жүргізілді. Соданың құрамы көбейгенде шихтада металлизацияның дәрежесі 85,5 тен 98 % көтеріледі. Алынған температура режимі тотықсыздай күйдіруде темір металлизациясын жоғары алуға мүмкіндік берді. Ұнтақталған күйіндінің таныстырылған класпен +0,1 мм, магнитті сепарациядан кейінгі металдау фракция құрамы: темір -89,2, титан – 0,22, ванадий – 0,53 %.

Түйін сөздер: титан магнетит, металдық темір, ванадий, тотықсыздай күйдіру, күйінді, магнитті сепарация.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 143 – 148

**B. K. Kenzhaliyev, S. V. Gladyshev, R. A. Abdulvaliyev, S. A. Omarova,
K. O. Beisembekova, A. I. Manapova, L. M. Imangalieva**Institute of Metallurgy and Ore beneficiation, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: rin-abd@mail.ru; a32745@gmail.com; k.o.beisembekova@mail.ru**ACTIVATION OF ASH SLAG WASTE
BEFORE CHEMICAL ENRICHMENT**

Abstract. Ash slag waste (ASW) is a complex mineral raw materials and is a major problem of its processing related to the high silicon oxide content, it is required to perform separation of parts of the silicon oxide before the chemical enrichment. Further success of the ASW with receiving of alumina and other appropriate products depends on the efficiency of operation of the enrichment. Famous process ways of preparation the ASW before the chemical enrichment usually include burning (from 500 up to 700°C) of the ASW for conversion of the silicon oxide to more dissoluble form. Mentioned burning method is an energy-intensive operation, therefore, a search of alternative ways is actual.

New method of preliminary activation of the ASW before the chemical enrichment, including it's processing with a solution of sodium hydrogen carbonate (containing 120 g/dm³ of NaHCO₃) have been described in this article. Physico-chemical studies of the ASW have been carried out before and after activation and this were changes in the phase composition, depending on the activation temperature. As a result of activation changes occur in the mineralogical and structural composition of the ASW, the chemical composition is not changed. Activation allows the degree of extraction of silicon oxide to increase into solution at the chemical enrichment from 20–30 to 68%, which significantly reduces the material flows of the further processing of the ASW.

Keywords: ash slage waste, activation, sodium hydrogen carbonate, silicon oxide.

УДК 669.7.018.672

**Б. К. Кенжалиев, С. В. Гладышев, Р. А. Абдулвалиев, С. А. Омарова,
К. О. Бейсембекова, А. И. Манапова, Л. М. Имангалиева**

Институт металлургии и обогащения, Алматы, Казахстан

**АКТИВАЦИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ
ПЕРЕД ХИМИЧЕСКИМ ОБОГАЩЕНИЕМ**

Аннотация. Золошлаковые отходы (ЗШО) являются комплексным минеральным сырьем, основная проблема их переработки связана с высоким содержанием оксида кремния, что определяет необходимость проведения операции отделения части оксида кремния при химическом обогащении. От эффективности операции обогащения зависит успех дальнейшей переработки ЗШО с получением глинозема и других попутных продуктов. Известные способы подготовки ЗШО перед химическим обогащением предусматривают проведение обжига при 500–700°C для перевода оксида кремния в более растворимую форму. Обжиг является энергоемкой операцией, поэтому поиск альтернативных приемов подготовки ЗШО является актуальной задачей.

Представлен новый способ предварительной активации ЗШО перед химическим обогащением, включающий обработку раствором гидрокарбоната натрия, содержащим 120 г/дм³ NaHCO₃. Проведены физико-химические исследования ЗШО до и после активации и установлены изменения фазового состава в зависимости от температуры процесса активации. В результате активации происходят изменения в минералогическом и структурном составе ЗШО, химический состав не меняется. Активация позволяет повысить степень извлечения оксида кремния в раствор при химическом обогащении от 20–30 до 68%, что значительно уменьшает материальные потоки дальнейших переделов переработки ЗШО.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, активация, гидрокарбонат натрия, оксид кремния.

Введение. Переработка золошлаковых отходов имеет важное экономическое и экологическое значение, поскольку они являются источником ухудшения окружающей среды, создают угрозу сельскохозяйственной деятельности, загрязняют водные и земельные ресурсы, а также воздушные бассейны, часто в количествах, превышающих нормы, представляют опасность для здоровья людей. Также, учитывая неизбежное сокращение природных ресурсов, со временем возрастает важность рециклинга и развитие технологий для вторичного использования отходов топливно-энергетического комплекса. Минеральные продукты, образующиеся при сжигании угля, могут превращаться в ценные товары [1-6]. В то же время ЗШО являются доступным и дешевым сырьем, так как не требуют затрат на разведку и добычу, являются дисперсным материалом.

Основная проблема переработки ЗШО обусловлена высоким содержанием оксида кремния и связанной с этим сложной структурой минеральной части, в основном представленной алюмосиликатами.

Комплексной переработке ЗШО на глинозем и попутные продукты, с предварительным химическим обогащением, посвящено большое количество работ [7- 10]. Экономическая эффективность химического обогащения золы определяется в основном стоимостью и возможностью реализации (ликвидностью) кремнийсодержащего продукта обогащения.

Разработан способ предварительной активации ЗШО в растворе гидрокарбоната натрия, позволяющий повысить эффективность извлечения оксида кремния при химическом обогащении, что значительно уменьшает материальные потоки дальнейших переделов переработки.

Результаты исследований. Для исследований была использована проба ЗШО от сжигания Экибастузского угля на ТЭС 2 г. Алматы. Проведен химический и рентгенофазовый анализ пробы ЗШО. Результаты химического анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический анализ пробы ЗШО

Table 1 – Chemical analysis of the sample of the ASW

Наименование	Содержание, %	Наименование	Содержание, %
Na ₂ O	0,94	V ₂ O ₅	0,02
K ₂ O	0,34	Ga ₂ O ₃	0,004
MgO	0,804	Cr ₂ O ₃	0,074
SiO ₂	44,2	CuO	0,006
Al ₂ O ₃	20,7	Co ₃ O ₄	0,014
P ₂ O ₅	0,33	ZnO	0,006
CaO	2,5	SrO	0,024
SO ₃	0,164	ZrO ₂	0,02
MnO	0,2	BaO	0,091
TiO ₂	0,98	Y ₂ O ₃	0,003
Fe ₂ O ₃	9,1	Rb ₂ O	0,003
		GeO ₂	0,003

Рентгенофазовый анализ исходного сырья и полученных продуктов проводили на дифрактометре D8 Advance (BRUKER), излучение α -Cu. Результат рентгенофазового анализа пробы ЗШО приведен в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2 – Полуколичественный рентгенофазовый анализ ЗШО

Table 2 – Semi-quantitative X-ray phase analysis of the ASW

Наименование	Формула	%
Силлиманит	Al ₂ SiO ₅	32,5
Муллит	Al(Al ₁₋₈₃ Si _{1,08} O _{4,85})	27,2
Геденбергит	CaFe+2Si ₂ O ₆	12,4
Кварц	SiO ₂	8,7
Гематит	Fe ₂ O ₃	6,7
п.п.п.		12,5

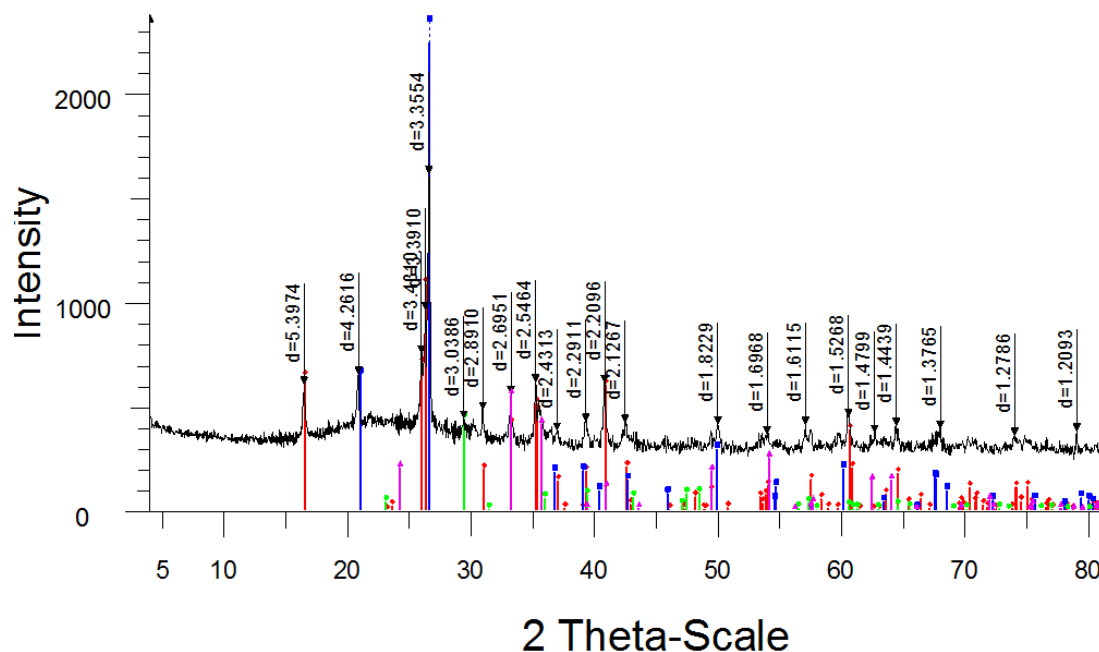


Рисунок 1 – Рентгенограмма ЗШО

Figure 1 – X-ray picture of the ASW

В результате ситового анализа ЗШО определено, что основная масса 57,5%, представлена классом крупности – 0,25+0,1 мм, содержание основных компонентов – SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂ в выделенных классах крупности почти одинаковое.

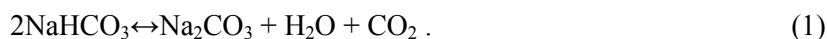
Содержание в ЗШО большого количества оксида кремния определяет необходимость перед гидрохимической переработкой проведения химического обогащения, которое происходит путем выщелачивания щелочным раствором с получением силикатного раствора и обедненного по кремнию концентрата.

При химическом обогащении ЗШО в раствор в первую очередь переходит избыточный кремнезем, а глинозем, в виде гидроалюмосиликата натрия, остается в кеке. Это связано с тем, что оксида кремния в золе больше чем требуется для образования щелочного гидроалюмосиликата.

Проведенные эксперименты показали, что при выщелачивании ЗШО в низкощелочном растворе (химическое обогащение) с содержанием Na₂O_{кв} 100 г/дм³ при температуре 100–150°C, Ж:Т = =5,0:1,0 и продолжительности 1-3 часа степень извлечения SiO₂ в раствор составляет 20,0–30,0%.

С целью увеличения эффективности процесса химического обогащения проведены исследования по предварительной активации ЗШО в результате которых разработан способ предварительной активации золы в растворе гидрокарбоната натрия с содержанием NaHCO₃ 100–150 г/дм³ при температуре 100–200°C в течение 60 мин. Условия активации предусматривают использование автоклава.

При температурах 60–200⁰С гидрокарбонат натрия разлагается по реакции (1):



В автоклаве все компоненты разложения и образования гидрокарбоната натрия находятся в объеме раствора в активной свежесформированной форме. Компоненты алюмосиликатного сырья при обработке вступают в реакцию с раствором, образуют водорастворимые гидрокарбонатные соли и выходят из минеральной структуры, далее за счет высокой температуры происходит их разложение с образованием менее растворимых карбонатов, которые служат основой образования новой, минеральной структуры.

Содержание в растворе гидрокарбоната натрия 120–150 г/дм³ при активации выбрано с учетом его предела растворимости. Выбранный температурный режим в интервалах 100–200⁰С определен экспериментальным путем.

Результаты рентгенофазового анализа ЗШО до и после предварительной активации в растворе гидрокарбоната натрия в зависимости от температуры приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты рентгенофазового анализа предварительной активации ЗШО в зависимости от температуры

Table 3 – X-ray phase analysis results of the ASW of the provisional activation according to the temperature

Наименование	Температура активации, °С	Состав		
		Компонент	Формула	%
ЗШО		Силлиманит	Al_2SiO_5	32,5
		Муллит	$Al(Al_{1,83}Si_{1,08}O_{4,85})$	27,2
		Геденбергит	$CaFe+2Si_2O_6$	12,4
		Гематит	Fe_2O_3	6,7
		Кварц	SiO_2	8,7
		п.п.п.		12,5
ЗШО после активации.	100	Муллит	$Al(Al_{1,83}Si_{1,08}O_{4,85})$	61,8
		Гематит	Fe_2O_3	8,1
		Кварц	SiO_2	25,8
		Кальцит	$CaCO_3$	4,2
		п.п.п.		0,1
ЗШО после активации.	120	Муллит	$Al_{4,59}Si_{1,41}O_{9,7}$	56,2
		Гематит	Fe_2O_3	9,0
		Кварц	SiO_2	30,9
		Кальцит	$CaCO_3$	4,7
ЗШО после активации.	150	Муллит	$Al_{4,59}Si_{1,41}O_{9,7}$	50,7
		Гематит	Fe_2O_3	7,9
		Кварц	SiO_2	36,1
		Кальцит	$CaCO_3$	5,3
ЗШО после активации.	200	Муллит	$Al_{4,59}Si_{1,41}O_{9,7}$	49,7
		Гематит	Fe_2O_3	8,0
		Кварц	SiO_2	37,1
		Кальцит	$CaCO_3$	5,3

По результатам, представленным в таблице 3 можно сделать вывод, что в результате активации в минеральной структуре ЗШО исчезли фазы силиката алюминия – силлиманита и геденбергита. Произошли изменения в муллите в сторону уменьшения содержания в нем оксида кремния. В ЗШО увеличилось содержание свободного кремнезема с 8,7 до 37,1% и появился кальцит. Процесс изменения фазовой структуры ЗШО практический заканчивается при температуре 150⁰С. Увеличение температуры обработки выше 150⁰С неоправданно, так как это не приводит к значительным дополнительным изменениям в минеральной структуре сырья.

Результаты кристаллооптического анализа ЗШО до и после обработки раствором гидрокарбоната натрия приведены на рисунке 2.

Кристаллооптический анализ показал, что если до обработки ЗШО в основном представлены стекломассой, находящейся в тесном контакте с тонковкрапленными кристаллами муллита, то после обработки произошла коагуляция аморфной и мелкодисперсной фаз и обнажилась ее кристаллическая структура.

Химический состав ЗШО после предварительной активации не изменился.

Для определения влияния изменения фазового состава ЗШО на степень извлечения оксида кремния в раствор при химическом обогащении, пробы ЗШО после обработки раствором гидрокарбоната натрия подвергали переработке путем выщелачивания в растворе, содержащем 100г/дм³ Na₂O при температуре 100⁰С и продолжительности 60мин. Результаты опытов приведены на рисунке 3.

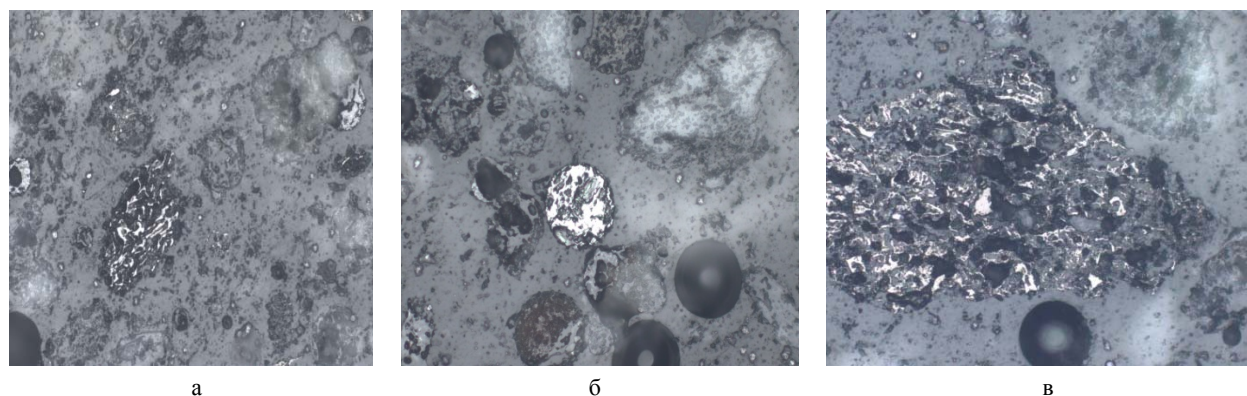


Рисунок 2 – Кристаллооптический анализ ЗШО до и после активации, ув. 200:
а – исходная зола; б, в – зола после активации

Figure 2 – ASW crystal optical analysis before and after activation. Increased to 200: a – original ash; b, c – ash after activation

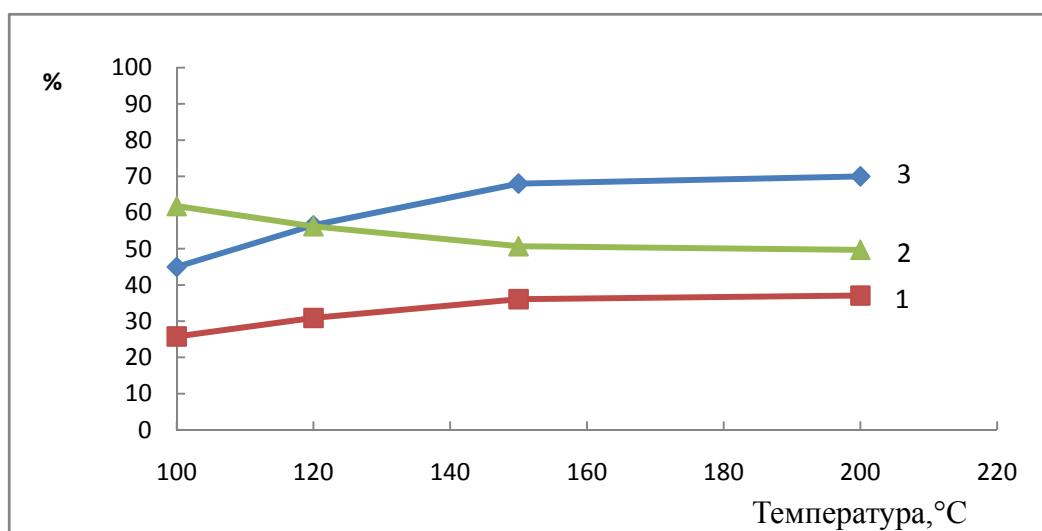


Рисунок 3 – Влияние температуры предварительной активации: 1 – содержание оксида кремния в ЗШО, 2 – содержание муллита в ЗШО, 3 – извлечение оксида кремния в раствор при химическом обогащении

Figure 3 – Effect of pre-activation temperature: 1 – content of silicon oxide in the ASW, 2 – content of mullite in the ASW, 3 – extraction of silicon oxide in solution by chemical enrichment

Из полученных данных следует:

- при активации в составе ЗШО происходят изменения фазовой структуры: исчезли фазы силлиманита и геденбергита, в составе муллита уменьшилось содержание оксида кремния, увеличилось содержание свободного оксида кремния, появилась фаза кальцита;

- оптимальной температурой предварительной активации ЗШО является 150°C, при которой степень извлечения оксида кремния при выщелачивании в раствор составила 68%, что можно объяснить увеличением количества легкорастворимой формы оксида кремния.

Выводы:

1. Физико-химические исследования ЗШО до и после предварительной активации в растворе гидрокарбоната натрия показали, что в результате активации произошли изменения в минералогическом и структурном составе ЗШО: состав муллита изменяется в сторону увеличения содержания алюминия и уменьшения оксида кремния, увеличивается количество фазы свободного кремнезема, мелкодисперсные углеродистые и минеральные фракции коагулируют.

2. Оптимальной температурой активации ЗШО в растворе гидрокарбоната натрия, содержащем 120 г/дм³ NaHCO₃ является 150°C. В этих условиях, при химическом обогащении, степень извлечения оксида кремния в раствор увеличивается с 20–30 до 68%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Андреев Г., Корженецкий А., Молчанова Л. Строительство Балхашской ТЭС: современные технологии для устойчивого развития региона и снижения уровня риска для здоровья населения // Энергетика. – 2014. – № 1(48). – С. 26-31.
- [2] Бакулин Ю.И., Черепанов А.А. Золото и платина в золошлаковых отходах ТЭЦ г. Хабаровска // Руда и металлы. – 2002. – № 3. – С. 60-67.
- [3] Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М., Власов А.С. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанций. – М.: Геоинформмарк, 2001. – 68 с.
- [4] Кизильштейн Л.Я., Дубов И.В., Шпицгауз А.П., Парада С.Г. Компоненты зол и шлаков ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 176 с.
- [5] Состав и свойства золы и шлаков ТЭС. Справочное пособие / Под ред. В. А. Мелентьева. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 185 с.
- [6] Цelyковский Ю.К. Некоторые проблемы использования золошлаковых отходов ТЭС в России // Энергетик. – 1998. – № 7. – С. 29-34.
- [7] Цelyковский Ю.К. Опыт промышленного использования золошлаковых отходов ТЭС // Новое в российской энергетике. – Энергоиздат, 2000. – № 2. – С. 22-31.
- [8] Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник. – М.: Недра, 1996. – 238 с.
- [9] Черепанов А.А. Благородные металлы в золошлаковых отходах дальневосточных ТЭЦ // Тихоокеанская геология. – 2008. – Т. 27, № 2. – С. 16-28.
- [10] Черепанов А.А., Кардаш В.Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. – № 2. – С. 99-112.

REFERENCES

- [1] Andreev G., Korzhenetsky A., Molchanov L. Construction of the Balkhash TPP: modern technologies for the sustainable development of the region and reduce the level of risk to public health // Energy. 2014. N 1 (48). P. 26-31.
- [2] Bakulin Y.I., Cherepanov A.A. Gold and platinum in ash and slag waste CHP Khabarovsk // Ore and metals. 2002. N 3. P. 60-67.
- [3] Borisenko L.F., Delitsyn L.M., Vlasov A.S. Prospects for the use of coal ash of thermal power. M.: Geoinformmark, 2001. 68 p.
- [4] Kizilshteyn L.Ya, Dubov I.V., Shpitsgauz A.P., Parada S.G. Components ash and slag TPP. M.: Energoatomisdat. 1995. 176 p.
- [5] Structure and properties of ash and slag TPP. Handbook / Ed. V. A. Melentyeva L.: Energoatomisdat, 1985. 185 p.
- [6] Tselykovsky Y. K. Some problems of the use of ash and slag waste TPP in Russia // Energetic. 1998. N 7. P. 29-34.
- [7] Tselykovsky Y.K. Experience in industrial use of ash and slag waste TPP // New in the Russian energy sector. Energoizdat, 2000. N 2. P. 22-31.
- [8] Valuable and toxic elements in commercial coals Russia: A Handbook. M.: Nedra, 1996. 238 p.
- [9] Cherepanov A.A. Precious metals in the ash and slag waste far TPP // Pacific Geology. 2008. Vol. 27, N 2. P. 16-28.
- [10] Cherepanov A.A., Kardash V.T. Complex processing of ash and slag waste TPP // Geology and mineral resources of the World oceans. 2009. N 2. P. 99-112.

**Б. К. Кенжалиев, С. В. Гладышев, Р. А. Абдулвалиев, С. А. Омарова,
К. О. Бейсембекова, А. И. Манапова, Л. М. Иманғалиева**

Металлургия және кен байыту институты, Алматы, Қазақстан

КҮЛШЛАКТЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ХИМИЯЛЫҚ БАЙЫТУДЫҢ АЛДЫНДА БЕЛСЕНДІРУ

Аннотация. Күлшлакты қалдықтар (КШҚ) кешенді минералды шикізат болып табылады, оларды қайта өңдеудің негізгі мәселесі құрамындағы кремний тотығының жоғарылығы, сондықтан химиялық байыту кезінде кремний оксидінің бір бөлігін бөлу қажеттілігі анықталады. Алюминий тотығын және басқа да өнімдерді ала отырып КШҚ ары қарай өңдеу өнімділігі – байыту үрдісіне байланысты. Химиялық байытудың алдында КШҚ ды дайындаудың белгілі әдістері, кремний оксидін біршама жақсы ерігіш күйге өзгерту үшін 500–700⁰С күйдіруді қарастырады. Күйдіру үрдісі – энергияқарқынды үрдіс болып келеді, сондықтан КШҚ дайындаудың баламалы әдістерін іздеу өзекті мақсат болып тұр.

Жұмыста құрамында 120 г/дм³ NaHCO₃ бар натрий гидрокарбонатын ерітіндімен өңдей отырып, химиялық байытудың алдында күлшлакты қалдықтарды алдын ала белсендірудің жаңа тәсілі ұсынылған. Белсендіруге дейін және кейінгі КШҚ физика-химиялық зерттеулер жүргізілді, сонымен қатар белсендіру үрдісінің температурасына байланысты фазалық құрамның өзгеруі көрсетілген. Белсендіру нәтижесінде КШҚ минералогиялық және құрылымдық құрамында өзгерістер болады, ал химиялық құрамы өзгермейді. Белсендіру химиялық байыту кезінде кремний тотығының ерітіндіге алыну дәрежесін 20–30% дан 68% дейін жоғарлатады, осыдан КШҚ қайта өңдеуді ары қарай өңдеудің ағынын едәуір азайтады.

Түйін сөздер: күлшлакты қалдықтар, белсендіру, натрий гидрокарбонаты, кремний тотығы.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 149 – 156

UDC 621.3.032

M. Zh. Aitimov¹, K. A. Ozhikenov¹, U. Zh. Aitimova², A. O. Dautbayeva³, O. A. Baimuratov⁴¹Kazakh national research technical university named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,²Kazakh agro technical university named after Saken Seifullin, Astana, Kazakhstan,³Kyzylorda state university named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan,⁴Suleyman Demirel university, Almaty, Kazakhstan.

E-mail aitimovmurat07@gmail.com, olimzhon.baimuratov@sdu.edu.kz

**ANALYSIS OF THE STRUCTURE AND CALCULATION OF TIME
FOR THE ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM
WITH MULTI-PARAMETER SENSORS**

Abstract. In the last decade, engineers, researchers and developers are paying more attention to development and development multi-function sensor is a new trend in modern sensor technology.

This paper discusses the structure of the information systems (IS) and mobile application (app) for the Control and Monitoring of the Environment [1-3, 7, 9-21], the main parameters, based on which developed the structure of IS and mobile application [1] developed a mobile app for the calculation of the time spent on the sending and receiving of information (one cycle) with all the delays in the system.

To date, known to a sufficient number, as well as scientific and practically realized works that perform the functions of control and monitoring of the environment [4, 11, 13-19, 25, 27, 28].

Ensuring control and monitoring objects today is a strategically important aspect to save the current condition, or prevent not desirable consequences in the environment, thanks to timely make the right decisions.

Keywords: environment, monitoring, control, multifunctional sensors.

Introduction. With the improvement of technology, software products, digital devices and sensors often found solutions that are more costly to service, on energy demand as well as on the reliability of information storage.

Development of multi-parameter sensor is one of the important goals of modern engineering, research and development. With the development of technology and the development of methods of multifunctional (multiparameter) sensors today expanded the following applications: robotics, automation, medicine, vehicles, etc. [5-11].

Multifunction sensors and systems for environmental monitoring and process parameters is suitable for indoor and outdoor use, and for all sectors of residential, industrial and tertiary. Depending on the sensor model, it is possible to measure one or more parameters, such as temperature, contact temperature, relative humidity, light, atmospheric pressure and counting pulses from the electrical energy, gas, water, etc. [1-20].

Remote access to devices and sensors using the mobile app provides a great opportunity to monitor performance of the entire system, which simplifies the process of monitoring of all system components. Data can be exported into various formats and programs to perform more complex statistical analysis.

Information System for Environmental Monitoring collects data from sensors for various purposes. Data processing time on each element of the structure, which are presented in Figures [1, 3] has a significant impact on the quality of the functioning of the entire system depends on the reliability of every element of the system, the overall processing the time and accuracy of information.

1. Environmental monitoring systems structures. As a result of analysis on modern environmental monitoring system (the system), and their structures were determined basic parameters, technical and

industrial areas, where it is often used multi-parameter sensors. Data collection and processing of information, depending on the elements of the system is carried out at different time intervals. Features of each system [13-19] are a little different, but perfectly perform the basic functions of collection, processing and storage of recorded data from the sensors.

Comparative analysis [13-19] made it possible to understand in more detail how the system is complex, what features are offered, what is the minimum number of elements should include, on the basis of data obtained by statistical analysis and environmental monitoring for specified parameters.

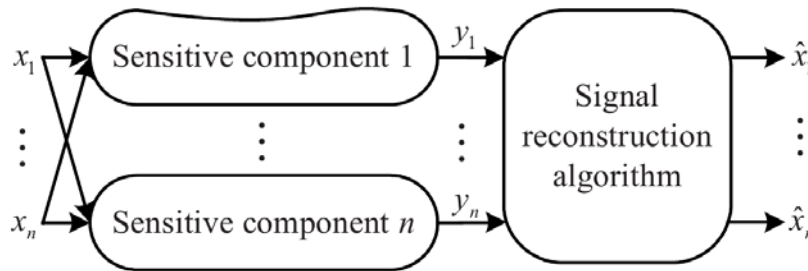


Figure 1 – Schematic structure of a multifunctional sensor [10]

Consider some of [10-21], which shows the scheme and structure of multifunctional sensors (Figure 1), Structure of water environmental monitoring structure of environmental monitoring systems in Figure 2 [13]:

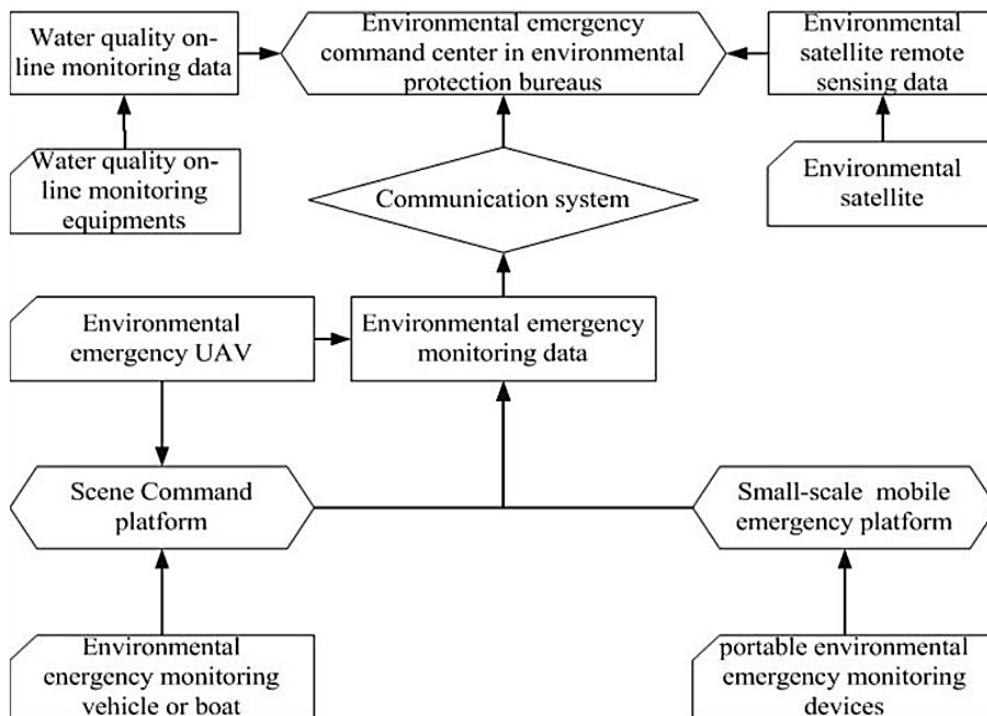
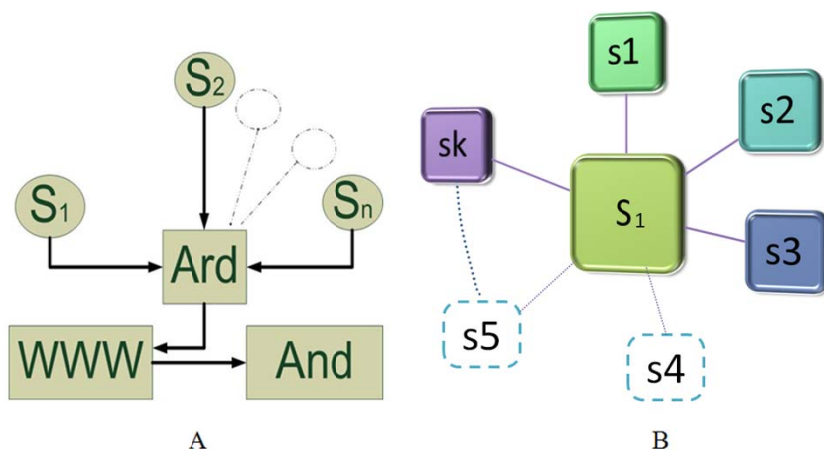


Figure 2 – Structure of water environmental monitoring network based on space-earth integration system [13]

The structure of the information system (IS) [1] is essential to ensure the effective management of information resources. The structure of IS helps to identify some elements that complicate the passage of information flows and increase the risk of information loss, which has a negative impact on the quality of the functioning of IS.

Application of multifunctional sensors [2, 5-12, 21-23] are known to simplify the structure of control and environmental monitoring system, where the main purpose - providing a scalable, efficient and compact solution that integrates multi-parameter sensors (several sensors in one).



WWW – World Wide Web; Ard – Arduino uno; And – Android app;
 $S_1, S_2, S_3 \dots S_n$ – multifunctional sensors; $s_1, s_2, s_3, s_4, \dots sk$ – sensors.

Figure 3 – Structure of IS (A) [1] and functional structure of multifunctional sensor (B)

In [1] considers the analysis of problems and methods of implementation of information systems for monitoring natural and industrial facilities. The new approach of data storage, integration and retrieval developed. The practical applicability confirmed through experience in the development of information systems for the processing and analysis of spatial data using a mobile application. The structure of the software and information system allows both users and developers to understand the operation of IS, determine the number of its elements and learn what kind of details it consists.

Reducing the number of sensors and increase functional capabilities gives an advantage over the developed and the existing environmental monitoring systems, by reducing the physical parameters (volume, mass).

2. Software development of the android APP. There are several platforms for developing applications such as Windows Mobile, Symbian, iOS and Android. In the proposed system, the Android platform app is developed as most of the phones and handy devices support Android OS. Java programming

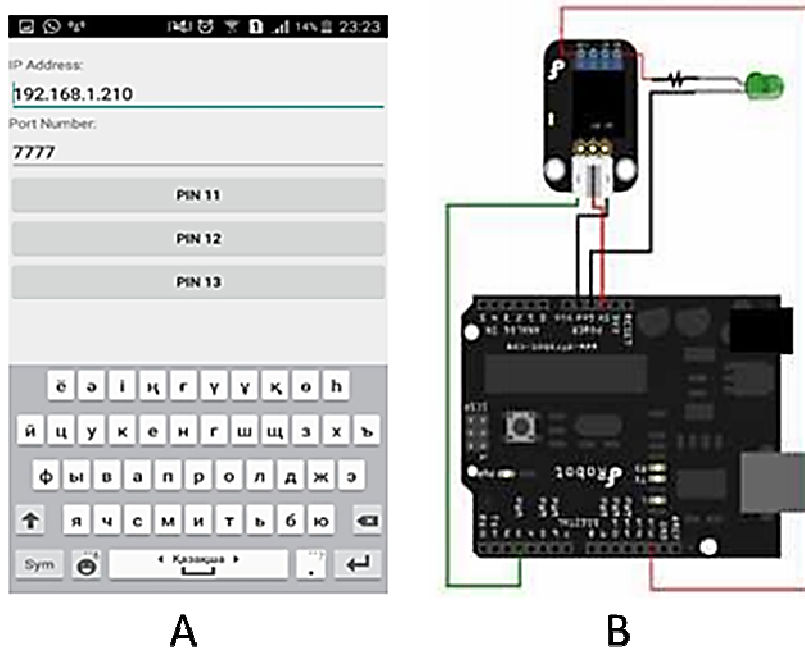


Figure 4 – Mobile application (A) and Example of Relay Configuration (B)

language using the Android Software Development Kit (SDK) has been used for the development and implementation of the app. The SDK includes a complete set of development tools such as debugger, libraries, a handset emulator with documentation, sample code and tutorials.

Mobile application is designed for checking sensors and recording time send and receive commands/data from the mobile device to the sensor and back Figure 4 (A).

Basically several types of the device can be used as a relay switch of electronic equipment, for example electric lights, electric motors, and a variety of other electronic devices. In this system, the relay is used to power-down automatically based on the order which is specified by the value of the output, which has been processed by microcontroller or controller device. The device is used to adjust the flame relay and the turning off of electronic devices. Relay is connected to the pin on the Arduino Mega Figure 4. (B) [19] and connected also with the electronic device. This device includes Kit Relay device for electrical appliances AC/DC and pin cables and connectors.

3. Device testing. Testing is carried out into three parts, namely turn on/off testing, dim testing and current electric record testing. Testing carried out Android smartphones (LG P500 ICS 4:04) and virtual iPhone. First, before the testing is conducted, it is executed to see how long the smartphone takes log time level to arrive in the Main Menu. The time is measured based on how long this application takes time to login and reverse current that is in the main menu. This test is needed to ensure the user waiting time is not too long, the result of this test is shown in Table 2. Table 1 show that the system needs maximum 5 seconds to achieve the main menu. Virtual iPhone and Virtual Android using wireless is the lowest time in achieving the main menu, while the highest is the virtual android using EDGE network. So based on the experiments done on two smartphone devices found that the likelihood of a successful login at least 100% on EDGE networks. With a maximum waiting time of four seconds. It can be concluded that the application is already running pretty fast.

Table 1 – Login Time Test

Device	Network	Time Request	Results
Virtual iPhone	Wireless	3s	Success
Virtual Android	Wireless	3s	Success
	3G	4s	Success
	EDGE	5s	Success

The next testing for this system is “Turn on/off” and dim testing. These testing are carried out using Android smartphones (LG P500 ICS 4:04) and virtual iPhone. The test is done to see how this app can turn on, turn off and dim the electronic device. The result of the “Turn on/off” and dim testing is shown in Table 2 and Table 3 respectively.

Table 2 – The Result of “Turn off/on” Testing

Device	Arduino Pin	Electronic Device	Dim
Virtual iPhone	Pin 5	Lamp	ok
	Pin 4	Lamp	ok
	Pin 3	Lamp	ok
Virtual Android	Pin 5	Lamp	ok
	Pin 4	Lamp	ok
	Pin 3	Lamp	ok

Table 3 – The Result of Dim Testing

Device	Arduino Pin	Electronic Device	ON	OFF
Virtual iPhone	Pin 5	Lamp	ok	ok
	Pin 4	Lamp	ok	ok
	Pin 3	Lamp	ok	ok
Virtual Android	Pin 5	Lamp	ok	ok
	Pin 4	Lamp	ok	ok
	Pin 3	Lamp	ok	ok

Table 2 and 3 show that the system is able to control turns on/off and dims the lamp correctly. So based on the experiments which is performed on two smartphone devices, it was found that the percentage probability of success in shutting down and turning on an electronic device is 100%. Table 4 shows time that how many time was take for transformation between android and Arduino.

Table 4-6 shows the results of testing the sensors, where T1 - the time of the Android smartphone to the Arduino Uno, T2 - the time from the Arduino Uno to a sensor, T3 - full time (one cycle).

Table 4 – The Result Testing (DHT11)

DHT11 - Temperature and humidity			
№	T1	T2	T3
1	1150,5	271	1421,5
2	1194,5	272	1466,5
3	1147	271	1418
4	1199	271	1470
5	1158	273	1431
6	1159	273	1432
7	1101	271	1372
8	1161	272	1433
9	1182	271	1453
10	1175	273	1448
11	1209	272	1481
12	1125	272	1397
13	1089	271	1360
14	1175	271	1446
15	1019	273	1292
AVG	1149,6	271,8	1421,4

Table 5 – The Result Testing (DHT22)

DHT22 - Temperature and humidity			
№	T1	T2	T3
1	1283	271	1554
2	1174	271	1445
3	1211	271	1482
4	1052	272	1324
5	1185	271	1456
6	1010	273	1283
7	1095	272	1367
8	91913	272	92185
9	1216	271	1487
10	1101	271	1372
11	91975	271	92246
12	1081	271	1352
13	1167	271	1438
14	1129	272	1401
15	92454	273	92727
AVG	19336,4	271,5333	19607,93

Table 6 – The Result Testing (BMP085)

BMP085– Barometric Pressure/Temperature			
№	T1	T2	T3
1	1752	67	1819
2	1285	67	1352
3	1212	67	1279
4	1249	66	1315
5	2677	68	2745
6	1215	66	1281
7	1216	67	1283
8	57816	68	57884
9	1155	67	1222
10	1205	68	1273
11	1680	69	1749
12	1207	67	1274
13	6660	68	6728
14	1262	68	1330
15	1247	68	1315
AVG	5522,533	67,4	5589,933

Figure 5 is a graph based on the result of testing time T2 of two sensors, where T2 – time Arduino Uno to sensor.

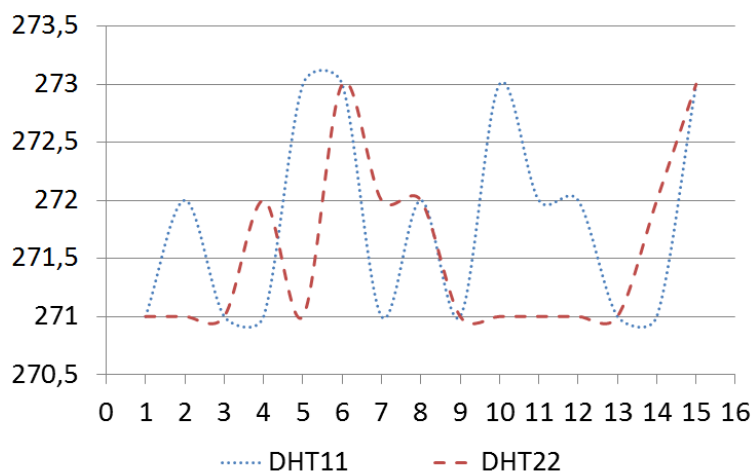


Figure 4 – Result of comparison time T2 of the sensors

Conclusion. The analysis of IS structures and mobile applications for the control and monitoring of environment, the basic parameters on which developed the structure of IS and mobile application for environmental monitoring, as developed a mobile app for the calculation of time spent on sending and receiving of information (one cycle). The focus is on the use of multi-parameter sensors and mobile application, through which defined the experimental results in this paper.

The results can be be useful for engineers, developers and users of monitoring system with multi-parameter sensors as well as for device developers.

REFERENCES

- [1] Bakhytzhana Akhmetov, Murat Aitimov. Data Collection and Analysis Using the Mobile Application for Environmental Monitoring // The 10th International Conference on Future Networks and Communications (FNC 2015) / The 12th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2015) Affiliated Workshops. 2015. Vol. 56. P. 532-537.
- [2] Chunxia Feng, Lihua Huang, Jianbo Wang, Huijie Huang. Development of Multi-Parameter Measurement Apparatus for Up-Conversion Phosphor Particles // IEEE Sensors Journal. 2012. Vol. 12, Issue 6. P. 2150-2156. DOI: 10.1109/JSEN.2011.2182189.
- [3] Beigelbeck R., Cerimovic S., Kohl F., Voglhuber T., Jakoby B., Reyes-Romero D., Urban G. Transient measurement method for the thermal properties of the thin-film membrane in a multi-parameter wind sensor // SENSORS, IEEE. 2014. P. 1304-1307. DOI: 10.1109/ICSENS.2014.6985250.
- [4] Kanagaraj E., Kamarudin L.M., Zakaria A., Gunasagaran, R. Shakaff A.Y.M. Cloud-based Remote Environmental Monitoring System with Distributed WSN Weather Stations // SENSORS, IEEE. 2015. DOI: 10.1109/ICSENS.2015.7370449.
- [5] Alexander Klein, Andreas Gerritzen, Henning Schröder, Hermann Oppermann Fraunhofer. Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC) // IEEE. 2010. DOI: 10.1109/ESTC.2010.5642958.
- [6] Shanshan Yao, Yong Zhu. Wearable multifunctional sensors using printed stretchable conductors made of silver nanowires // 2014. 6. P. 2345-2352. DOI: 10.1039/C3NR05496A.
- [7] Liu X., Wei G., Sun J.W., Liu D. Nonlinear multifunctional sensor signal reconstruction based on least squares support vector machines and total least squares algorithm // J. Zhejiang Univ. Sci. A 2009, 10. P. 497–503. DOI: 10.1631/jzus.A0820282.
- [8] Sun J.W., Liu X., Sun S.H. TLS algorithm-based study on multi-functional sensor data reconstruction // Acta Electron. Sin. 2004. 32(3): P. 391-394 (in Chinese).
- [9] Sun J.W., Shida K. Multilayer sensing and aggregation approach to environmental perception with one multi-functional sensor // IEEE Sensors. 2002. 2(2). P. 62-72. DOI:10.1109/JSEN.2002.1000243.
- [10] Xin LIU, Guo WEI, Jin-wei SUN, Dan LIU. Nonlinear multifunctional sensor signal reconstruction based on least squares support vector machines and total least squares algorithm // Journal of Zhejiang University SCIENCE A. 2009. 10. P. 497-503. DOI: 10.1631/jzus.A0820282.
- [11] Klasern Lena. Advanced Multifunctional Sensor Systems. Chapter Unexploded Ordnance Detection and Mitigation // Part of the series NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics. ISSN: 1874-6500. P. 165-187.
- [12] Ahlberg J., Klasern L., GroËnwall C., Ulvklo M., Jungert E. Automatic Target Recognition on a Multi-Sensor Platform Proceeding of Swedish Society of Automated Image Analysis Symposium on Image Analysis. 2003. P. 93-96.
- [13] Rei LIU, Tao XIE, Qiao WANG, Honghua LI. Space-earth based Integrated Monitoring System for Water Environment. International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference. Procedia Environmental Sciences. 2010. Vol. 2. P. 1307-1314. DOI: 10.1016/j.proenv.2010.10.141.

- [14] Wang Q. Advance and challenges of satellite remote sensing technology application in environmental monitoring // Environmental Monitoring of China. 2009. Vol. 25. P. 53-56 (in Chinese).
- [15] Meera A., Swamynathan S. Agent based Resource Monitoring system in IaaS Cloud Environment. International Conference on Computational Intelligence: Modeling Techniques and Applications. 2013. Procedia Technology. 2013. Vol. 10. P. 200-207. DOI:10.1016/j.protcy.2013.12.353.
- [16] Benzidane Karim, Khoudali Saad, Sekkaki Abderrahim. Autonomous Agent-based Inspection for inter-VM Traffic in a Cloud Environment // The 7th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2012).
- [17] Penkova T.G., Korobko A.V., Nicheporchuk V.V., Nozhenkova L.F. On-line modelling and assessment of the state of technosphere and environment objects based on monitoring data // 18th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems - KES2014. Procedia Computer Science. 2014. Vol. 35. P. 156-165.
- [18] Lionel Nkenyereye, Jong-wook Jang. A Remote System for Monitoring Auxiliary Data Center from Environmental threats with Lower Hardware Cost // The 7th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks (EUSPN 2016). Procedia Computer Science. 2016. Vol. 98. P. 187-192.
- [19] Dan Liu, Qisong Wang, Xin Liu, Ruixin Niu, Yan Zhang, Jinwei Sun. A Multifunctional Sensor in Ternary Solution Using Canonical Correlations for Variable Links Assessment Harbin Institute of Technology, School of Transportation Science and Engineering, Harbin 150090, China, 2016. DOI: 10.3390/s16101661.
- [20] Lei J.F., Fralick G.C., Krasowski M.J. Microfabricated Multifunction Strain-Temperature Gauge. U.S. Patent 5,979,243, Nov. 1999.
- [21] Yuji J., Shida K. A new multifunctional tactile sensing technique by selective data processing // IEEE Trans. In-strum. Meas. 2000. 49(5), P. 1091-1094. DOI:10.1109/19.872935.
- [22] Sun J.W., Liu X., Sun S.H. TLS algorithm-based study on multi-functional sensor data reconstruction // Acta Electron. Sin. 2004. 32(3). P. 391-394 (in Chinese).
- [23] Chun-Yi Liu, Cheng-Long Chuang, Chia-Pang Chen, Wan-Yi Chang. Sensing Technology (ICST) // Fifth International Conference on IEEE. 2011. DOI: 10.1109/ICSensT.2011.6137039.
- [24] Kanagaraj E., Kamarudin L.M., Zakaria A., Gunasagaran R., Shakaff A.Y.M. Cloud-based remote environmental monitoring system with distributed WSN weather stations Centre of Excellence for Advanced Sensor Technology SENSORS. 2015. IEEE. DOI: 10.1109/ICSSENS.2015.7370449.
- [25] Dae-Heon Park, Jang-Woo Park Wireless Sensor Network-Based Greenhouse Environment Monitoring and Automatic Control System for Dew Condensation Prevention Sensors. 2011. Vol. 11. P. 3640-3651. DOI:10.3390/s110403640.
- [26] Nagaraj Patil, Anand K Warad. IOT and Raspberry PI Based Environmental Monitoring Application // International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems. 2016. Vol. 4. Issue 4.
- [27] Jun Yi Liu. Zigbee based intelligent environmental monitoring system designed coop // International Journal of Computer, Consumer and Control (IJ3C). 2013. Vol. 2, N 4.

М. Ж. Айтимов¹, Қ. Ә. Өжікенов¹, Ұ. Ж. Айтимова², А. О. Даутбаева³, О. А. Баймуратов⁴

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университет, Алматы, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университет, Алматы, Қазақстан

³Қорқыт Ата атындағы қызылорда мемлекеттік университет, Алматы, Қазақстан

⁴сүлейман Демирел атындағы университет, Алматы, Қазақстан

КӨПАТҚАРЫМДЫҚ ДАТЧИКТЕРІМЕН ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ МОНИТОРИНГТЕУГЕ АРНАЛҒАН ЖҮЙЕНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ УАҚЫТЫН АНЫҚТАУ

Аннотация. Соңғы онжылдықтарда инженерлер, зерттеушілер мен өңдеушілер заманауи сенсорлы технологияда жаңа бағыт болып табылатын көпатқарымдық датчиктердің дамуы мен зерттеліміне үлкен назар аударып жатыр.

Осы жұмыста ақпараттық жүйелер (АЖ) және қоршаған ортаны бақылау мен мониторингтеу бойынша мобильдік қосымшалардың (МҚ) құрылымдары [1-3, 7, 9-21] қарастырылды, негіздерінде АЖ және МҚ [1] құрылымы жасалған негізгі параметрлер анықталды, жүйедегі барлық кідірулерді есепке ала отырып, ақпаратты жіберу және қабылдауға (бір цикл) жұмсалған уақытты есептеу үшін мобильдік қосымша жасалған.

Бүгінгі күні қоршаған ортаны бақылау мен мониторинг қызметтерін орындайтын ғылыми жағынан да, практикалық жағынан да жүзеге асырылған жұмыстардың біразы белгілі [4, 11, 13-19, 25, 27, 28].

Нысандардағы бақылау мен мониторингті қамтамасыз ету бүгінгі күнде дұрыс шешімдерді уақытылы қабылдаудың арқасында ағымдағы жағдай сақтау мен қоршаған ортаға тигізетін қажетсіз салдарын болдырмас үшін стратегиялық маңызды аспект болып табылады.

Түйін сөздер: қоршаған орта, мониторинг, бақылау, көппараметрлі датчиктер.

М. Ж. Айтимов¹, К. А. Ожикенов¹, У. Ж. Айтимова², А. О. Даутбаева³, О. А. Баймуратов⁴

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан,

²Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Алматы, Казахстан,

³Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Алматы, Казахстан,

⁴Университет им. Сулеймана Демиреля, Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ПОДСЧЕТ ВРЕМЕНИ СИСТЕМЫ ПО МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С МНОГОПАРАМЕТРОВЫМИ ДАТЧИКАМИ

Аннотация. В последнее десятилетие инженеры, исследователи и разработчики уделяют большее внимание к развитию и разработке многофункциональных датчиков представляющее собой новое направление в современной сенсорной технологии.

В данной работе рассмотрены структуры информационных систем (ИС) и мобильных приложений (МП) по контролю и мониторингу окружающей среды [1-3, 7, 9-21], определены основные параметры, на основе которых разработана структура ИС и МП [1], разработано мобильное приложение, для вычисления времени затраченного на отправку и прием информации (один цикл) с учетом всех задержек в системе.

На сегодняшний день известны достаточное количество, как и научных, так и практически реализованных работ, которые выполняют функции контроля и мониторинга окружающей среды [4, 11, 13-19, 25, 27, 28].

Обеспечение контроля и мониторинга в объектах на сегодняшний день является стратегически важным аспектом для сохранения текущего состояния или предотвращения не желательных последствий в окружающей среде, благодаря своевременному принятию правильных решений.

Ключевые слова: окружающая среда, мониторинг, контроль, многопараметровые датчики.

Сведения об авторах:

Айтимов Мурат Жолдасбекович – докторант кафедры робототехники и технические средства автоматизации Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, Казахстан, специальность 6D071600 – Приборостроение, e-mail: aitimovmurat07@gmail.com

Ожикенов Касымбек Адильбекович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Робототехника и технические средства автоматизации» Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, Казахстан, e-mail: kas_ozhiken@mail.ru, ozhikenovk@gmail.com

Баймуратов Олимжон Абдухакимович – PhD доктор в области информационных систем, старший преподаватель кафедры «Компьютерные науки» университета имени Сулеймана Демиреля, Казахстан, e-mail: olimzhon.baimuratov@sdu.edu.kz

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 157 – 174

UDC 621.01

**T. T. Kaiym¹, V. F. Gribanov¹, E. S. Temirbekov², S. T. Kaimov³,
Ab. T. Kaimov¹, A. T. Kaimov⁴, G. T. Kaimova⁵, D. D. Abildabekova¹**

¹Kazakh national research technical university named by K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,

²Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan,

³Kazakh national university named by al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,

⁴Institute of information and computing technologies, Almaty, Kazakhstan,

⁵Kazakh agrarian-technical university named by S. Seifullin, Astana, Kazakhstan.

E-mail: a.kaim94@mail.ru, temirbekove@mail.ru, kayim4444@mail.ru

**THE MODELING OF THE THEORETICAL AND MATHEMATICAL
SYSTEM AND SPECIFICALLY THE STOCHASTIC PROCESSES
OF THE DYNAMICAL SYSTEM AN INNOVATIVE MECHANISM
FOR GRASPING OF THE ROBOT FOR OVERLOADING
THE HIGHLY RADIOACTIVE FIRM WASTE OF FUEL ELEMENT
FROM THE SECONDARY CONTAINER
INTO THE MAIN CONTAINER**

Abstract. In fact, the use of optimal and quasy-optimal algorithms for recursive estimation of kinematic and dynamic parameters of the actuators working is original. Authors give some details which they have studied the kinematic and dynamic parameters of multi-actuators working of the innovative mechanism of grasping and how they will develop the optimal filtering techniques of random perturbations.

This article is interesting and contains some scientific novelties and significance. It considers the mathematical modeling of the geometrical, kinematic and dynamic parameters of the interactions of the grasping mechanism with the environment (highly radioactive firm waste) during their operations for taking consistent design decisions at earlier stages of their development, when several possibilities arise.

Key words: mathematical model, robot, container, radioactive waste, gripper.

Introduction. According to the World Atomic Association, nowadays 449 nuclear reactors are used in all countries of the world, 62 nuclear reactors are under construction and about 150 nuclear reactors are planned for construction. The world leader in nuclear energy is the United States, which have more than 100 nuclear reactors. China is the fastest country which develops "peaceful atom". In China is building 27 nuclear reactors, another 50 nuclear reactors are planned to be built in this country in the future.

During the operation of a nuclear power plant (NPP), solid highly radioactive waste (SHLW) is formed, which are fuel elements (FE) of fuel assemblies of nuclear reactors. The radionuclides contained in SHLW have a harmful effect on the Earth's biosphere and sharply worsen the ecology. At the present time, specialists are planning to dispose of SHLW in the underground storage facilities (cemeteries) of SHLW. During the implementation of this technological operation, FEs are loaded into an intermediate container, which is transported from the NPP to the assembling and transfer point (ATP), built near the underground storage facility (cemetery) of SHLW. The SHLW are overloaded into a cavity formed in the body of the main container (containers), made from a block of strong rock into ATP from the intermediate container SHLW. This technical operation has to be carried out by the worker (workers) manually with the use of special devices, when he (they) is (are) directly near the SHLW. Undoubtedly, this operation does not ensure the required security of the worker (workers).

At the present time, we have created an innovative way of reloading FE and/or FEs and others from the intermediate container with SHLW into the cavity (cavities) of the main container, made from a strong rock block, which implementation has to be carried out using innovative grip of industrial robot (IR) manipulator and the innovative design of the three-phalangeal adaptive gripper – the grip device of the IR manipulator. The innovative design of the three-phalangeal adaptive gripper consists of the following structural elements: a tile-base for fastening the phalanx – grip levers, which is fastened to the end part of the manipulator by a fixing lever. Each gripping flexible grip lever consists, for example, of 3 phalanges: basic, middle and final. All phalanges are joined together by hinges. The lower base of each main phalanx of the gripping flexible grip levers is grasped to the tile-base. Clamping spring is installed between the adjacent phalanges of each grip lever. In the sections of the inner surface of each phalanx of each grip lever the retaining teeth are strengthened.

For the scientific-based choice and justification of constructive, geometric, structural-kinematic and dynamic parameters of the innovative gripper of the IR manipulator, an effective mathematical model of their calculation was developed, taking into account the stochastic processes of its interaction with the object, i.e. with SHLW. The accuracy of determining the geometric, structural-kinematic and dynamic parameters of the three-phalangeal adaptive gripper of the IR manipulator, taking into account the stochastic processes of its interaction with the upper section of the FE, is reached by the estimation on the basis of the determination of the optimal Kalman weight coefficient.

The idea of work. Nowadays, specialists have created an innovative way of reloading of FE and/or FEs and others from the intermediate container with SHLW into the cavity (cavities) of the main container, made from a strong rock block, which implementation has to be carried out using innovative grip of IR manipulator.

For the scientific-based choice and justification of constructive, geometric, structural-kinematic and dynamic parameters of the innovative gripper of the IR manipulator, an effective mathematical model of their calculation was developed, taking into account the stochastic processes of its interaction with the object, i.e. with SHLW [1-4].

An innovative remotely controlled mobile IR (figure 1) with an innovative adaptive grip mechanism consists of support racks 1, a horizontal crossbar 2, a vehicle 3 (wheel, caterpillar, walking, etc.), with attached IR manipulator 4 having a several degrees of freedom of mobility, like a human hand. To the final part of the IR manipulator 4 is attached an innovative gripper 5. FE 6 is extracted from the intermediate container 7 and reloaded into the main container 8 by the innovative gripper 5.

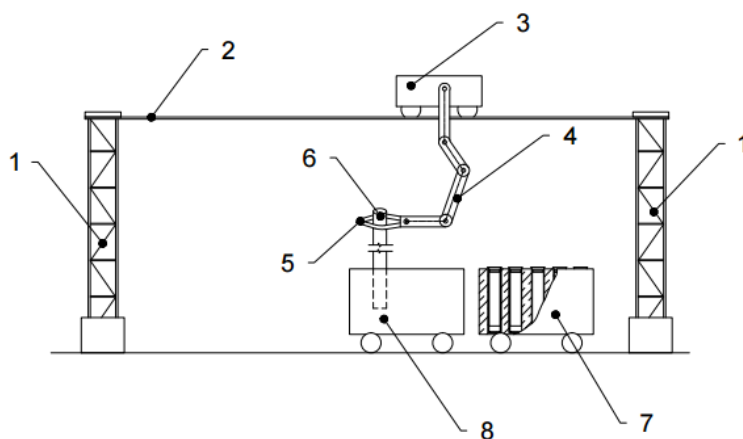


Figure 1 – Scheme of reloading of fuel element (FL) SHLW from the intermediate container into the main container using innovative gripper of industrial robot (IP) manipulator: 1 – support racks; 2 – horizontal crossbar; 3 – vehicle; 4 – manipulator; 5 – innovative gripper; 6 – fuel element (FL); 7 – intermediate container; 8 – main container

On the basis of the analysis of works [5-18], this article proposes an innovative design of the three-phalangeal adaptive grip – gripping device (GD) of the IR manipulator. The innovative design (figure 2) of the three-phalangeal adaptive grip of manipulator consists of the following structural elements: the tile-base 1 for fixing the phalanx – grip levers, which is fastened by the fixing lever 2 to the end part of the manipulator.

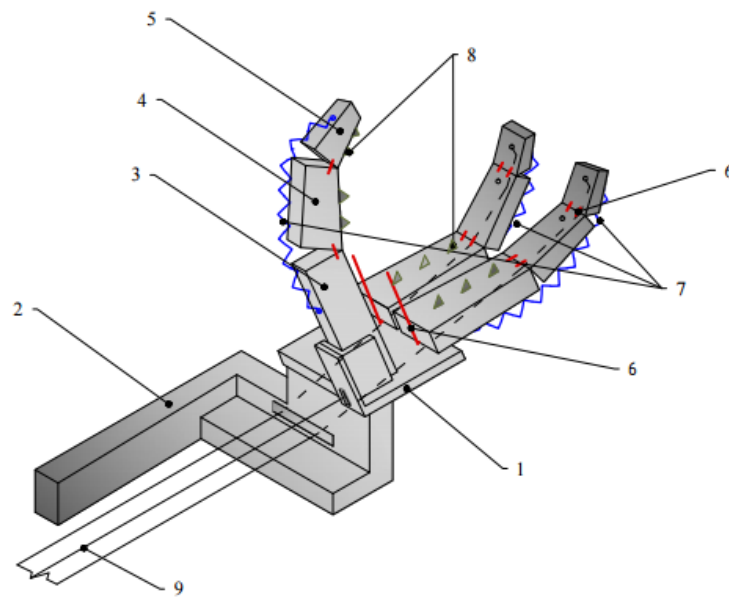


Figure 2 – Three-phalangeal adaptive gripper of the IR manipulator for FE and/or FEs reloading from the intermediate container to the main container for SHLW at its disposal in the underground storage (cemetery) of SHLW: 1 – tile-base for fixing the main phalanx of the lever-gripper; 2 – the mounting arm of the manipulator; 3 – the basic phalanx; 4 – middle phalanx; 5 – final phalanx; 6 – the hinge of fastening of adjacent phalanges; 7 – pulling spring; 8 – retaining tooth; 9 – flexible traction element

GD consists of several constructive elements, the so-called gripping flexible levers – grips, each kinematic scheme is conditionally identified with the functioning of a separate human finger. Each gripping flexible lever – the grip consists, for example, of 3 phalanges: main 3, middle 4 and final 5. All phalanges 3-5 are joined together by hinges 6. The lower base of each main phalanx 3 of the gripping flexible lever – the grip is attached to tile-base 1. The clamping springs 7 are installed between the adjacent phalanges 3-5 of each lever. The holding teeth 8 are strengthened on the inner surface of each phalanx 3-5 of each grip lever.

The gripping of an object, for example, FE, intended to be movement from the intermediate container to the main container for SHLW, is carried out as follows. Gripping flexible levers – grips, for example, three gripping flexible levers – grips are positioned by the "arm" of the IR manipulator above the upper section of FE, located in the intermediate container. Then they move top-down on the body of the upper section of FE and are fixed opposite it in such a way that it is located between the gripping flexible levers – grips. Depending on the specific conditions, for example, on one side of the FE there will be two gripping flexible levers – grips, and on the opposite side of it - one gripping flexible lever – grip. A hole which longitudinal axis coincides with the longitudinal axis of the phalanx is formed in the body of each phalanx 3-5 of each grip lever. After all phalanges 3-5 have been joined together by hinges 6, flexible traction element 9 is placed in each of them. The first flexible traction element 9 is located in the phalanges holes 3-5 from the upper base of the terminal phalanx 5, passing along it in the hole formed in the middle phalange 4, in the hole formed in the main phalanx 3, and its opposite end is placed beyond its limits. The end of the second flexible traction element 9 is fixed in the upper part of the middle phalanx 4, placed in the hole formed in the body of the main phalanx 3, and the opposite end is located beyond its limits. The end of the third flexible traction element 9 is fixed in the upper part of the main phalanx 3, installed in the hole formed in its body, and its opposite end is located beyond its limits. Each oppositely disposed area of the flexible traction element 9 is fixed to a special actuator installed in the control station of the IR manipulator.

Flexible traction elements 9 are installed in all other gripping flexible lever – grips in the same way [19, 20].

Depending on the specific conditions, one, two or more FEs and/or their parts, etc. can be placed in the cavity, formed in the main container, etc. Placing of FE and/or FEs, etc. in other cavities formed in the main container, is implemented in a similar way.

During technological operation of gripping by gripping flexible levers – the grips of the FE body, the operator at the control point pulls all the flexible traction elements 9 of the gripping flexible levers – the grips for carrying out a pressing of all flexible surfaces of all phalanges 3-5 of gripping flexible levers – the grips to the body of FE and to provide the required force of interaction between the corresponding surfaces of all phalanges 3-5 of gripping flexible levers – the grips and the lateral surfaces of the upper section of FE for its reliable containment and basing.

Then, the FE is lifted upwards from the intermediate container by IR manipulator and the IR manipulator with Fe moves along the transport path to the place of installation of the main container placed on the ATP. It is installed above the corresponding cavity formed in the main container, so that the bottom base of FE is aligned with the area of the upper base of the cavity formed in the main container.

In the next turn, the operator, being at the control point, remotely releases the ends of the flexible traction elements 9 from fixing on a special drive in the control station. Gripping flexible levers – grips are moved away from the body of the FE under the action of the elastic force of special elastic elements-springs 7. At the same time, FE under its own weight is lowered into a cavity formed in the main container. Under the action of the elastic force of the springs 7, each gripping flexible levers – grip is straightened and the longitudinal axis of each of them occupies a horizontal and/or practically horizontal position, returning to the original non-working state.

In order to improve the efficiency of the placement of FE and/or FEs and others in the cavity formed in the main container, a special guide element for example, a funnel made of metal and/or plastic, etc. is pre-installed.

The use of this technological scheme for the reloading of FE and/or FEs and others from the intermediate container into the main container allows ensuring a high degree of safety of the disposal of SHLW and safe working conditions for personnel.

In order to select the optimal structural and kinematic parameters of the constructive elements of the IR manipulator with the gripping flexible lever – grips, the scientific foundations of the simulation of the functioning of the multifunctional gripping flexible lever – grips of the IR manipulator, adapting to the dimensions and shapes of FE, for its safe transfer to the main container; mathematical method for constructing an optimal design for a gripping flexible lever – grip of an IR manipulator for overloading FE and/or FEs and others on the basis of solving the minimax problem of determining its optimal parameters in the compilation of convolution-constraint systems into a generalized criterion for ensuring the reliable retention of FE by gripping flexible lever – grip of the IR manipulator; mathematical model of modeling stochastic processes of a highly efficient and reliable gripping flexible lever – grip of the IR manipulator for FE and/or FEs and others reloading into the main container; software for remote control of the work of the gripping flexible lever – grip of the IR manipulator for FE and/or FEs and others into the main container using network protocols and creating its simulation model were developed.

The force of pressing of the external internal surfaces of each phalanx 3-5 of each lever-gripper to the external confining surface of the upper part of the FE body 10 (figure 3) is determined by the following formula:

$$F = K \cdot G, \quad (1)$$

where P – compressive force, H ; K – coefficient, depending on the characteristics of the materials of the constructive elements of the lever-gripper, G – mass of reloaded FE, kg.

In order to release the upper body of FE 10 from each phalanx 3-5 of each lever-grip on the control panel (in figure 3 it is not shown) by the mechanical arm of the IR manipulator, each end section of the flexible traction element 9 is released from pressure (fixation) on the drive of the control point. In this case, the effort of pressing of each phalanx 3-5 of each lever-grip to the upper body of FE 10 becomes zero. Under the action of the elastic force of the compression-expansion spring 7 and/or the compression-expansion springs 7, the internal external surfaces of each phalanx 3-5 of each lever-grip are moved away from the external confining surface of the upper part of the FE 10.

The force necessary to close all the phalanges of each lever-grip around the upper part of the body of FE is determined by the equation of equilibrium of all forces acting on the grip of the mechanical arm of IR.

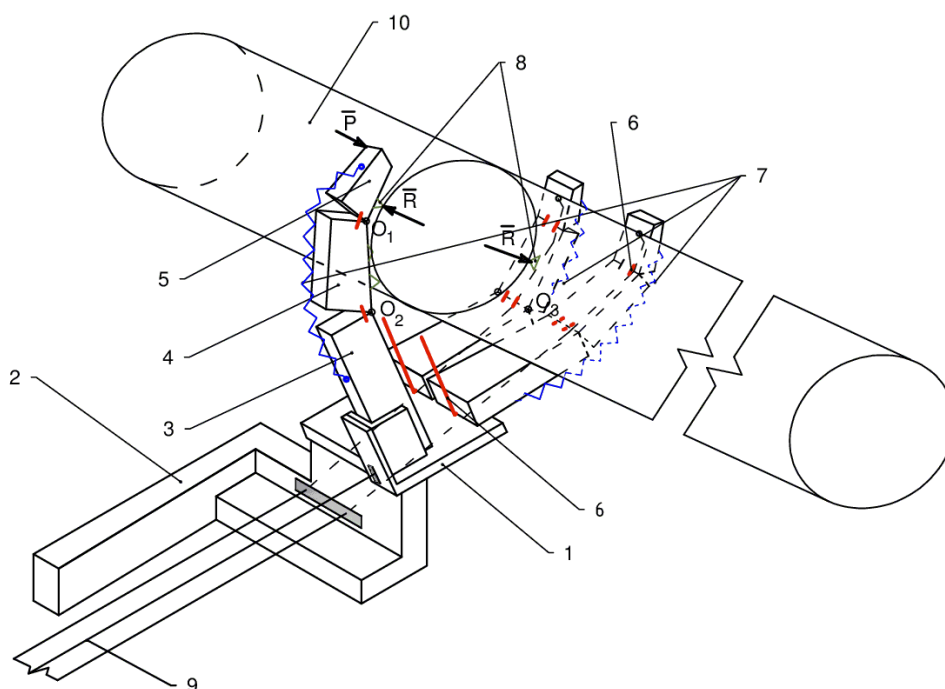


Figure 3 – Three-phalangeal adaptive gripper of the IR manipulator for FE reloading from the intermediate container to the main container for SHLW at its disposal in the underground storage (cemetery) of SHLW: 1– tile-base for fixing the main phalanx of the lever-gripper; 2 – the mounting arm of the manipulator; 3 – the basic phalanx; 4 – middle phalanx; 5 – final phalanx; 6 – the hinge of fastening of adjacent phalanges; 7 – pulling spring; 8 – retaining tooth; 9 – flexible traction element, 10 – FE

The equation of the moments of forces acting on the main, middle and final phalanx of each lever-grip of the mechanical arm of the IR is relative to O and has the form of:

$$\Sigma M_o = 0; \quad (2)$$

$$Pa(\varphi) = Rkb(\varphi) + fRc(\varphi) + mgl(\varphi), \quad (3)$$

where P – force required to reliably capture all the phalanges of each lever-grip of the upper part of the body of FE, N; R – the reaction force from the surface of the upper portion of the FE on the internal surface of each phalanx of each lever-grip, N; a, b, c and l – arms of the forces P and R relative to the hinge axis O of each phalanx of each lever-grip (not shown in figure 3), mm; f – coefficient of friction between the surfaces of the upper part of the FE and the internal surfaces of each phalanx of each lever-grip (as a rule, the coefficient of sliding friction between the surfaces of structural elements made of metals, for example steel, is equal to 0.5).

The force P of pressing each phalanx of each lever-grip to the surface of the upper part of the FE is determined by the formula:

$$P = (a(\varphi))^{-1} \{Rkb(\varphi) + fRc(\varphi) + mgl(\varphi)\}. \quad (4)$$

According to the statistical experimental data, obtained during the investigation of the operation of pressing each phalanx of each lever-grip to the surface of the upper part of FE, carried out under laboratory conditions, the following experimental relationship between the force P and the length of each phalanx of each lever-grip is obtained:

$$P(X) = 3,35X + 0,05, \quad (5)$$

where X – the distance between the point of the conventional axis of the hinge O, located between each two adjacent phalanges, and the contact point of the internal surface of each phalanx of each lever-grip with the bounding surface of the upper section of the FE, mm.

The graph of the relationship between the force P and the distance X between the point of the conventional axis of the hinge O and the contact point of the internal surface of each phalanx of each lever-grip with the bounding surface of the upper section of the FE is shown in figure 4.

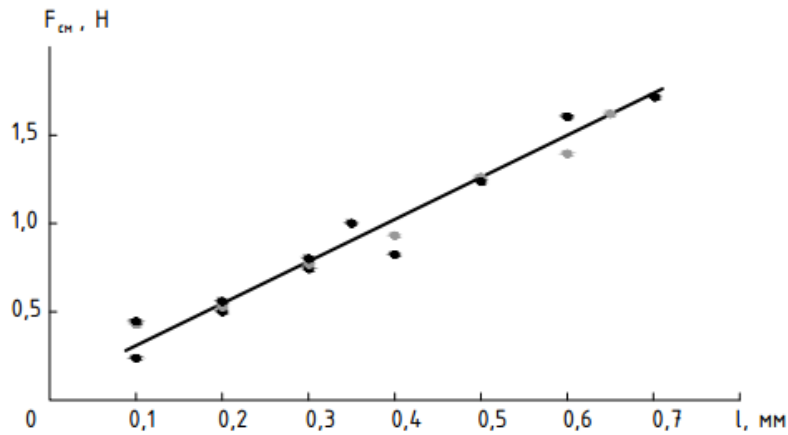


Figure 4 – Graph of the relationship between the force P and the distance X between the point of the conventional axis of the hinge O and the contact point of the internal surface of each phalanx of each lever-grip with the bounding surface of the upper section of the FE

In order to improve the accuracy of determining the geometric, structural kinematic and dynamic parameters of the three-phalangeal adaptive gripper of the IR manipulator, taking into account the stochastic processes of its interaction with the upper section of FE, the method of their estimation is proposed [21, 22].

The value of the force P, i.e. P_k , which interacts with the grip and the upper part of the body of FE, is determined from the following system of equations:

$$\begin{cases} P_{k+1} = P_k + u_k + \gamma_k; & (6) \\ z_k = P_k + \delta_k, & (7) \end{cases}$$

where P_k – value of the force P, determined taking into account the random error of its deviation in the "ideal model"; P_{k+1} – value of the force P, determined taking into account the random error of its deviation in the "ideal model" in another time interval; u_k – value of the force P, controlling the evolution of the matrix of the state of its change, which interacts with the grip and the upper part of the body of FE, which is determined analytically by the formula (3); z_k - value of the force P, determined experimentally taking into account the systematic error caused by the accuracy of the measuring instruments; γ_k and δ_k - respectively, the errors of the mathematical model of analytical calculation and the experimental determination of the force P, measured by technical means of measurement, and which are determined by formulas (6) and (7).

In this case, random errors caused by the deviation of the projected three-phalangeal adaptive mechanism for gripping the IR manipulator from its "ideal" model, and representing random errors, determined by the statistical moments $M\gamma_i$, which magnitude and distribution laws do not depend on time (iteration numbers i); the mean error values are equal to zero: $M\gamma_i = M\delta_i = 0$; the law of distribution of random variables may not be known, but their variances σ_γ^2 и σ_δ^2 are known; it is assumed that all random errors are independent.

It is assumed that the filtered value from the sensor P_i^{opt} is found at the i step, which approximates the true coordinate of the system x_i . The unknown value P_{i+1} is determined by the formula:

$$P_{i+1} = P_{i+1} + u_i + \gamma_i, \quad (8)$$

where u_i – value controlling the evolution of the state matrix of the change of force P.

Therefore, without getting a value from the sensor, it is assumed that at the step $i + 1$ the system evolves according to this law and the sensor will show a value close to the value of $P_i^{opt} + u_i$. On the other hand, at step $i + 1$ there is not an exact indication from the sensor z_{i+1} . The idea is to get the best approximation to the true coordinate P_{i+1} , the so-called "golden" middle is selected between the source z_{i+1} reading from the sensor $P_i^{opt} + u_i$, and its prediction. Kalman K weight coefficient is given to the reading from the sensor, and the predicted value $(1 - K) P_{i+1}^{opt}$ is determined by the formula:

$$P_{i+1}^{opt} = K \cdot z_{i+1} + (1 - K) \cdot (P_i^{opt} + u_i), \quad (9)$$

where K – Kalman weight coefficient, which value is chosen so that the resulting optimal value of the coordinate P_{i+1}^{opt} would be closest to the value of the true coordinate P_{i+1} . For example, if it is known that the readings from the sensor are very accurate, then the degree of confidence in it will be greater and the value z_{i+1} has a greater weight (K is close to 1). If, on the contrary, the sensor is completely inaccurate, then it is necessary to focus more on the theoretically predicted value $P_i^{opt} + u_i$. In general, in order to find the exact value of the Kalman coefficient, it is necessary to minimize the magnitude of random and systematic errors γ_i и δ_i .

In general, in order to find the accurate value of the Kalman coefficient, it is necessary to minimize the value:

$$e_{i+1} = P_{i+1} - P_{i+1}^{opt}. \quad (10)$$

After substituting in equation (9) of formula (8), are obtained:

$$e_{i+1} = (1 - K) \cdot (e_i + \gamma_i) - K \cdot \delta_{i+1}. \quad (11)$$

The average value of the mathematical expectation of the error squared is minimized:

$$M(e_{i+1}^2) \rightarrow \min. \quad (12)$$

The mathematical expectation of the square of the magnitude of the error in determining the force P of the interaction of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator with FE during its reloading from the intermediate container to the main container is determined by the formula:

$$M(e_{i+1}^2) = (1 - K)^2 (Me_i^2 + \sigma_\gamma^2) + K^2 \sigma_\delta^2. \quad (13)$$

This expression assumes a minimum value under the condition:

$$K_{i+1} = \frac{Me_i^2 + \sigma_\gamma^2}{Me_i^2 + \sigma_\gamma^2 + \sigma_\delta^2}. \quad (14)$$

In order to determine the Kalman weight coefficient, it is necessary to calculate the statistical moments of the random errors of the mathematical model and the systematic errors in measuring the force P of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator when it interacts with the upper part of the FE. Thus, an algorithm for solving the developed mathematical model, estimating the stochastic system of the dynamic process of interaction of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator with FE is implemented using an iterative formula for calculating the Kalman weight coefficient.

Calculation of the dependence of the correlation function of the random process of changing the force P on the parameters of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator, taking into account the stochastic processes of its interaction with FE, was made on a conditional example.

The results of the dependence of the values of the energy spectrum of the random process of changing the force P on the parameters of the three-phalangeal adaptive grip of IR and the stochastic processes of reloading of FE from the intermediate container to the main container are given in table 1.

The results of the dependence of the correlation function of the random process of changing the force P on the parameters of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator during stochastic processes of its interaction with FE, which is reloading from the intermediate container to the main container, are given in table 2.

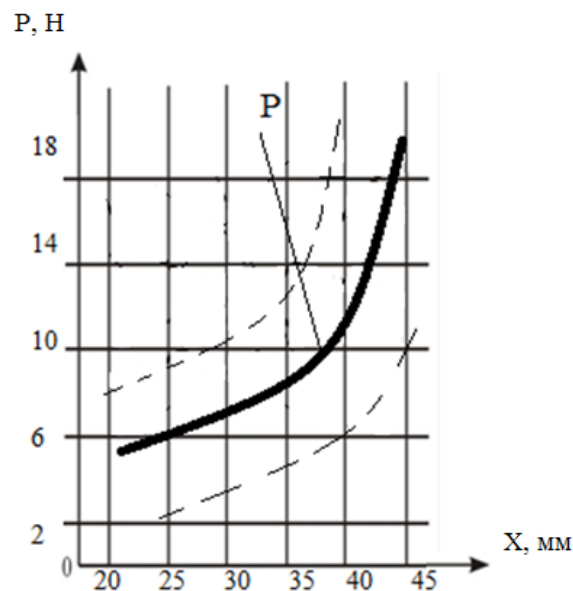
Table 1 – Results of the dependence of the values of the energy spectrum function of a random process of force variation P of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator during the stochastic processes of reloading of FE from the intermediate container to the main container

Indicators	Distance from the conventional axis of the hinge O of the connection of the adjacent located lever-grip phalanges to the contact point of the internal surface of all contacting phalanges of each lever-grip with the FE surface, X, mm				
	$X_1 = 25$	$X_2 = 30$	$X_3 = 35$	$X_4 = 40$	$X_5 = 45$
Energy spectrum ($W(\omega)$), $B^2 \cdot \text{sec/rad}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$	$0,09 \cdot 10^{-2}$

Table 2 – Results of the dependence of the correlation function of the random process of changing the force P on the parameters of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator during stochastic processes of its interaction with FE, which is reloading from the intermediate container to the main container

Indicators	The period of the time for measuring the force P of the three-phalangeal adaptive grip of IR manipulator, τ , sec				
	$\tau_1 = 0$	$\tau_2 = 5$	$\tau_3 = 10$	$\tau_4 = 15$	$\tau_5 = 20$
The correlation function B (τ), (kN) for a given period of time of interaction of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator with the upper part of FE, τ , sec	2,82	2,2	1,04	0,3	0,05

The graph of the dependence of the energy spectrum of the random function of the change in the force P on the parameters of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator during the stochastic processes of interaction with FE reloading from the intermediate container to the main container, is shown in figure 5.



The change in the force P of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator during stochastic processes of reloading of FE from the intermediate, N container to the main container, H.

Distance from the conventional axis of the hinge O of the connection of the adjacent located lever-grip phalanges to the contact point of the internal surface of all contacting phalanges of each lever-grip with the FE surface, mm.

Figure 5 – Graph of dependence of force P on X

Conclusion.

1. This work presents the original mathematical model for calculating the parameters of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator for reloading FE from the intermediate container to the main container.

2. Mathematical methods of calculation and selection of structural, dimensional and mode parameters of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator are developed, taking into account the stochastic processes of its interaction with FE, which is reloaded from the intermediate container to the main container.

3. An innovative design of the three-phalangeal adaptive grip of the IR manipulator taking into account its interaction with FE is developed, which is used when it is transferred from the intermediate container to the main container.

**Т. Т. Қайым¹, В. Ф. Грибанов¹, Е. С. Темирбеков², С. Т. Каимов³,
Аб. Т. Каимов¹, А. Т. Каимов⁴, Г. Т. Каимова⁵, Д. Д. Абилдабекова¹**

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан,

²Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

⁴Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан,

⁵Казахский агро-технический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ИННОВАЦИОННОГО СХВАТА МАНИПУЛЯТОРА РОБОТА ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ТВЕРДЫХ ВЫСОКОРАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА В ОСНОВНОЙ КОНТЕЙНЕР

Введение. По данным Всемирной атомной ассоциации в настоящий период времени во всех странах мира эксплуатируются 449 атомных реактора, еще 62 атомных реактора строятся и около 150 атомных реакторов запланированы для строительства. Мировым лидером в атомной энергетике являются США, где эксплуатируются более 100 атомных реакторов. Быстрее всех «мирный атом» развивает Китай. В Китае строятся 27 атомных реакторов, возведение еще 50 атомных реакторов запланировано в этой стране в будущий период времени.

При эксплуатации атомной электростанции (АЭС) образуются твердые высокорadioактивные отходы (ТВРАО), являющиеся тепловыделяющими элементами (ТВЭЛ-ами) тепловыделяющих сборок атомных реакторов. Радионуклиды, содержащиеся в ТВРАО, губительно действуют на биосферу Земли и резко ухудшают экологию окружающей среды. В настоящий период времени специалистами предусматривается осуществлять захоронение ТВРАО в подземных хранилищах (могильниках) ТВРАО. При осуществлении этой технологической операции ТВЭЛ-ы загружаются в промежуточный контейнер, который транспортируется от АЭС до сборочно-перегрузочного пункта (СПП), сооруженного возле подземного хранилища (могильника) ТВРАО. В СПП из промежуточного контейнера ТВРАО перегружаются в полость (полости), сформированную в теле основного контейнера (контейнеров), изготовленного из блока крепкой горной породы. Эту техническую операцию предусматривается осуществлять рабочим (рабочими) вручную с применением специальных приспособлений, когда он (они) находится непосредственно возле ТВРАО. Безусловно, при выполнении этой операции не обеспечивается требуемая безопасность труда рабочего (рабочих).

В настоящий период времени нами созданы инновационный способ перегрузки ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. из промежуточного контейнера с ТВРАО в полость (полости) основного контейнера, изготовленного из блока крепкой горной породы, реализацию которого предусматривается осуществлять с применением инновационного схвата манипулятора промышленного робота (ПР) и инновационная конструкция трехфалангового адаптивного схвата – захватного устройства манипулятора ПР. Инновационная конструкция трехфалангового адаптивного схвата манипулятора состоит из следующих конструктивных элементов: плитка-основание для крепления фаланг – рычагов-схватов, которая прикрепляется крепежным рычагом к конечной части манипулятора. Каждый схватывающий гибкий рычаг – схват состоит, например, из 3-х фаланг: основной, средней и конечной. Все фаланги между собой соединяются шарнирами. Нижнее основание каждой основной фаланги схватывающего гибкого рычага – схвата крепится шарнирно к плитке – основанию. Между всеми смежнорасположенными фалангами каждого рычага – схвата устанавливаются стягивающие пружины. На участках внутренней поверхности каждой фаланги каждого рычага – схвата укрепляются удерживающие зубья.

Для научно-обоснованного выбора и обоснования конструктивных, геометрических, структурно-кинематических и динамических параметров инновационного схвата манипулятора ПР

разработана эффективная математическая модель их расчета с учетом стохастических процессов его взаимодействия с объектом, т.е. с ТВЭЛ-ом. Точность определения геометрических, структурно-кинематических и динамических параметров трехфалангового адаптивного схвата манипулятора ПР с учетом стохастических процессов взаимодействия его с верхним участком ТВЭЛ-а достигается оценки на основе определения оптимального весового коэффициента Калмана.

Идея работы. В настоящий период времени специалистами создан инновационный способ перегрузки ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. из промежуточного контейнера с ТВРАО в полость (полости) основного контейнера, изготовленного из блока крепкой горной породы, реализацию которого предусматривается осуществлять с применением инновационного схвата манипулятора ПР.

Для научно-обоснованного выбора и обоснования конструктивных, геометрических, структурно-кинематических и динамических параметров инновационного схвата манипулятора ПР разработана эффективная математическая модель их расчета с учетом стохастических процессов его взаимодействия с объектом, т.е. с ТВЭЛ-ом [1-4].

Инновационный дистанционно управляемый мобильный ПР (рисунок 1) с инновационным адаптивным исполнительным механизмом схвата состоит из опорных стоек 1, горизонтальной перекладины 2, средства передвижения 3 (колесное, гусеничное, шагающее и т.д.), к которому прикреплен манипулятор 4 ПР, имеющий несколько степеней свободы подвижности, подобно человеческой руке. К конечной части манипулятора 4 ПР прикрепляется инновационный схват 5. Инновационным схватом 5 ТВЭЛ 6 извлекается из промежуточного контейнера 7 и перегружается в основной контейнер 8.

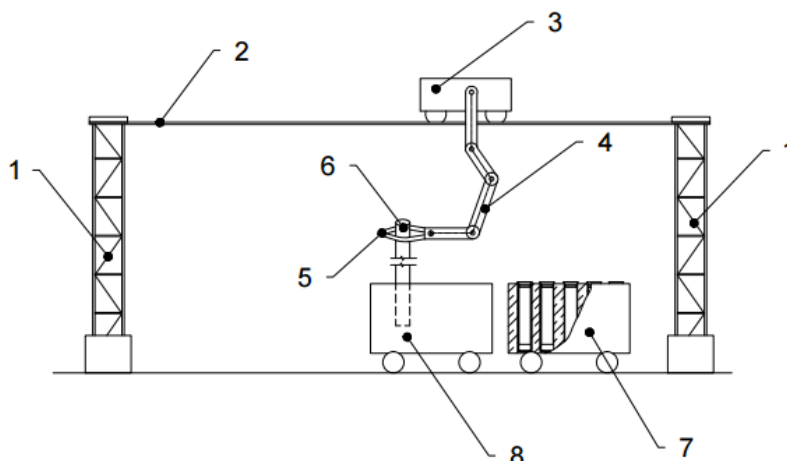


Рисунок 1 – Схема перегрузки тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ-а) ТВРАО из промежуточного контейнера в основной контейнер с применением инновационного схвата манипулятора промышленного робота (ПР): 1 – опорная стойка; 2 – горизонтальная перекладина; 3 – средство передвижения; 4 – манипулятор; 5 – инновационный схват; 6 – тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ); 7 – промежуточный контейнер; 8 – основной контейнер

На основе анализа работ [5-18] предлагается инновационная конструкция трехфалангового адаптивного схвата – захватного устройства (ЗУ) манипулятора ПР. Инновационная конструкция (рисунок 2) трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора состоит из следующих конструктивных элементов: плитка-основание 1 для крепления фаланг – рычагов-схватов, которая прикрепляется крепежным рычагом 2 к конечной части манипулятора.

ЗУ состоит из нескольких конструктивных элементов, так называемых схватывающих гибких рычагов – схватов, кинематическая схема работы каждого из которых условно отождествляется с функционированием отдельного пальца руки человека. Каждый схватывающий гибкий рычаг – схват состоит, например, из 3-х фаланг: основной 3, средней 4 и конечной 5. Все фаланги 3 – 5 между собой соединяются шарнирами 6. Нижнее основание каждой основной фаланги 3 схватывающего гибкого рычага – схвата крепится шарнирно к плитке – основанию 1. Между всеми смежно-расположенными фалангами 3 – 5 каждого рычага - схвата устанавливаются стягивающие пружины 7. На участках внутренней поверхности каждой фаланги 3 – 5 каждого рычага – схвата удерживаются удерживающие зубья 8.

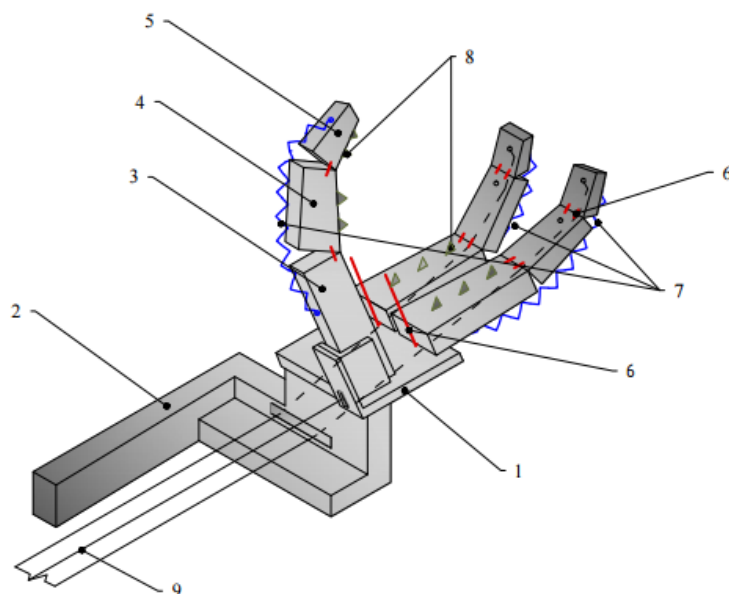


Рисунок 2 – Трехфаланговый адаптивный схват манипулятора ПР для перегрузки ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов из промежуточного контейнера в основной контейнер для ТВРАО при захоронении его в подземном хранилище (могильнике) ТВРАО: 1 – плитка-основание для крепления основной фланги рычага-схвата; 2 – крепежный рычаг манипулятора; 3- основная фланга; 4 – средняя фланга; 5 – конечная фланга; 6 – шарнир крепления смежных фланг между собой; 7 – стягивающая пружина; 8 – удерживающий зуб; 9 – гибкий тяговый элемент

Захватывание предмета, например, ТВЭЛ-а, предназначенного для перемещения из промежуточного контейнера в основной контейнер для ТВРАО, осуществляется следующим образом. Схватывающие гибкие рычаги – схваты, например, три схватывающих гибких рычага – схвата позиционируются «рукой» манипулятора ПР над верхним участком ТВЭЛ-а, находящегося в промежуточном контейнере. Затем они перемещаются сверху вниз на тело верхнего участка ТВЭЛ-а и фиксируются напротив него таким образом, чтобы он был расположен между схватывающими гибкими рычагами – схватами. В зависимости от конкретных условий, например, с одной стороны ТВЭЛ-а будут расположены два схватывающих гибких рычага - схвата, а с противоположной стороны его – один схватывающий гибкий рычаг - схват. В теле каждой фланги 3 – 5 каждого рычага - схвата формируется отверстие, продольная ось которого совпадает с продольной осью фланги. После соединения всех фланг 3 – 5 между собой шарнирами 6, в каждой из них размещается гибкий тяговый элемент 9. Первый гибкий тяговый элемент 9 размещается в отверстиях фланг 3 - 5 от верхнего основания конечной фланги 5, проходя вдоль нее в отверстиях, сформированном в средней фланге 4, в отверстиях, сформированном в основной фланге 3, и противоположный его конец размещается за ее пределами. Конец второго гибкого тягового элемента 9 закрепляется в верхней части средней фланги 4, размещается в отверстиях, сформированном в теле основной фланги 3, и противоположный конец его размещается за ее пределами. Конец третьего гибкого тягового элемента 9 закрепляется в верхней части основной фланги 3, устанавливается в отверстиях, сформированном в теле ее, и противоположный конец его размещается за ее пределами. Каждый противоположно расположенный конечный участок гибкого тягового элемента 9 закрепляется на специальном приводе, установленном в пункте управления манипулятором ПР.

Аналогичным образом устанавливаются гибкие тяговые элементы 9 во всех других схватывающих гибких рычагах – схватах [19, 20].

В зависимости от конкретных условий в полости, сформированной в основном контейнере, могут быть размещены один, два и более ТВЭЛ-ов и/или их части и др. Размещение ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. в других полостях, сформированных в основном контейнере, предусматривается осуществлять аналогичным образом.

При осуществлении технологической операции захватывания схватывающими гибкими рычагами – схватами тела ТВЭЛ-а оператором на пункте управления специальным приводом

осуществляется натяжение всех гибких тяговых элементов 9 схватывающих гибких рычагов – схватов для осуществления прижатия внешних поверхностей всех фаланг 3-5 схватывающих гибких рычагов – схватов к телу ТВЭЛ-а и обеспечения требуемого усилия взаимодействия между соответствующими поверхностями всех фаланг 3-5 схватывающих гибких рычагов-схватов и боковыми поверхностями верхнего участка ТВЭЛ-а для его надежного удержания и базирования.

Затем манипулятором ПР ТВЭЛ поднимается вверх из промежуточного контейнера и манипулятор ПР с ТВЭЛ-ом перемещается по транспортному пути до места установки основного контейнера, размещенного на СПП. Он устанавливается над соответствующей полостью, сформированной в основном контейнере, таким образом, чтобы нижнее основание ТВЭЛ-а совмещалось с участком верхнего основания полости, сформированной в основном контейнере.

В следующую очередь, оператор, находясь на пункте управления, дистанционно освобождает концы гибких тяговых элементов 9 от закрепления на специальном приводе в пункте управления. Схватывающие гибкие рычаги – схваты под действием силы упругости специальных упругих элементов - пружин 7 отодвигаются от тела ТВЭЛ-а. При этом ТВЭЛ под действием собственного веса опускается в полость, сформированную в основном контейнере. Под действием силы упругости пружин 7 каждый схватывающий гибкий рычаг – схват выпрямляется и продольная ось каждого из них занимает горизонтальное и/или практически горизонтальное положение, возвращаясь в исходное нерабочее состояние.

Для повышения эффективности размещения ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. в полости, сформированной в основном контейнере, в ней предварительно устанавливается специальный направляющий элемент, например, воронка, изготовленная из металла и/или пластика и др.

Применение данной технологической схемы перегрузки ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. из промежуточного контейнера в основной контейнер позволяет обеспечить высокую степень безопасности захоронения ТВРАО и безопасные условия работы персонала.

Для выбора и обоснования оптимальных структурно-кинематических параметров конструктивных элементов манипулятора ПР с схватывающим гибким рычагом - схватом разработаны научные основы имитационного моделирования функционирования многофункционального схватывающего гибкого рычага - схвата манипулятора ПР, адаптирующегося к размерам и формам ТВЭЛ-а, для его безопасной перегрузки в основной контейнер; математический метод построения оптимального варианта конструкции схватывающего гибкого рычага - схвата манипулятора ПР для перегрузки ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. на основе решения минимаксной задачи определения его оптимальных параметров при составлении свертски систем ограничений в обобщенный их критерий для обеспечения надежного удерживания ТВЭЛ-а схватывающими гибкими рычагами-схватами манипулятора ПР; математическая модель моделирования стохастических процессов работы высокоэффективного и надежного схватывающего гибкого рычага – схвата манипулятора ПР для перегрузки ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. в основной контейнер; программное обеспечение дистанционного управления работой схватывающего гибкого рычага – схвата манипулятора ПР для перегрузки ТВЭЛ-а и/или ТВЭЛ-ов и др. в основной контейнер с использованием сетевых протоколов и создание его имитационной модели.

Сила прижатия внешних внутренних поверхностей каждой фаланги 3 – 5 каждого рычага-схвата к внешней ограничивающей поверхности верхнего участка тела ТВЭЛ-а 10 (рисунок 3) определяется по следующей формуле:

$$F = K \cdot G,$$

где P – сжимающее усилие, Н; K – коэффициент запаса, зависящий от характеристик материалов конструктивных элементов рычага-схвата; G – масса перегружаемого ТВЭЛ-а 10, кг.

Для освобождения верхнего участка тела ТВЭЛ-а 10 от каждой фаланги 3-5 каждого рычага-схвата на пульте управления (на рисунке 3 не показано) механической рукой манипулятора ПР каждый конечный участок гибкого тягового элемента 9 освобождается от натяжения (фиксации) на приводе пункта управления. При этом усилие прижатия каждой фаланги 3 – 5 каждого рычага-схвата к верхнему участку тела ТВЭЛ-а 10 становится равной нулю. Под действием силы упругости сжимающе-разжимающей пружины 7 и/или сжимающе-разжимающих пружин 7 внешние внутренние поверхности каждой фаланги 3-5 каждого рычага-схвата отодвигаются от внешней ограничивающей поверхности верхней части ТВЭЛ-а 10.

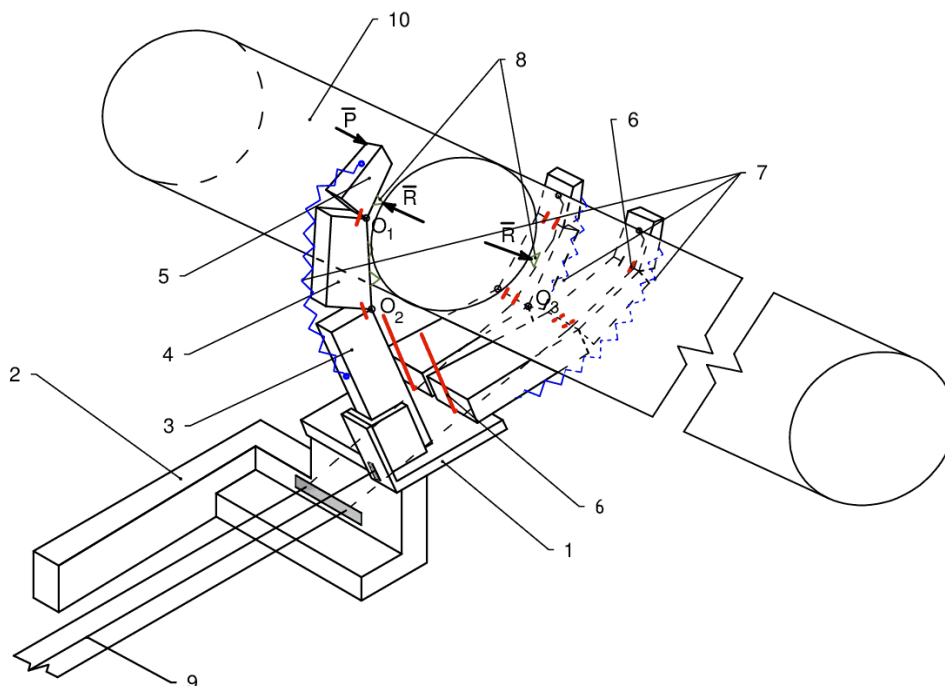


Рисунок 3 – Трехфланговый адаптивный схват манипулятора робота для перегрузки ТВЭЛ-а из промежуточного контейнера в основной контейнер для ТВРАО при захоронении его в хранилище (могильнике) ТВРАО:

- 1 – плитка-основание для крепления основной фланги рычага-схвата; 2 – крепежный рычаг манипулятора; 3 – основная фланга; 4 – средняя фланга; 5 – конечная фланга; 6 – шарнир крепления смежных фланг между собой; 7 – стягивающая пружина; 8 – удерживающий зуб; 9 – гибкий тяговый элемент, 10 – ТВЭЛ

Из уравнения равновесия всех сил, действующих на схват механической руки ПР, определяется сила, необходимая для смыкания всех фланг каждого рычага-схвата вокруг верхнего участка тела ТВЭЛ-а.

Уравнение моментов сил, действующих на основную, среднюю и конечную флангу каждого рычага-схвата механической руки ПР относительно O , имеет вид:

$$\sum M_O(\varphi) = 0; \quad (1)$$

$$Pa(\varphi) = Rk_1b(\varphi) + fRc(\varphi) + mgl(\varphi), \quad (2)$$

где P – сила, требуемая для надежного захвата всеми флангами каждого рычага-схвата верхнего участка тела ТВЭЛ-а; H ; R – сила реакции со стороны поверхности верхнего участка ТВЭЛ-а на внутреннюю поверхность каждой фланги каждого рычага-схвата, H ; a , b , c и l – плечи действия сил P и R относительно оси шарнира O каждой фланги каждого рычага-схвата (на рисунке 3 не показано), мм; f – коэффициент трения между поверхностями верхнего участка ТВЭЛ-а и внутренними поверхностями каждой фланги каждого рычага-схвата (как правило, величина коэффициента трения скольжения между поверхностями конструктивных элементов, изготовленных из металлов, например, стали, равна 0,5).

Сила P прижатия каждой фланги каждого рычага-схвата к поверхности верхнего участка ТВЭЛ-а определяется по формуле:

$$P = (a(\varphi))^{-1}\{Rk_1b(\varphi) + fRc(\varphi) + mgl(\varphi)\}. \quad (3)$$

По статистическим экспериментальным данным, полученными при исследовании операции прижатия каждой фланги каждого рычага-схвата к поверхности верхнего участка ТВЭЛ-а, проведенных в лабораторных условиях, получена следующая экспериментальная зависимость между силой P и величиной длины каждой фланги каждого рычага-схвата:

$$P(X) = 3,35X + 0,05, \quad (4)$$

где X – расстояние между точкой условной оси шарнира O , расположенного между каждыми двумя смежными фалангами, и точкой контакта внутренней поверхности каждой фаланги каждого рычага-схвата с ограничивающей поверхностью верхнего участка ТВЭЛ-а, мм.

График зависимости между силой P и расстоянием X между точкой условной оси шарнира O и точкой контакта внутренней поверхности каждой фаланги каждого рычага-схвата с ограничивающей поверхностью верхнего участка ТВЭЛ-а приведен на рисунке 4.

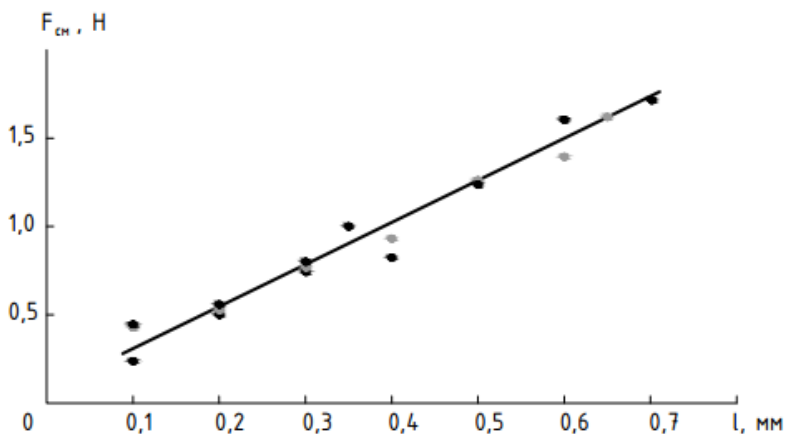


Рисунок 4 – График зависимости между силой P и расстоянием X между точкой условной оси шарнира O и точкой контакта внутренней поверхности каждой фаланги каждого рычага-схвата с ограничивающей поверхностью верхнего участка ТВЭЛ-а

Для повышения точности определения геометрических, структурно-кинематических и динамических параметров трехфалангового адаптивного схвата- манипулятора ПР с учетом стохастических процессов взаимодействия его с верхним участком ТВЭЛ-а предлагается метод их оценки [21, 22].

Величина силы P , т.е. x_k , с которой схват взаимодействует с верхним участком тела ТВЭЛ-а, определяется из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} x_{k+1} = x_k + u_k + \gamma_k; \\ z_k = x_k + \delta_k, \end{cases} \quad (5)$$

где x_k – величина силы P , определяемая с учетом случайной ошибки ее отклонения в «идеальной модели»; x_{k+1} – величина силы P , определяемая с учетом случайной ошибки ее отклонения в «идеальной модели» в другом временном интервале; u_k – величина силы P , контролирующая эволюцию матрицы состояния изменения ее, с которой схват взаимодействует с верхним участком тела ТВЭЛ-а, которая определяется аналитически по формуле (3); z_k – величина силы P , определяемая экспериментально с учетом систематической ошибки, обуславливаемой точностью измерительных приборов; γ_k и δ_k – соответственно, ошибки математической модели аналитического расчета и экспериментального определения силы P , измеряемые техническими средствами измерения, и которые определяются по формулам (3) и (4).

При этом случайные ошибки, вызванные отклонением спроектированного трехфалангового адаптивного механизма схвата-манипулятора ПР от его «идеальной» модели, и представляющие собой случайные ошибки, определяются статистическими моментами $M\gamma_i$, величины которых и их законы распределения не зависят от времени (номера итерации i); средние значения ошибок равны нулю: $M\gamma_i = M\delta_i = 0$; сам закон распределения случайных величин может быть и не известен, но известны их дисперсии σ_γ^2 и σ_δ^2 ; предполагается, что все случайные ошибки независимы.

Предполагается, что на i -ом шаге найдено отфильтрованное значение с сенсора x_i^{opt} , которое приближает истинную координату системы x_i . Неизвестная величина x_{i-1} определяется по формуле:

$$x_{i+1} = x_i + u_i + \gamma_i, \quad (7)$$

где u_i – величина, контролирующая эволюцию матрицы состояния изменения силы P .

Поэтому, еще не получая значение с сенсора, полагается, что на шаге $i+1$ система эволюционирует согласно этому закону и с сенсор покажет величину близкую к значению $x_i^{opt} + u_i$. С другой стороны, на шаге $i+1$ имеется не точное показание с сенсора z_{i+1} . Идея состоит в том, чтобы получить наилучшее приближение к истинной координате x_{i+1} выбирается так называемая «золотая» середина между показанием z_{i+1} источника с сенсора и $x_i^{opt} + u_i$, являющимся его предсказанием. Показанию с сенсора дается весовой коэффициент Калмана K , а на предсказанное значение $(1 - K)$ величина x_{i+1}^{opt} определяется по формуле:

$$x_{i+1}^{opt} = K \cdot z_{i+1} + (1 - K) \cdot (x_i^{opt} + u_i), \quad (8)$$

где K – весовой коэффициент Калмана, величина которого выбирается такой, чтобы получившееся оптимальное значение координаты x_{i+1}^{opt} было бы наиболее близко к величине истинной координаты x_{i+1} . Например, если известно, что показания с сенсора очень точные, то степень доверия к нему будет больше и значение z_{i+1} имеет больший вес (K близко единице). Если же сенсор, наоборот, неточный, тогда необходимо больше ориентироваться на теоретически предсказанное значение $x_i^{opt} + u_i$. В общем случае, чтобы найти точное значение коэффициента Калмана необходимо минимизировать величину случайных и систематических ошибок γ_i и δ_i .

В общем случае, чтобы найти точное значение коэффициента Калмана необходимо минимизировать величину:

$$e_{i+1} = x_{i+1} - x_{i+1}^{opt}. \quad (9)$$

После подстановки в уравнение (9) формулы (8) получается:

$$e_{i+1} = (1 - K) \cdot (e_i + \gamma_i) - K \cdot \delta_{i+1}. \quad (10)$$

Минимизируется среднее значение математического ожидания от квадрата ошибки:

$$M(e_{i+1}^2) \rightarrow \min. \quad (11)$$

Математическое ожидание квадрата величины ошибки определения силы P взаимодействия трехфалангового адаптивного схвата манипулятора ПР с ТВЭЛ-ом при его перегрузке из промежуточного контейнера в основной контейнер определяется по формуле:

$$M(e_{i+1}^2) = (1 - K)^2 (M e_i^2 + \sigma_\gamma^2) + K^2 \sigma_\delta^2. \quad (12)$$

Это выражение принимает минимальное значение при условии:

$$K_{i+1} = \frac{M e_i^2 + \sigma_\gamma^2}{M e_i^2 + \sigma_\gamma^2 + \sigma_\delta^2}. \quad (13)$$

Для определения весового коэффициента Калмана необходимо вычислить статистические моменты случайных ошибок математической модели и систематических ошибок измерений силы P трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР при взаимодействии его с верхним участком ТВЭЛ-а. Таким образом, реализуется алгоритм решения разработанной математической модели, оценки стохастической системы динамического процесса взаимодействия трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР с ТВЭЛ-ом с использованием итерационной формулы для вычисления весового коэффициента Калмана.

Расчет зависимости функции корреляции случайного процесса изменения силы P от параметров трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР с учетом стохастических процессов его взаимодействия с ТВЭЛ-ом произведен на условном примере.

Результаты зависимости значений энергетического спектра случайного процесса изменения силы P от параметров трехфалангового адаптивного схвата ПР и стохастических процессов перегрузки ТВЭЛ-а из промежуточного контейнера в основной контейнер приведены в таблице 1.

Результаты зависимости функции корреляции случайного процесса изменения силы P от параметров трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР при осуществлении стохастических процессов его взаимодействия с ТВЭЛ-ом, перегружаемого из промежуточного контейнера в основной контейнер, приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты зависимости значений функции энергетического спектра случайного процесса изменения силы Р трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР при осуществлении стохастических процессов перегрузки ТВЭЛ-а из промежуточного контейнера в основной контейнер

Показатели	Расстояние от условной оси шарнира О соединения смежнорасположенных фаланг рычага-схвата до точки контакта внутренней поверхности всех контактирующих фаланг каждого рычага-схвата с поверхностью ТВЭЛ-а, X, мм				
	X ₁ = 25	X ₂ = 30	X ₃ = 35	X ₄ = 40	X ₅ = 45
Энергетический спектр (W(ω)), В ² ·с/рад	5·10 ⁻²	3,9·10 ⁻²	1,8·10 ⁻²	0,5·10 ⁻²	0,09·10 ⁻²

Таблица 2 – Результаты зависимости функции корреляции случайного процесса изменения силы Р от параметров трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР при осуществлении стохастических процессов его взаимодействия с ТВЭЛ-ом, перегружаемого из промежуточного контейнера в основной контейнер

Показатели	Продолжительность периода времени измерения силы Р трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР, τ, с				
	τ ₁ = 0	τ ₂ = 5	τ ₃ = 10	τ ₄ = 15	τ ₅ = 20
Функция корреляции В(τ), (кН) в заданный период времени взаимодействия трехфалангового адаптивного схвата- манипулятора ПР с верхним участком ТВЭЛ-а, τ, с	2,82	2,2	1,04	0,3	0,05

График зависимости энергетического спектра случайной функции изменения силы Р от параметров трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР при осуществлении стохастических процессов его взаимодействия с ТВЭЛ-ом, перегружаемого из промежуточного контейнера в основной контейнер, приведен на рисунке 5.

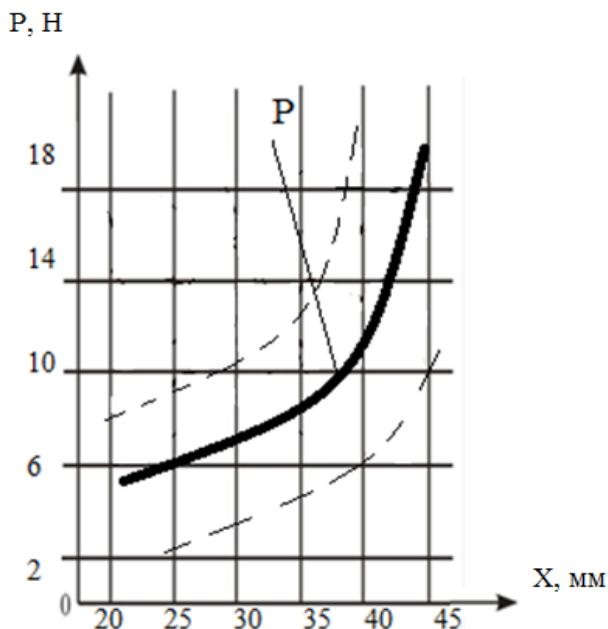


Рисунок 5 – График зависимости силы Р от X

Изменение силы Р трехфалангового адаптивного схвата манипулятора ПР при осуществлении стохастических процессов перегрузки ТВЭЛ-а из промежуточного контейнера в основной контейнер, Н.

Расстояние от условной оси шарнира О соединения смежнорасположенных фаланг рычага-схвата до точки контакта внутренней поверхности всех контактирующих фаланг каждого рычага-схвата с поверхностью ТВЭЛ-а, мм.

Выводы:

1. В данной работе представлена оригинальная математическая модель расчета параметров трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР для перегрузки ТВЭЛ-а из промежуточного контейнера в основной контейнер.

2. Разработаны математические методы расчета и выбора структурных, размерных и режимных параметров трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР с учетом стохастических процессов его взаимодействия с ТВЭЛ-ом, перегружаемого из промежуточного контейнера в основной контейнер.

3. Создана инновационная конструкция трехфалангового адаптивного схвата-манипулятора ПР с учетом его взаимодействия с ТВЭЛ-ом, применяемого при перегрузке его из промежуточного контейнера в основной контейнер.

REFERENCES

- [1] Ceccarelli M. Fundamentals of Mechanics of Robotic Manipulation // Kluwer. Springer, Dordrecht, 2004 (ISBN 1-4020-1810-X).
- [2] Bautista Paz E., Bernardos Rodriguez R., Ceccarelli M., et al Breve historia ilustrada de las maquinas // ETSII, Madrid, 2007 (ISBN 978-84-7484-200-5).
- [3] Lopez-Cajun C.S., Ceccarelli M. Mecanismos: Fundamentos cinematicos para el diseno y la optimizacion de la maquinaria // Trillas, Ciudad de Mexico, 2008 (ISBN 978-968-24-8181-9); 2nd Edition 2013.
- [4] Bautista Paz E., Ceccarelli M., Echavarrri Otero J., Munoz Sanz, J.J. A brief illustrated history of machines and mechanisms, Science and Engineering // Book series on History of Machines and Machine Science. Vol. 10. Springer, Dordrecht, 2010. DOI 10.1007/978-90-481-2512-8. ISBN: 978-90-481-2511-1.
- [5] Trubyn I.A. Analysis of processes of grasping and letting go of the parts gripper of the manipulator. Proc. LPI. L., 1982. N 382. P. 88-94.
- [6] Kolpashnikov S.N., Chelpanov I.B. Objectives of engineering evaluation of tongs robots // Actual issues of application of industrial robots for industrial automation. Vladimir: VDNTI, 1980. P. 10-12.
- [7] Gripping devices of industrial robots. Methodical recommendations. M.: VNIMS, 1982. 55 p.
- [8] Chelpanov I.B., Kolpashnikov S.N. Tongs for industrial robots. L.: Mechanical Engineering, 1989. 287 p.
- [9] Mechanics of industrial robots: a textbook for technical colleges: In 3 books / Ed. by K.V. Frolov, E.I. Vorobyov. M.: Higher. sch., 1988. 304 p.
- [10] System tactile sensing and adaptive industrial robots / Ed. by E.P. Popov, V.V. Klyuyev. M.: Mechanical Engineering, 1985. 256 p.
- [11] Dynamics control of robots / V.V. Kozlov, V.P. Makarychev, A.V. Timofeev and others. M.: Science, 1984. 336 p.
- [12] Manipulation robot system / Ed. by A. M. Korendyaseva. M., 1989. 472 p.
- [13] Tasks and methods of adaptive control when grasping and holding objects tongs robots // Proc.6-th all-Union conference on control in mechanical systems. Lviv, 1988.
- [14] Dvornikov L.F., Duplex Yu.C. Sasinkova manipulator with a closed kinematic chain. The description of the patent № 2532751, RU. MPK B25J 9/02, F16H 21/14. 10.09.2014. N 25. 5 p.
- [15] Kushmanov E.A., Kushmanova L.E., Konuhov V.P., Sazhko V.A., E.P. Itopic Manipulator. Description of the invention to author's certificate № 1355485. SU. MPK 4B25 J 18/00. 30.11.1987. N 44. 5 p.
- [16] Smirnov A.B., Krushinsky I.A., Borisevich V.A. Piezoelectric gripper. The description of the patent № 2529126. RU. MPK B25J 15/08, B25J 7/00. 27.09.2014. N.№27. 9 p.
- [17] Kashioka et al. An approach to the integrated intelligent robot with multiple sensory. Visual recognition techniques // 7th Symp on Ind. Robots. Tokyo, 1977.
- [18] It's quafe F. Interaction of the robot with the external environment / Per. F.R. M.: Mir, 1985. 285 p.
- [19] Kayim T.T. Adaptable multi-purpose working bodies of building and road machines. Almaty, 1998. 148 p.
- [20] Kayim T.T., Seytbatolov S.M., Sakaev E.I. Mechanization of reloading work on transport. Almaty, 2002. 323 p.
- [21] Abylay Kaimov, etc. Mathematical model of stochastic processes highly efficient soil destruction (placer and peat) is an innovative dozer blade. International journal // The Search. International scientific journal-the application of the Republic of Kazakhstan. Almaty, 2016. P. 253-259.
- [22] Abilay Kaimov, etc. Mathematical model of increase of authenticity of assessment of the empirical data with the destruction of the soil innovative dozer blade with removable cutting with a knife // International scientific journal-the application of the Republic of Kazakhstan. Almaty, 2016. P. 240-247.

Т. Т. Қайым¹, В. Ф. Ғрибанов¹, Е. С. Темирбеков², С. Т. Каимов³,
Аб. Т. Каимов¹, А. Т. Каимов⁴, Г. Т. Каимова⁵, Д. Д. Абилдабекова¹

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,

²Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

⁴Есептеу және ақпараттық технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

⁵С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан,

**РОБОТ МАНИПУЛЯТОРДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ СХВАТ МЕХАНИЗМІНІҢ
ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАТТЫ АСА ЖОҒАРЫ РАДИОАКТИВТІ
ЖЫЛЫ ШЫҒАРАТЫҢ ЭЛЕМЕНТ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ТИЕУ КЕЗІНДЕГІ
ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ СТОХАСТИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ
ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ**

Аннотация. Оңтайлы және квази-оңтайлы алгоритмдердің рекуррентті бағалау кинематикалық және динамикалық параметрлерін атқарушы механизмдері жаңашыл идея болып табылады. Механизмнің кейбір бөлшектері, кинематикалық және динамикалық параметрлерін мульти-жетек болып табылатын жұмысына инновациялық тегігін қармауын дамыту және кездейсоқ ауытқу шамаларын оңтайлы әдістерін қарастыру.

Мақала бірнеше ғылыми жетістіктер мен маңыздылықтарды қамтиды. Ол өз қатарынан жобаны бірігіп жоспарлау аясында қоршаған ортамен (аса белсенді қатты қалдықтар) қармау механизмінің геометрикалық, кинематикалық, динамикалық параметрлерімен өзара қарым-қатынасы.

Түйін сөздер: математикалық модель, робот, контейнер, радиоактивті қалдықтар, жүк тиегіш.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 175 – 184

UDC 625.855.3

N. M. Mahmetova, V. G. Solonenko, S. T. Bekzhanova

M. Tynyshpayev kazakh academy of transport and communications, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: makhmetova_n1958@mail.ru

THE CALCULATION OF FREE OSCILLATIONS OF AN ANISOTROPIC THREE-DIMENSIONAL ARRAY OF UNDERGROUND STRUCTURES

Abstract. This work is a theoretical research aimed at studying the amplitude-frequency characteristics of the system "lining-soil". It was found that fluctuations in the deformation occur, not only the soil mass, but in an underground structure in the course of a numerical experiment to study the free oscillations of an anisotropic three-dimensional array with the station tunnel.

We investigate on the basis of the variational formulation of the finite element method of amplitude-frequency characteristics of the system "lining-soil". A generalized problem of eigen values is solved iteratively in the subspace based on the scheme of the Jacobi algorithm.

Keywords: free oscillation, stress-strain state, lining, stress, displacement, algorithm.

Creating a reliable method of calculating vehicle stability of underground structures of finite size in difficult ground conditions under the influence of static and dynamic loads is very challenging. In Kazakhstan a developed mining industry, with increasing depth of mining operations and the deterioration of the conditions of development of mineral deposits, the requirements to ensure the sustainability of developments rise sharply. In addition, with the construction of the Almaty Metro in the zone of possible 9-10-magnitude earthquake, it needs reliable recommendations for earthquake resistance.

All this calls for fundamental research involving modern apparatus of mathematics and mechanics of solids, unconventional analytical and numerical methods for solving tasks and creation on their basis of software tools for the analysis of dynamic stability of various vehicles designed and constructed underground structures for various purposes [1, 2].

Study of free oscillations of transport facilities is important to determine the effect of physical and mechanical properties and geometric parameters of the structural elements and the surrounding massif complex structure at their resonant frequency response. On the other hand, the study of the dynamic response of a spatial reference system "underground structure array rocks" lower frequencies is necessary for the formation and basic solutions allowing movement of the matrix equations [3-5].

We study the free oscillations of the soil mass with a three-dimensional transport of underground structures on the basis of the numerical method – finite element method (FEM) – in conjunction with an iterative method in the subspace.

Object of research is the lower half-space with underground facilities shallow emplacement. Rock mass consists of a non-uniform layers with different physical and mechanical properties. Elastic status of each layer is described by the generalized Hooke's law:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \quad (1)$$

where $\{\sigma\} = \{\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \dots, \tau_{xz}\}^T$, $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \dots, \lambda_{xz}\}^T$, $[D] = [d_{ij}]$, $(i, j = 1, 2, \dots, 6)$ - elastic solid matrix; elastic moduli d_{ij} represented by the elastic constants transropic array E_k, ν_k, G_2 , $(k = 1, 2)$ of

angles of inclination of the plane of isotropy φ and inclination to the longitudinal axis of the horizontal three-dimensional structures of the transport line stretch isotropic plane ψ [6,7].

Boundary conditions: the lateral faces and the base of the calculation region with the construction of non-deformable - $u = v = w = 0$; internal the breed contour lining and free from external loads - $X_n = Y_n = Z_n = 0$. Spatial computational domain is divided into 1606 prismatic elements with 2875 nodes.

Differential equations oscillation system for the array to transport underground structures can be represented as:

$$[M]\{\ddot{U}(t)\} + [C]\{\dot{U}(t)\} + [K]\{U(t)\} = \{R(t)\}, \quad (2)$$

where $\{R(t)\}$ - vector external nodal forces, $\{\ddot{U}(t)\}$, $\{\dot{U}(t)\}$, $\{U(t)\}$ - Vectors of nodal accelerations, velocities and displacements, $[M]$, $[C]$, $[K]$ - accordingly, the mass matrix, rigidity and damping system. The matrix equation of free oscillations "lining-ground" of the system obtained from (2), when the effect of damping and the impact of external forces that are missing $[C]=0$, $\{R\}=0$

$$[M]\{\ddot{U}\} + [K]\{U\} = 0. \quad (3)$$

Stiffener matrix is computed using the integral [3,4]:

$$[k] = \int_V [B]^T [D][B] dV = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [B]^T [D][B] \det[J] d\xi d\eta d\zeta. \quad (4)$$

Integral expression (4) after the application of Gauss-Legendre quadrature to the form

$$[k] = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^P H_i H_j H_k [B]_{ijk}^T [D][B]_{ijk} \det[J]. \quad (5)$$

System stiffness matrix $[K]$ is produced by summing all elements of the stiffness matrix

$$[K] = \sum_{i=1}^K [k_i]. \quad (6)$$

System mass matrix is formed from the matrix elements of the masses is similar to the system stiffness matrix. Mass Matrix prismatic element has the form [8, 9]:

$$[m] = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m H_i H_j H_k \rho [P_{ijk}]^T [P_{ijk}] \det[J], \quad (7)$$

where $[P_{ijk}]$ - matrix interpolating movements. System mass matrix is obtained by summing all elements of the mass matrix

$$[M] = \sum_{i=1}^K [m_i]. \quad (8)$$

The solution of ordinary differential equations of second order (3) can be written as:

$$\{U\} = \{\varphi\} \sin(\omega(t - \alpha_0)). \quad (9)$$

Substituting (9) into (3) gives a common problem eigen values

$$[K]\{\varphi\} = \omega^2 [M]\{\varphi\}. \quad (10)$$

We introduce the notation $\lambda = \omega^2$, then (10) takes the form:

$$[K]\{\varphi\} = \lambda [M]\{\varphi\}. \quad (11)$$

For the solution of the generalized problem of eigen values used in the subspace iterative method based on the algorithm of Jacobi method and the properties of the Sturm sequence [10].

When iterative methods are necessary at each step to analyze the convergence of the obtained approximations. Let a (k-1) and (k) - iteration step approximate calculated eigenvalues $\lambda_i^{(k)}$ and $\lambda_i^{(k+1)}$ then the convergence is achieved at

$$\frac{\lambda_i^{(k+1)} - \lambda_i^{(k)}}{\lambda_i^{(k+1)}} \leq \varepsilon, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \tag{12}$$

The effectiveness of the chosen method is explained, first, the initial choice of the subspace, sufficiently close to the desired lowest eigen values; secondly, the transition from the convenience of the algorithm to another subspace, which ensures "best" approximation of eigen values vectors. Furthermore, the use of translations and other accelerating processes also increases the efficiency of the method [10].

In the study of stress-strain state of the system "lining-ground" on the seismic action the first and necessary step in the calculation is to determine the frequencies and modes of vibration of the system. Calculation of amplitude-frequency characteristics of the system "lining-soil" is made in the subspace iteration method above.

Received 100 first frequencies and forms of oscillations in the frequency range up to 22.2 Hz. values "lining-soil" system of the lower frequencies of free oscillations are shown in Table. As you can see, the range of "lining-soil" system of natural frequencies is quite dense.

The values of the frequency of free oscillations "lining-soil" system

Frequency rooms	1	2	3	4	5	6	7	8
ω_i (Hz)	1,78	3,09	3,61	3,84	4,31	4,65	5,87	6,13

Figures 1-3 show three-dimensional forms (fashion) free oscillations of the system "lining-ground."

Modes 1 and 2 are horizontal oscillations soil layer, wherein the first mode is a skew-symmetric and the second mode – symmetric. In modes 3-5 are more pronounced vertical oscillations. The third mode is

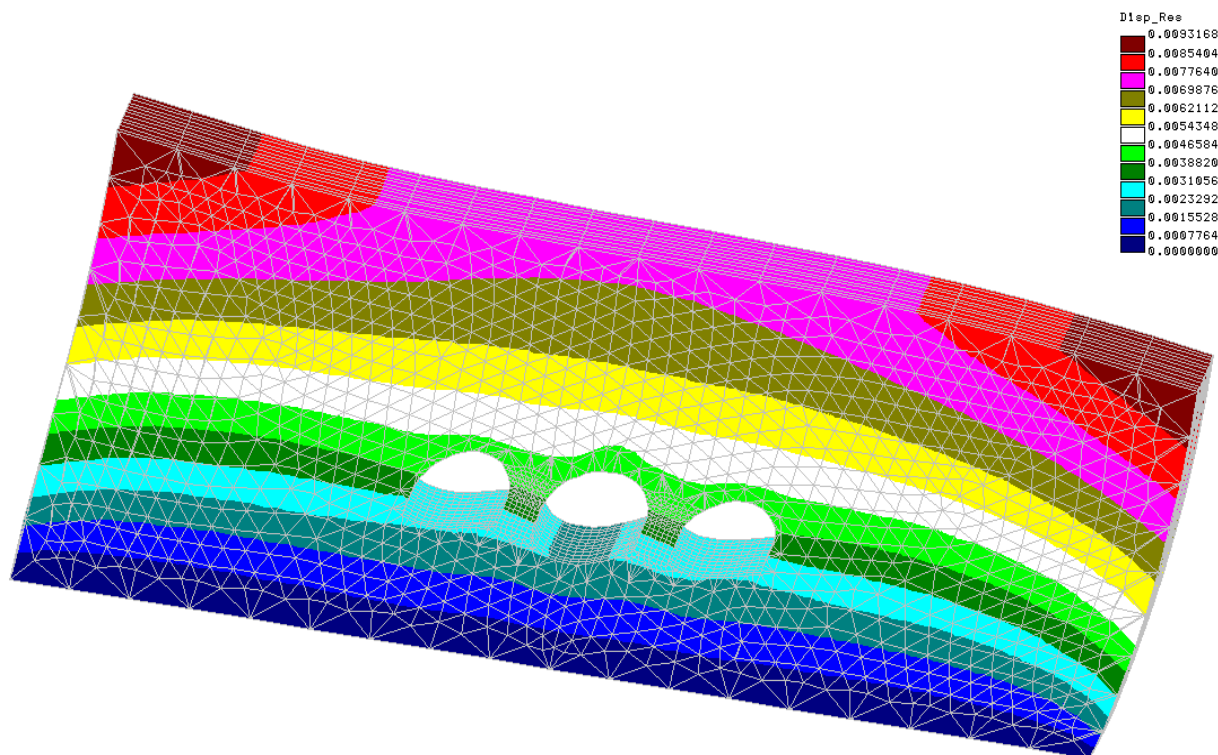


Figure 1 – The first mode of free oscillations "lining-soil" system

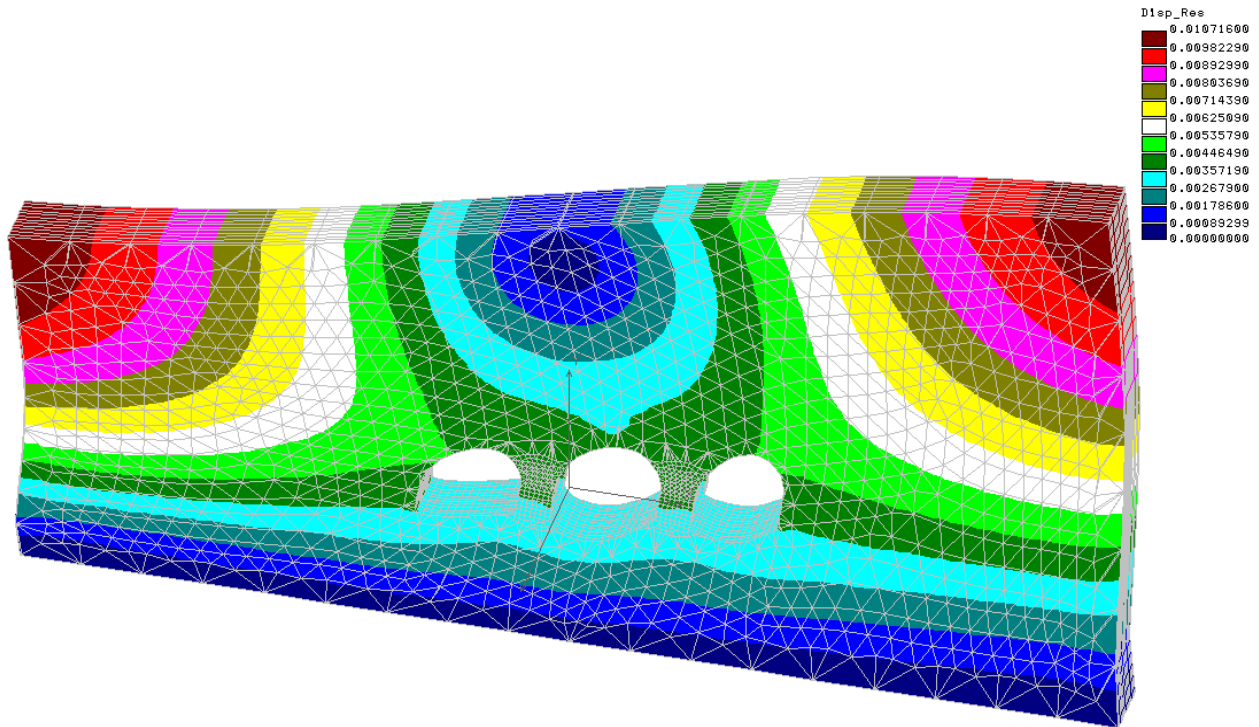


Figure 2 – The third mode of free oscillations "lining-soil" system

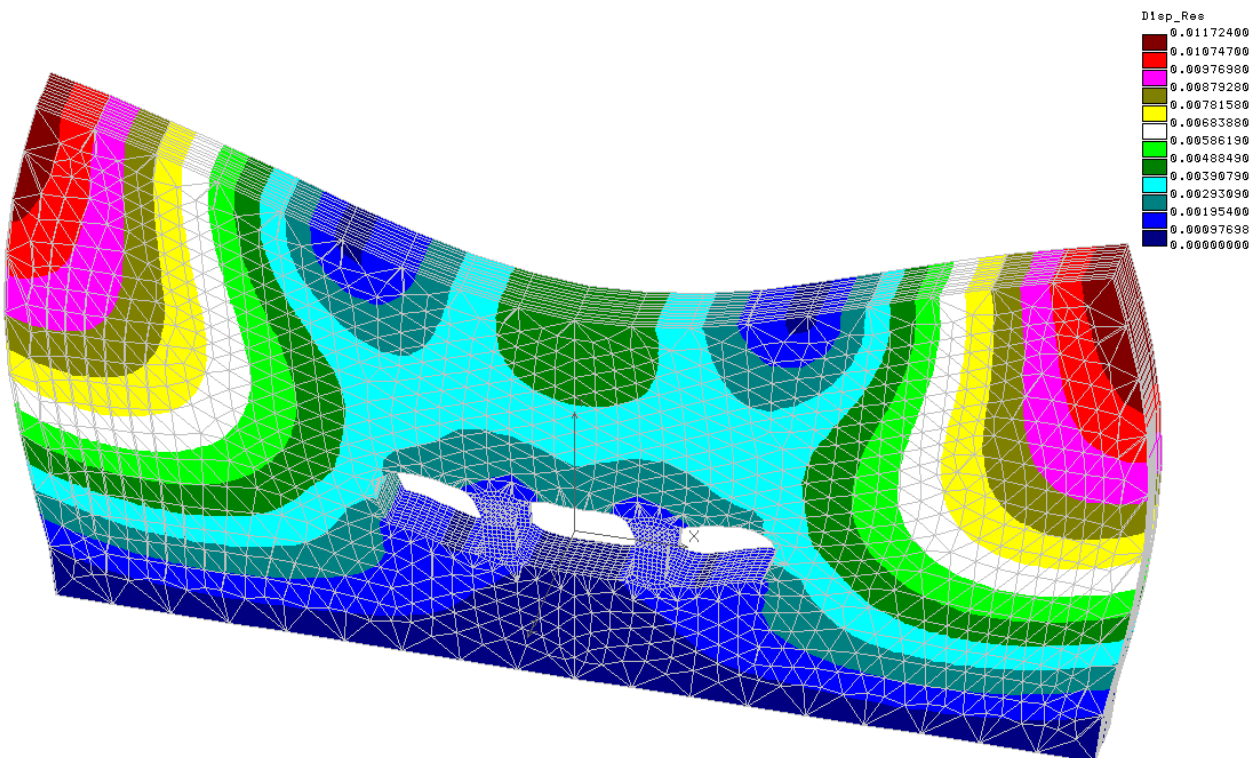


Figure 3 – The fifth mode of free vibrations "lining-soil" system

a skew-symmetric, and 4-5 fashion – symmetrical. Higher forms shown in Figures 1-8, are rather complex oscillatory motion of the ground and, apparently, do not make a significant contribution in determining the seismic movements, but can have a significant impact in finding the acceleration system and the seismic stresses in the construction of tunnels lining.

Conclusions. Multivariate numerical experiments to study free "lining-soil" oscillations of the system revealed that there is a complex pattern of deformation of anisotropic array and being in it three-dimensional underground structure in the course of oscillation, comprising a tensile elements, compression, bending and torsion (see Figures 1–3).

Analysis of the results of the calculation shows that the value of natural frequencies and forms of oscillations are influenced by many factors, including the structure of the soil mass, the density distribution in heterogeneous soils, the methods of construction of underground structures, geometrical parameters.

REFERENCES

- [1] Salamahin P.M. Engineering structures in transport construction. M.: Academy, 2007. 264 p.
- [2] Gibshman M.E., Popov V.I. Design of transport constructions. M.: Transport, 1988. 198 p.
- [3] Makovsky L.V., Polyakov D.V. Modeling static circular tunnel lining work with supple joints in conjunction with the soil file // Transport construction. 2015. N 11. P. 25-27.
- [4] Zhuravlev G.M., Naumov I.A. Influence of deformation on the formation of damage to the mechanical properties of building structures of materials // Transport construction. 2015. N 2. P. 23-25.
- [5] Isaev O.N., Sharafutdinov R.F. Experimental studies of soil busting at microtunneling // Transport construction. 2015. N 7. P. 7-10.
- [6] Erzhonov J.S., Aytaliev Sh.M., Massanov J.K. The stability of horizontal workings in the pan-layered array. Alma-Ata: Science, 1971. 160 p.
- [7] Erzhonov J.S., Aytaliev Sh.M., Massanov J.K. Seysmonapryazhennoe state of underground structures in anisotropic layered array. Alma-Ata: Science, 1980. 212 p.
- [8] Zenkevich O. Finite Element Method in the art. M.: Mir, 1975. 541 p.
- [9] Segerlend L. Application of finite element method. M.: Mir, 1979. 392 p.
- [10] Bath K., Wilson E. Numerical methods of analysis and finite element method. M.: Mir, 1982. 442 p.

Information about authors:

Makhmetova Narzankul Musaevna – Professor, Almaty, Shevchenko 97, the Kazakh Academy of Transport and Communications, makhmetova_n1958@mail.ru

Solonenko Gelevich Vladimir – Professor, Almaty, Shevchenko 97, the Kazakh Academy of Transport and Communications, v.solontnko@mail.ru

Bekzhanova Saul Ertaevna – Professor, Almaty, Shevchenko 97, the Kazakh Academy of Transport and Communications

Н. М. Махметова, В. Г. Солоненко, С. Е. Бекжанова

Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан

РАСЧЕТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ АНИЗОТРОПНОГО МАССИВА С ТРЕХМЕРНЫМ ПОДЗЕМНЫМ СООРУЖЕНИЕМ

Аннотация. Работа представляет собой теоретическое исследование, направленное на изучение амплитудно-частотных характеристик системы «обделка-грунт». В ходе проведения численного эксперимента по изучению свободных колебаний анизотропного массива с трехмерным стационарным тоннелем было установлено, что в процессе колебания происходит деформирование не только грунтового массива, но и находящегося в нем подземного сооружения.

Исследуется на основе вариационной формулировки метода конечных элементов амплитудно-частотные характеристики системы «обделка- грунт». Обобщенная проблема о собственных значениях решается итерационным методом в подпространстве, основанным на схеме алгоритма Якоби.

Ключевые слова: свободное колебание, напряженно-деформированное состояние, обделка, напряжение, перемещение, алгоритм.

Создание надежных методов расчета устойчивости транспортных подземных сооружений конечных размеров в сложных грунтовых условиях под действием статических и динамических нагрузок является весьма сложной задачей. В условиях Казахстана с развитой горнодобывающей промышленностью, с увеличением глубины горных работ и ухудшением условий разработки

месторождений полезных ископаемых, требования к обеспечению устойчивости выработок резко повышаются. Кроме того, со строительством Алматинского метрополитена в зоне возможных 9-10-балльных землетрясений нужны надежные рекомендации для обеспечения сейсмостойкости.

Все это вызывает необходимость проведения фундаментальных исследований с привлечением современного аппарата математики и механики деформируемого твердого тела, разработки нетрадиционных аналитических и численных методов решения поставленных задач и создания на их основе программных средств для анализа динамической устойчивости различных проектируемых и строящихся транспортных подземных сооружений различных назначений [1, 2].

Изучения свободных колебаний транспортных сооружений важны для выяснения влияния физико-механических свойств и геометрических параметров конструктивных элементов и окружающего массива сложного строения на резонансные их амплитудно-частотные характеристики. С другой стороны, при изучении динамической реакции пространственной системы «подземное сооружение-массив горных пород» низкие частоты необходимы для формирования и решения основных разрешающих матричных уравнений движения [3-5].

В работе исследуются свободные колебания грунтового массива с трехмерным транспортным подземным сооружением на основе численного метода – метода конечных элементов (МКЭ)- в сочетании с итерационным методом в подпространстве.

Объект исследования – нижнее полупространство с подземным сооружением неглубокого заложения. Породный массив состоит из неоднородных слоев с различными физико-механическими свойствами. Упругое состояние каждого слоя описывается уравнениями обобщенного закона Гука:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \quad (1)$$

где $\{\sigma\} = \{\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \dots, \tau_{xz}\}^T$, $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \dots, \lambda_{xz}\}^T$, $[D] = [d_{ij}]$, $(i, j = 1, 2, \dots, 6)$ - матрица упругости массива; модули упругости d_{ij} представляются через упругие постоянные транспонного массива E_k, ν_k, G_2 , $(k = 1, 2)$, углов наклона плоскости изотропии φ и наклона продольной оси горизонтального трехмерного транспортного сооружения от линии простираения плоскости изотропии ψ [6, 7].

Граничные условия: боковые грани и основание расчетной области с сооружением недеформируются – $u=v=w=0$; внутренний породный контур и обделка свободны от внешних нагрузок – $X_n=Y_n=Z_n=0$. Пространственная расчетная область разбита на 1606 призматические элементы с 2875 узлами.

Система дифференциальных уравнений колебаний для массива с транспортным подземным сооружением можно представить в виде:

$$[M]\{\ddot{U}(t)\} + [C]\{\dot{U}(t)\} + [K]\{U(t)\} = \{R(t)\}, \quad (2)$$

где $\{R(t)\}$ - вектор внешних узловых сил, $\{\ddot{U}(t)\}$, $\{\dot{U}(t)\}$, $\{U(t)\}$ - векторы узловых ускорений, скоростей и перемещений, $[M]$, $[C]$, $[K]$ - соответственно, матрицы масс, затухания и жесткости системы.

Матричное уравнение свободных колебаний системы «обделка-грунт» получается из (2), когда эффект демпфирования и воздействие внешних сил отсутствуют т.е. $[C]=0$, $\{R\}=0$

$$[M]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = 0. \quad (3)$$

Матрица жесткости элемента вычисляется с помощью интеграла [8-9]:

$$[k] = \int_V [B]^T [D][B] dV = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [B]^T [D][B] \det[J] d\xi d\eta d\zeta. \quad (4)$$

Выражение интеграла (4) после применения квадратур Гаусса-Лежандра приводится к виду

$$[k] = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p H_i H_j H_k [B]_{ijk}^T [D] [B]_{ijk} \det[J]. \quad (5)$$

Матрица жесткости системы $[K]$ образуется путем суммирования матриц жесткости всех элементов

$$[K] = \sum_{i=1}^k [k_i]. \quad (6)$$

Матрица масс системы $[M]$ формируется из матриц масс элементов аналогично матрице жесткости системы. Матрица масс призматического элемента имеет вид [8, 9]:

$$[m] = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m H_i H_j H_k \rho [P_{ijk}]^T [P_{ijk}] \det[J], \quad (7)$$

где $[P_{ijk}]$ - матрица, интерполирующая перемещения. Матрица масс системы получается путем суммирования матриц масс всех элементов

$$[M] = \sum_{i=1}^k [m_i]. \quad (8)$$

Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка (3) можно записать в виде:

$$\{U\} = \{\varphi\} \sin(\omega(t - \alpha_0)). \quad (9)$$

Подставляя (9) в (3), получим общую проблему собственных значений

$$[K] \{\varphi\} = \omega^2 [M] \{\varphi\}. \quad (10)$$

Введем обозначение $\lambda = \omega^2$, тогда (10) примет вид:

$$[K] \{\varphi\} = \lambda [M] \{\varphi\}. \quad (11)$$

Для решения обобщенной проблемы собственных значений использован итеративный метод в подпространстве, основанный на алгоритме метода Якоби и свойствах последовательности Штурма [10].

При итерационных методах необходимо на каждом шаге анализировать сходимость полученных приближений. Пусть на $(k-1)$ и (k) -шаге итерации вычислены приближенные собственные значения $\lambda_i^{(k)}$ и $\lambda_i^{(k+1)}$, тогда сходимость достигается при

$$\frac{\lambda_i^{(k+1)} - \lambda_i^{(k)}}{\lambda_i^{(k+1)}} \leq \varepsilon, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (12)$$

Эффективность выбранного метода объясняется, во-первых, возможностью выбора начального подпространства, достаточно близкого к искомым наименьшим собственным значениям; во-вторых, удобства алгоритма перехода от данного подпространства к другому, обеспечивающему «наилучшего» приближения собственных значений векторов. Кроме того, использование сдвигов и других ускоряющих процедур также способствует увеличению эффективности метода [10].

При исследовании напряженно-деформированного состояния системы «обделка-грунт» на сейсмическое воздействие первым и необходимым этапом расчёта является определение частот и форм собственных колебаний системы. Расчёт амплитудно-частотных характеристик системы «обделка-грунт» выполнен итерационным методом в подпространстве, приведенным выше.

Получено 100 первых частот и форм собственных колебаний в частотном диапазоне до 22,2 Гц. В таблице приведены значения низших частот свободных колебаний системы «обделка-грунт». Как видно, спектр собственных частот системы «обделка-грунт» является достаточно плотным.

На рисунках 1–3 показаны пространственные формы (моды) собственных колебаний системы «обделка-грунт».

Значения частот свободных колебаний системы «обделка-грунт»

Номера частот	1	2	3	4	5	6	7	8
ω_i (Гц)	1,78	3,09	3,61	3,84	4,31	4,65	5,87	6,13

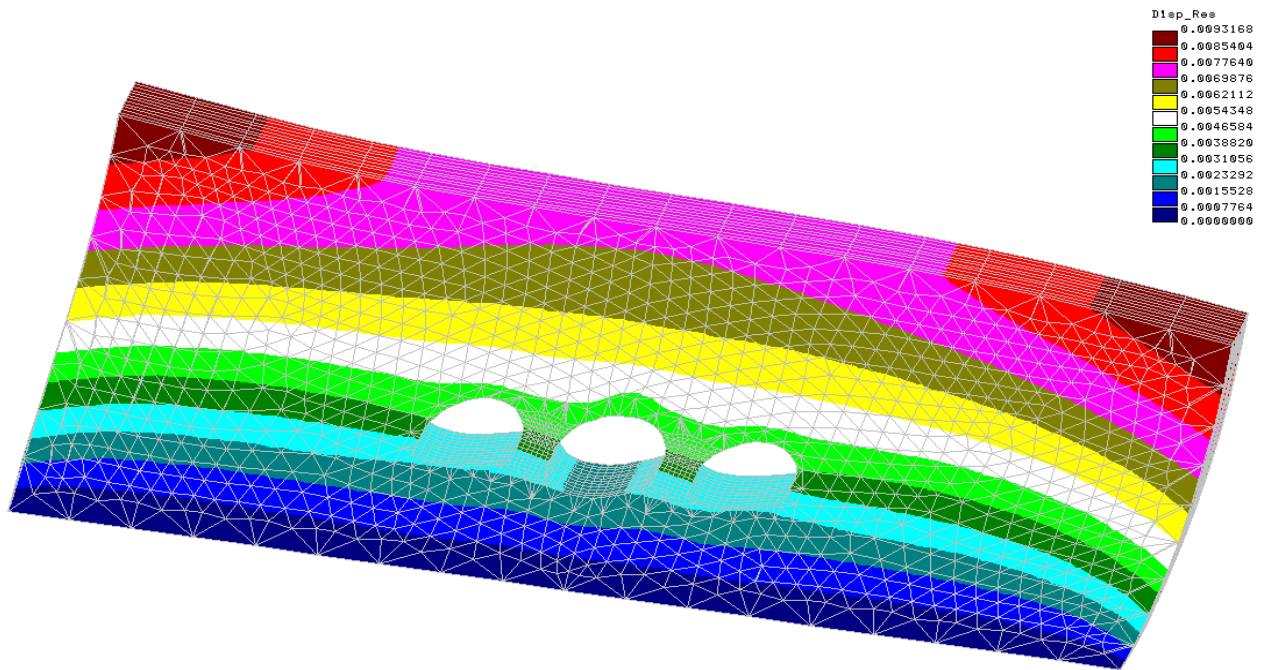


Рисунок 1 – Первая форма собственных колебаний системы «обделка-грунт»

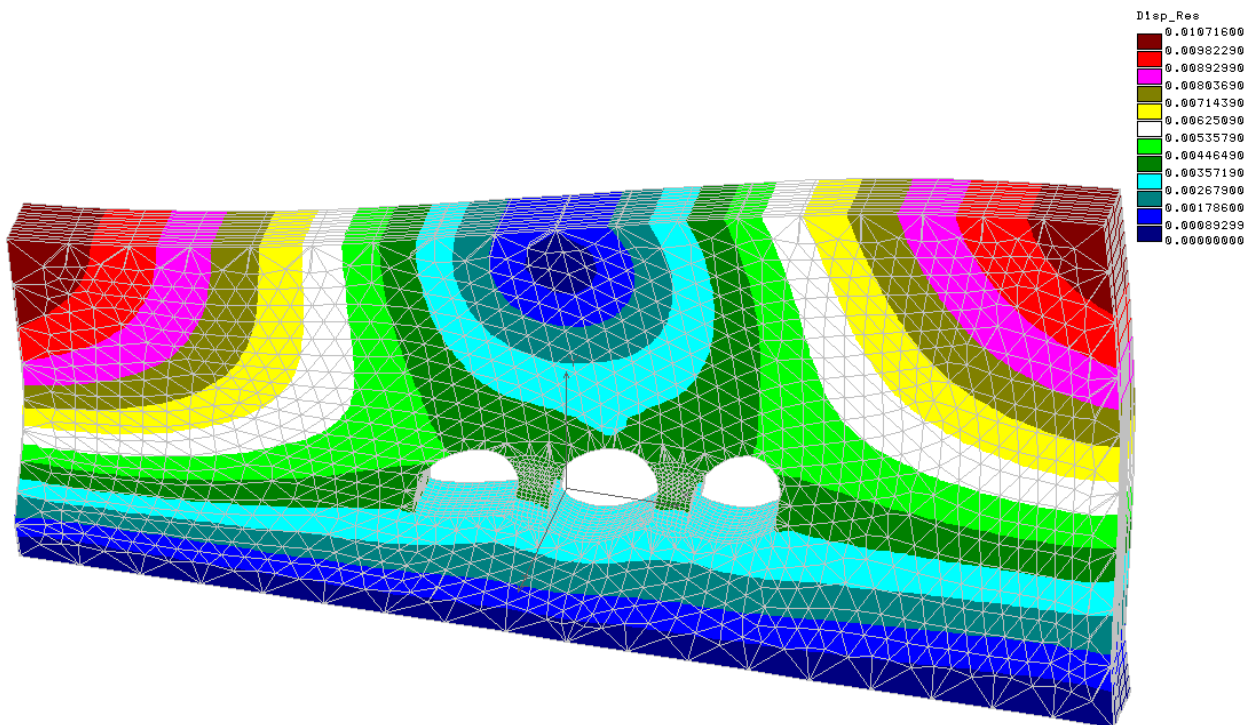


Рисунок 2 – Третья форма собственных колебаний системы «обделка-грунт»

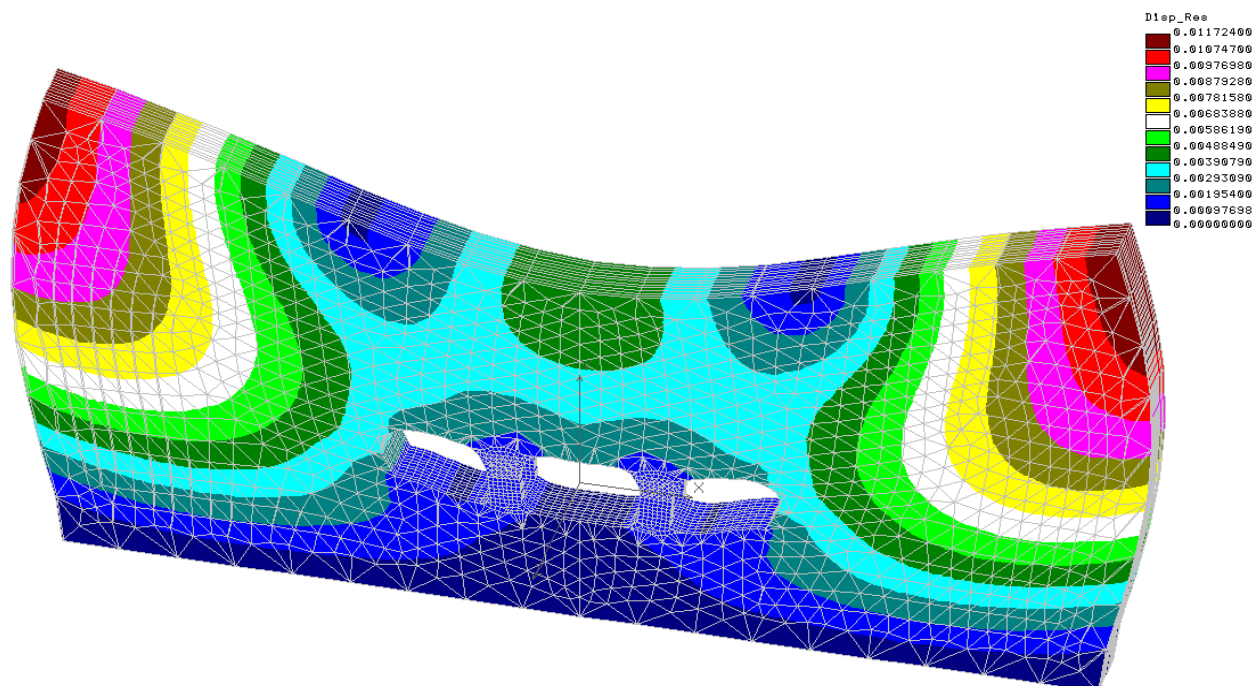


Рисунок 3 – Пятая форма собственных колебаний системы «обделка-грунт»

Моды 1 и 2 представляют собой горизонтальные колебания слоя грунта, причем первая мода является кососимметричной, а вторая мода – симметричной. В модах 3-5 более выраженными являются вертикальные колебания. Третья мода является кососимметричной, а 4-5 моды – симметричными. Более высокие формы, показанные на рисунках 1-8, представляют собой достаточно сложные колебательные движения грунта и, по-видимому, не вносят существенного вклада при определении сейсмических перемещений, но могут оказывать заметное влияние при нахождении ускорений системы и сейсмических напряжений в конструкции обделки тоннелей.

Выводы. Проведенные многовариантные численные эксперименты по изучению свободных колебаний системы «обделка-грунт» позволили установить, что наблюдается сложная картина деформирования анизотропного массива и находящегося в нем трехмерного подземного сооружения в процессе колебаний, содержащая в себя элементы растяжения, сжатия, изгиба и кручения (см. рисунки 1-3).

Анализ полученных результатов расчета показывает, что на значения собственных частот и формы колебания влияют многие факторы, в том числе строение грунтового массива, распределение плотностей в разнородных грунтах, способы строительства подземного сооружения, геометрические его параметры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Саламахин П.М. Инженерные сооружения в транспортном строительстве. – М.: Академия, 2007. – 264 с.
- [2] Гишман М.Е., Попов В.И. Проектирование транспортных сооружений, – М.: Транспорт, 1988. – 198 с.
- [3] Маковский Л.В., Поляков Д.В. Моделирование статической работы круговых тоннельных обделок с податливыми стыками во взаимодействии с грунтовым массивом // Транспортное строительство. – 2015. – № 11. – С. 25-27.
- [4] Журавлев Г.М., Наумов И.А. Влияние деформационной повреждаемости на формирование механических свойств материалов строительных конструкций // Транспортное строительство. – 2015. – № 2. – С. 23-25.
- [5] Исаев О.Н., Шарафутдинов Р.Ф. Экспериментальные исследования перебора грунта при микротоннелировании // Транспортное строительство. – 2015. – № 7. – С. 7-10.
- [6] Ержанов Ж.С., Айтиалиев Ш.М., Масанов Ж.К. Устойчивость горизонтальных выработок в наклонно-слоистом массиве. – Алма-Ата: Наука, 1971. – 160 с.
- [7] Ержанов Ж.С., Айтиалиев Ш.М., Масанов Ж.К. Сейсмонапряженное состояние подземных сооружений в анизотропном слоистом массиве. – Алма-Ата: Наука, 1980. – 212 с.
- [8] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
- [9] Сегерленд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
- [10] Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. – М.: Мир, 1982. – 442 с.

Н. М. Махметова, В. Г. Солоненко, С. Е. Бекжанова

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан

**СТАНЦИЯНЫҢ ТИПТІК БӨЛІГІНДЕГІ ҚАТПАРЛАМАСЫНЫҢ
КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІНІҢ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬДЫ ЕСЕПТЕУІ**

Аннотация. Жұмыс «бекітпе-топырақ» жүйесінің амплитудалық-жиілік сипаттамасын зерттеуге бағытталған теориялық ізденіс. Үш өлшемді станция тоннелі бар анизотропты массивінің еркін тербелісін үйрену бойынша сандық экспериментті жүргізу барысында тербелу процесі кезінде топырақ массиві ғана деформацияға ұшырамай, онда орналасқан жерасты ғимараттарының да деформацияланатыны анықталған.

«Бекітпе-топырақ» жүйесінің амплитудалық-жиілік сипаттамасы вариациялық түрдегі шекті элементтер әдісі негізінде зерттеледі. Якоби алгоритм сызбасына негізделген кеңістік бөлігіндегі итерация әдісімен меншікті мәндерінің жалпыланған мәселесі шешіледі.

Түйін сөздер: еркін тербеліс, кернеулі-деформациялық күй, бекітпе, кернеу, жылжу, алгоритм.

Сведения об авторах:

Махметова Нарзанкул Мусаевна – д.т.н., профессор, г. Алматы, ул.Шевченко 97, Казахская академия транспорта и коммуникаций, makhmetova_n1958@mail.ru

Солоненко Владимир Гельевич – д.т.н., профессор, г. Алматы, ул.Шевченко 97, Казахская академия транспорта и коммуникаций, v.solontnko@mail.ru

Бекжанова Сауле Ертаевна – д.т.н., профессор, г. Алматы, ул.Шевченко 97, Казахская академия транспорта и коммуникаций

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 185 – 193

UDC 553.98'001.57

A. A. Baimukhametov¹, N. I. Martynov², M. A. Ramazanova², A. G. Tanirbergenov¹¹Institute of mechanics and engineering science of U. A. Dzholdasbekov of NAS RK, Almaty, Kazakhstan,²Institute of mathematics and mathematical modeling of NAS RK, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nikmar50@mail.ru

**APPLIED ASPECTS OF RESEARCHES OF MATHEMATICAL
MODELLING OF SALT DIAPIRISM IN OIL AND GAS BUSINESS**

Abstract. The main results received by means of mathematical modeling of formation of salt diapirs in crust are discussed. Possible applications of these researches in oil and gas are specified has put. The conclusion is drawn that the numerical technology of formation of salt diapirs developed by authors is the effective tool what allows together with other methods to resolve many practical problems at investigation, development of oil and gas fields.

Keywords: salt diaper, sedimentary cover, crust, oil and gas traps, halite.

Introduction. More than 70% of world oil and gas fields are located in the fields of salt and dome tectonics. A classical example of the largest fields of salt and dome tectonics are the Gulf of Mexico and Caspian Depression. Two thirds Caspian hollows are the share of the territory of Kazakhstan where there are about 1300 salt domes (diapirs) from which more than 1000, aren't reconnoitered yet. Besides, salt domes are used as tanks of storage of oil and gas, and also as burial grounds of radioactive and oil-field waste. Rock salt (halite) is a basis for production of table salt and various chemicals. Let us note that annually the mankind consumes more than seven million tons of table salt. Therefore, geologic-geophysical researches and natural observations, laboratory and numerical modeling, and also analytical researches are devoted to formation of salt and dome structures in crust. The list of these researches is provided, for example, in [1].

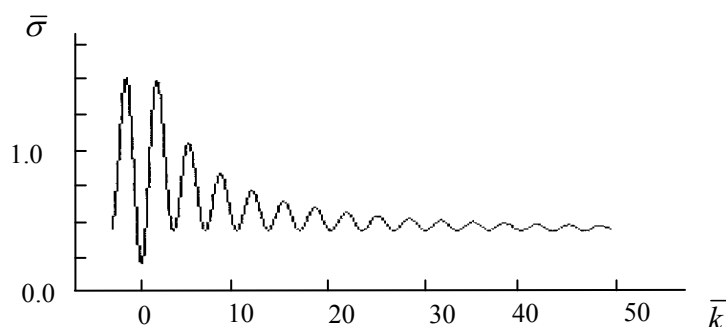
In Kazakhstan many tasks of salt and dome tectonics have been set by the academician Zh. S. Erzhanov, 95 anniversary since the birth of whom in 2017 is celebrated by scientific community of Kazakhstan, and solved by his pupils. Several numerical methods allowing to trace correctly evolution of an interface of layers up to formation of salt lenses [2] are developed and proved. Numerical modeling has allowed carrying out the detailed analysis of the mechanism of formation the salt dome of structures, to reveal regularities and features of their development. Results of these researches are summed up in [1, 2].

In the real research the results of mathematical modeling of formation of salt diapirs in crust received generally are discussed by geodynamics of school of the academician Zh. S. Erzhanov. Recommendations of possible applications of these researches in oil and gas business are made. The conclusion drawn that the numerical technology of formation of salt diapirs developed by authors is the effective tool, which allows together with other methods to resolve many practical problems at investigation, development of oil and gas fields.

Main results. To the middle of the thirtieth years of last century, there were two concepts of formation of salt diapirs [1]. According to the first concept, driving force of the salt diapirs breaking through thickness of sedimentary breeds in many areas of the globe are horizontal tectonic forces. According to the second concept stated by S. A. Arrhenius in 1912 concerning domes in the north of Europe, driving force is buoyancy force, the caused difference of density a halite and a sedimentary cover. In 1934 year, L. Nettleton on the models consisting of two layers of viscous liquids with various density has for the first time shown process of formation of salt domes. To them and other authors it is shown [1] that there is a domi-

nant wavelength for which the growth rate of indignations is maximum. It were the first dynamic models of formation of salt domes as a result of action of only one force of emerging in the field of gravity. After this work, the second concept became priority though among geologists even there are also supporters of the first concept now.

Influence of a rheology of the layers, which are under the influence of tectonic forces on development of the initial stage of a diapirism are a little studied [1]. Works [3-7] where stability of a viscous and plastic current of the powerful- layered environment is considered are devoted to a research in this area. In the figure 1 taken from work [5], the schedule of dependence of disturbance range on wave number for two-layer (flat model) of medium on condition of inversion of density of rocks is shown. The top layer represents plastic material, lower - viscous, i.e. the rheology of layers is diverse. The nature of the first maximum is putting in purely viscous, and the second – in purely plastic properties of material. The rheology of the top layer has essential value here. Follows from the figure 1 that there is a narrow range of wave numbers where loss of stability is not observed ($\bar{\sigma} < 0$). It is area of "return points" of rheological mechanisms of reorganization of loss of stability. The whole range of local maximum in the figure 1 says that formation of diapirs with other geometrical parameters and forms is possible.



$$\eta_1 = 10^3 Pa \cdot s, \eta_2 = 10^{18} Pa \cdot s, \tau_{1S} = 5 \cdot 10^7 Pa, \tau_{2S} = 5 \cdot 10^3 Pa$$

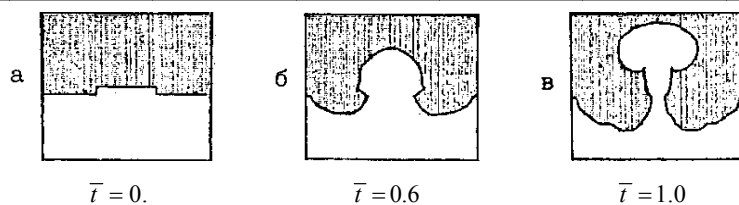
Figure 1 – Dependence $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(\bar{k})$

Axisymmetric loss of stability of the two-layer environment leads to formation of a single salt dome (as a rule, a giant dome), or a single salt dome and a circular salt shaft of the correct form [6]. Similar giant domes are characteristic of Caspian Depression of Kazakhstan. In a three-dimensional case the complicated rheological environment behaves as Veyssenberg's [7] liquid and has effect of a prodmost that leads to formation of salt columns in crust which meet in the nature.

Thus, the rheology of layers for indignations has anisotropy that leads to non-uniform distribution of diapirs on space and to different scale of their sizes. It is necessary to notice that have significant effect on formation of salt diapirs distribution of deformation fronts in crust which nature is putting in formation and distribution of lonely tectonic waves on border of the elastic lithosphere linked to a viscous asthenosphere [8]. These lonely tectonic waves (solutions) extend with a speed about 1 km. in a year. They are described by the equations like Kartevega Friza-Byurgersa, and also the with use of regulyari-zator for equation of Kartevega and Frieze with cubic nonlinearity. By the nature, they are close to gravitational and capillary waves on the surface of liquid and cause poorly damped oscillations of the land surface during tens of thousands of years [8].

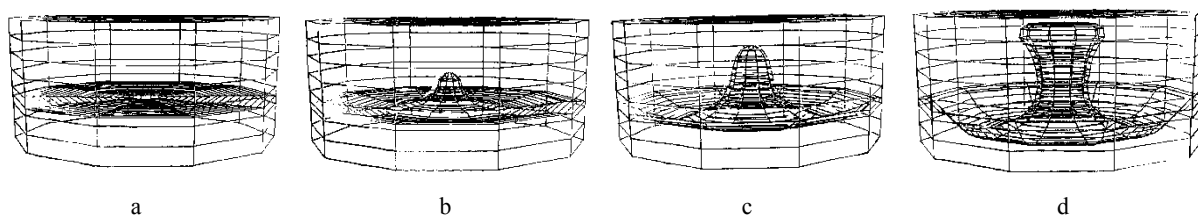
The first works on numerical modeling of formation of salt domes are devoted to flat tasks and had rather approximate character [9, 10]. The model of non-uniform liquid has allowed to exclude from consideration difficult boundary conditions on border of layers and it is "natural" to trace their evolution. Correct computing technologies have been developed for calculation flat [1, 2, 11-19], axisymmetric [13, 18], and with development of computer facilities, and spatial currents [1, 2, 20-25]. The review and the analysis of these works is provided in [1].

In the figure 2 formation flat salt and in the drawing 3-axisymmetric salt diapirs for various moments of dimensionless time is shown [14, 18]. Here the 1 index has designated respectively density, dynamic viscosity, power of a sedimentary cover (ρ_1, μ_1, h_1), and the 2 index - (ρ_2, μ_2, h_2) the same sizes for a halite.



$$\rho_1 = 2600 \text{ kg/m}^3, \rho_2 = 2200 \text{ kg/m}^3, \mu_1 = 2.6 \cdot 10^{17} \text{ Pa} \cdot \text{s}, \mu_2 = 1.0 \cdot 10^{17} \text{ Pa} \cdot \text{s}, h_1 = 4.8 \text{ km}, h_2 = 3.2 \text{ km}$$

Figure 2 – Formation of a salt diaper (flat model)



$$\rho_1 = 2600 \text{ kg/m}^3, \rho_2 = 2200 \text{ kg/m}^3, \mu_1 = 2.6 \cdot 10^{17} \text{ Pa} \cdot \text{s}, \mu_2 = 10^{17} \text{ Pa} \cdot \text{s}, h_1 = 6 \text{ km}, h_2 = 3 \text{ km}, R = 18 \text{ km}$$

$$a - \bar{t} = 0, \quad b - \bar{t} = 0.5, \quad c - \bar{t} = 0.7, \quad d - \bar{t} = 1.0$$

Figure 3 – Formation of an Axisymmetric Salt Dome

In the listed above works on formation of salt diapers some regularities and features of development of a nonlinear stage of gravitational instability have been investigated. Phases of development of gravitational instability are allocated, the cellular structure of a current is shown, are estimated influence at walls of effects. So in works [2, 11-19], at assessment of parameters of emerging of a dome, the following consistent patterns are determined:

1. If to increase the parameter M characterizing the relation of dynamic viscosities of layers (dynamic viscosity of the top layer to dynamic viscosity of the lower layer), then development of gravitational instability is slowed down.

2. If to increase viscosity of layers, leaving M invariable, then development of gravitational instability is slowed down.

3. Increase in power of the top layer promotes introduction of light liquid in heavy narrower "languages", and heavy in easy – the wide front. If to increase salt power, leaving at the same time power the over salt breeds invariable, then the cross sizes of salt domes increase, and distances between domes decrease. If to increase power the over salt breeds, leaving at the same time the power of salt invariable, then the cross sizes of domes decrease, distances between domes increase. The salt dome grows quicker in that environment where there are big capacities of salt and the over salt breeds.

4. At an equal thickness of layers and their identical viscosity the decision has "auto model character". It means that for two different options irrespective of the size of an order of viscosity of layers, it is possible to pick up such time points that pictures of a current will be identical.

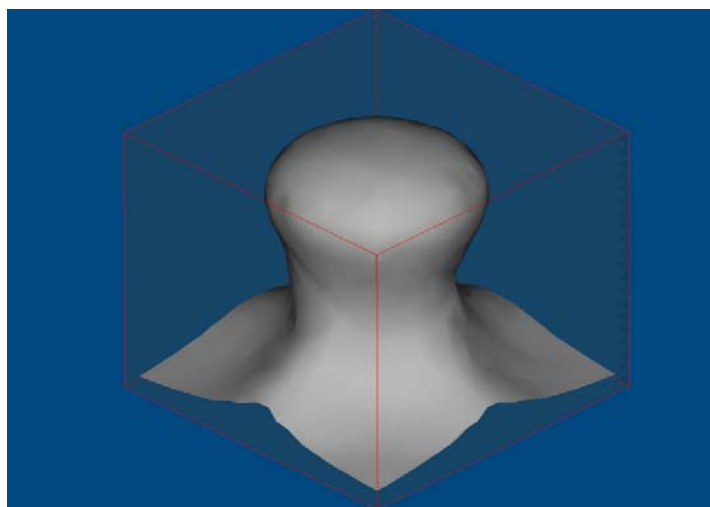
5. With increase in a dome gain spherical shape, and with reduction M - similar to a column.

Thus, on process of formation of salt diapers in crust both physical, and geometrical parameters of the environment have significant effect.

For the purpose of clarification of influence of a subsalt bed on growth of salt domes, a series of calculations for the three-layer environment in which rock salt is located between two more dense breeds [2, 14] has been carried out. It has been established that the nature of movement of salt in the three-layer environment differs from two-layer as the sole of rock salt linked to the deformed basis in the course of instability is involved in the movement up the same channels, as salt though density of rock salt is less than density of a subsalt layer. This results from the fact that the salt dome, moving up, forces out heavy over salt a layer down owing to what under a dome the area of the lowered pressure where a part of a subsalt layer flows is created. It should be noted that when viscosity of a subsalt layer is much more viscosity a halite ($\mu_3/\mu_2 \geq 500$), development of instability will be occurs as and in two-layer model, i.e. the subsalt layer is not deformed.

In works [14] influence of an inclination of layer of rock salt on formation of salt domes is estimated. It is shown that there is an additional moment of forces promoting turn of the emerging rock salt towards reduction of thickness of the salt massif. Similar feature is characteristic of salt and dome tectonics of Caspian Depression.

In the figure 4, the created three-dimensional single salt dome is represented [1, 2]. For further studying of the main regularities of development of Taylor instability a series of calculations which has allowed to establish that regularities fair for flat currents take place and in a three-dimensional case, but there are also differences [2] has been carried out. The comparative analysis of development of flat gravitational instability with spatial at identical physics and geometrical parameters shows: characteristics of growth of a salt dome (growth rate, a dome form) in axisymmetric and spatial models differ from characteristics of growth of a salt dome in flat model. In an axisymmetric case a dome up to achievement of the top wall wide takes the similar to a column form, at the same time the cross size of his trunk and it is, approximately, equal to the initial power of salt.



$$\mu_1 = 5 \cdot 10^{17} \text{ Pa} \cdot \text{s}, \rho_1 = 2600 \text{ kg} / \text{m}^3, h_1 = 6 \text{ km}, \mu_2 = 10^{17} \text{ Pa} \cdot \text{s}, \rho_2 = 2200 \text{ kg} / \text{m}^3, h_2 = 3 \text{ km}$$

Figure 4 – The Created Salt Dome in time point of $t=0.5$ (Spatial model)

In a flat case in the same time points the dome arch, without reaching the top wall, spreads in the horizontal parties, and the trunk is strongly wrung out by heavy liquid, i.e. the dome gets a similar to a mushroom form.

Comparison of numerical calculations to results of laboratory modeling, geological data of formation of salt structures has allowed to establish that numerical models describe formation of salt domes, their development to adequately natural situation.

Development of gravitational instability (depending on physics and geometrical parameters of the environment and initial indignation) proceeds quicker (or more slowly on separate phases) in flat model, than in spatial.

Recently are obtained by scientists of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science essentially new educated about a possibility of heavy hydrocarbons at big depths that confirms D. I. Mendeleev's hypothesis of an inorganic origin of oil and points out the prospect of her search and production at big depths. Information on formation of salt diapers at big depths is for this purpose necessary that is connected taking into account thermal effects and complication of a rheology.

Such thermal model of formation of salt diapers in crust (is given the new term the deep diaperizm) is developed and proved by pupils of school of Erzhanov Zh. S. It is based on Rayleigh – Taylor instability in approach of Bussinesk's with exponential dependence of dynamic viscosity on temperature [1, 26-32].

In system of coordinates about (axis O is directed vertically up) process of formation of a deep salt diaperizm (without radiogenic sources of heat) it is described by the following system of the hydrodynamic equations [26, 30]:

$$0 = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k} - \rho g \delta_{3i}, (i=1,2,3); \quad \sigma_{ij} = \mu \left(\frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i} \right), (i,j=1,2,3); \quad \frac{\partial V_\beta}{\partial x_\beta} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho_*}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_\beta} (\rho_* V_\beta) = 0; \quad \frac{\partial \mu_*}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_\beta} (\mu_* V_\beta) = 0; \quad (2)$$

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + V_\beta \frac{\partial T}{\partial x_\beta} \right) = \frac{\partial}{\partial x_\beta} \left(k \frac{\partial T}{\partial x_\beta} \right) + \sigma_{\gamma\beta} \dot{\epsilon}_{\gamma\beta}; \quad (\gamma, \beta = 1, 2, 3), \quad (3)$$

$$\rho = \rho^* (1 - \alpha(T - T_*)); \quad \mu(t, x) = \mu_*(t, x) \exp \left\{ \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_*} \right) \right\}; \quad x = (x_1, x_2, x_3) \in \Omega \quad (4)$$

Here p - pressure, V_1, V_2, V_3 - speed components, σ_{ij} - a tensor of viscous tension, g - acceleration of gravity, ρ - density, μ - dynamic viscosity, C_p - specific heat with a constant pressure, k - heat conductivity coefficient, T - absolute temperature, α - coefficient of thermal volume expansion, R - a universal gas constant, E - energy of activation, ρ_*, μ_* - not indignant density and not indignant dynamic viscosity depending on the chemical composition of material (or density and dynamic viscosity at an absolute temperature T_*), δ_{3i} - Kronecker's tensor. On the repeating Greek indexes, summation is supposed.

The coordinated entry and boundary conditions [26, 30] are added to system of the equations (1) - (4) which are carried out in the area Ω . In initial time point, distribution of not indignant density, not indignant dynamic viscosity and temperature is set. Boundary conditions can be various. On a part of border of area sticking conditions, on other her part - sliding conditions are satisfied. On one part of border of area temperature, on other her part a thermal stream is set. Besides, conditions of frequency and symmetry of a current are possible [26, 30].

The corresponding divergent numerical method, with use of the scheme of splitting on physical processes and monotonous differential schemes [26-30] was developed and reasonable.

In figures 5a) - 5c) three-dimensional formation of a salt diapir in deeply lying sedimentary complexes at various moments of dimensionless time is shown. In initial time point layers were horizontal. Power of a sedimentary complex (cover) h_1 and power of rock salt (halite) h_2 have been chosen on 7,5 km. Density relied equal $\rho_1^* = 2600 \text{ kg/m}^3$, $\rho_2^* = 2200 \text{ kg/m}^3$, and dynamic viscosities $\mu_1^* = 5 \cdot 10^{20} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, $\mu_2^* = 5 \cdot 10^{19} \text{ Pa} \cdot \text{s}$. Sizes k, C_p, α, E have been chose as constants in all area and equal to their average values $k = 4 \text{ W/m} \cdot \text{K}^0$, $C_p = 1,2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}^0$, $\alpha = 2 \cdot 10^{-5} / \text{K}^0$, $E = 20 \text{ kJ/mol}$. On the lower bound temperature was set equal 250 C^0 , and in her central part - is 50 C^0 higher (models heterogeneity of a thermal stream from the lower layers of Earth). In initial time point, distribution of temperature in area has been defined by linear interpolation.

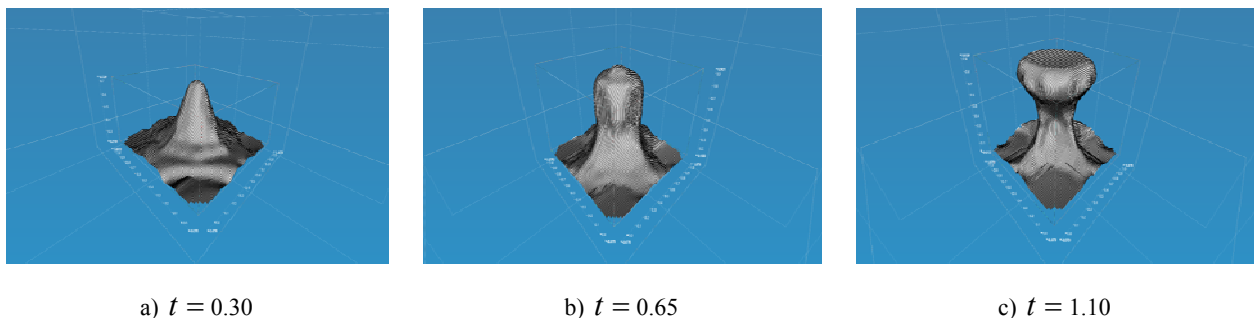


Figure 5 – Spatial profiles of a deep salt diapirism at various moments of dimensionless time

Calculations have shown that the main regularities and features of process same, as well as in case of constant kinematic viscosity of layers, but slightly differ in a quantitative sense [26-33]. Under certain conditions, thermal gradients significantly influence both volume profiles and the speed of formation of salt diapirs of a deep bedding [33]. Therefore, existence, rather nearby temperature indignations of a thermal stream from the lower horizons of crust leads to formation of salt columns.

Earlier formation of similar structures by authors of this work has been explained at the expense of the complicated rheology (viscous and plastic model) which has prodmost properties of liquid of Veysenberg's [7]. The accounting of dependence of dynamic viscosity on absolute temperature leads to formation in the developed phase "similar to a leaf of a tree" of salt and dome structures [33].

In works [27-31] were estimated possible a collector of oil and gas (oil and gas traps) which technique of definition is based on the following reasons. The sedimentary cover and a subsalt bed on small intervals of time are fragile rocks which mechanism of destruction are fragile cracking (destruction) which is followed by a dilatansiya. Exactly thanks to the fact that rocks possess fragile destruction in zones of the increased concentration of tension there is a destruction to formation of pore space, excess stress are removed. Local zones of the lowered tension (oil and gas traps) where the hydrocarbons which are in layers of rocks migrate are as a result formed. Zones of destruction of a sedimentary cover and subsalt bed were determined by criterion of rock strength (strength excess by a deviator of tangent tension). For salt domes oil and gas traps are formed in areas of their wings (over a wing and under a wing spaces), and also in the field of sub dome space of a subsalt bed. It was revealed deep drilling of salt diapirs and is confirmed with results of the carried-out numerical calculations [27-31].

At the developed gravitational instability of an isotherm also diomorfna to a profile of a salt diapir are strongly bent. They fill the area adjacent to wings of a salt dome where temperature is increased on 30–90°C rather neighboring areas of a sedimentary cover [27-31]. It is well known, that the size of a geothermal gradient is one of the main parameters and signs of generation of minerals [34]. Temperature increase on 10°C, increases the speed of chemical reaction twice in the environments favorable for allocation of hydro carbonic connections, including oil. In work [34] by means of space, monitoring cards of distributions of a geothermal gradient of the top part of crust and a thermal stream of Kazakhstan are constructed. The analysis of these cards has shown that fields of the Western Kazakhstan and the water area of the Aral Sea are located in zones with the increased level of a geothermal gradient. Calculations have shown that distribution of isotherms and distribution of zones of the raised deviator of tangent tension quantitatively confirm that hydro carbonic stocks are tied to areas with the raised temperature gradients.

It has been also established [27-31] that thermal gradients have significant effect on formation of a subsalt bed, strongly deforming sub dome space. In a subsalt bed, extensive areas in which also rather big on an absolute value deviator of tangent tension was raised are observed. In the lower central part of a dome at the expense of the dynamic pressure and the increased temperature, the considerable suction of a subsalt bed is carried out. Therefore, if at a subsalt bed there are large reserves of hydrocarbons, then they, owing to a dilatansiya, will migrate in the central part under of sub dome space. Quantitative assessment of these volumes, taking into account porosity and filtration characteristics of the environment, allows defining probable reserves of hydrocarbons. Let us note that obtaining information on characteristics of sub dome space gravitational, magnetic and seismic investigations are almost impossible.

Recommendations. The results of mathematical modeling of salt domes given above allow making some recommendations in oil and gas business.

The analysis of flat, axisymmetric and spatial mechanisms of gravitational instability can explain formation of domes of the giants, ring massifs, linear ridges and salt columns characteristic of salt dome tectonics of Caspian Depression [3]. The initial and boundary-value problem dynamic task describing formation of salt domes is correct at the return a current of time. That is, it is possible to restore a prehistory of formation of salt domes. It will give additional geological and morphological information, which can be used in a geological exploration [35]. It is possible to carry out conducting of operational wells with an inclined curvilinear trajectory by passing poorly strong salt dome, preventing a holding strap-boring column [36].

At the known profile of the top cap of a dome and power of a subsalt bed, and also distribution of a thermal stream, computer modeling allows is detailed "to beat off" under a wing space of domes and sub

dome space. At the known petrography of a sedimentary cover, a halite and a subsalt bed the developed technique allows to reconnoiter and estimate possible a collector of oil and gas that by other methods difficult.

Against the background of reservoir pressure deviator of tangent tension play a fundamental role when forming oil and gas traps. Change of position of extreme values of deviator of tangent tension can specify the direction of migration of oil, which is shown that in a sub eaves part of salt domes oil disappears in the course of her production.

Rational use of information on distribution of the field of tangent tension will allow to conduct optimum both investigation, and extraction of hydrocarbons with essential decrease in material inputs. Here problems of optimum placement of delivery wells, carrying out hydraulic fracturing, and increase in oil recovery of layers belong.

Problems of a filtration and replacement can be formulated; measures for reduction a bearing strain of upsetting columns are developed, using information on the intense deformed condition of a sedimentary cover and a subsalt bed.

It is possible to develop ecologically safe technology of construction deep and super deep in salt and dome structures [37].

It is not the full list of those applications of computer modeling of formation of salt diapirs, which eventually will lead to effective increase in oil recovery of layers.

Conclusion. The developed numerical technology of formation of salt diapirs is the effective tool in oil and gas business. She allows together with other methods to resolve practical problems at investigation, development of oil and gas fields.

REFERENCES

- [1] Baymukhametov A.A., Martynov N.I., Ramazanova M.A. Report of SIR on a subject: Mathematical modeling of a salt diaperism of a deep bedding. Almaty, 2015. 46 p.
- [2] Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Numerical modeling of conditions of formation the salt dome of structures in crust // *Mathematical magazine*. 2006. Vol. 6, N 1(191). P. 67-73.
- [3] Erzhanov Zh.S., Egorov A.K., Garagash I.A., etc. The theory of a corrugating in crust. M.: Science, 1975. 239 p.
- [4] Ismail-Zade A.G., Birger B.I. Gravitational instability of ideally plastic layer which is on a layer of viscous liquid: the consequences for a diaperism // *Physics of Earth*. 2001. N 7. P. 10-17.
- [5] Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Gravitational instability of the viscous and plastic environment // *Math. magazine*. 2006. Vol. 6, N 4(22). P. 71-79.
- [6] Martynov N.I., Tanirbergenov A.G., Baimakhan R.B. Research of Relay-Taylor instability of creeping flows with an axial symmetry and a complicated rheology // 7-th International Symposium «Enhancing Infrastructure development through innovative geo information technology». Kuala Lumpur, Malaysia, 2008. 70 p.
- [7] Baimukhametov A.A., Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Research of gravitational instability of the non-newtonian viscous and plastic medium // *Journal of Mathematics and Technology*. 2010, April. P. 22-29.
- [8] Garagash I.A., Martynov N.I., Amanov G.Sh. About one mathematical model of propagation tectonical waves in lithosphere // VII European seismological conference. Spain, Barcelona, 1990. P. 175.
- [9] Howard James C. Monte Carlo simulation model for pier cement salt domes // *Kansas Geol. Surv. Computer. Contrib.* 1968. N 22. P. 22-34.
- [10] Nasir N.E., Dabboysy O.B. The dynamics of salt-dome evolution // *Tectonophysics*. 1978. Vol. 47, N 1. P. 85-107.
- [11] Woid W.D. Finite element calculations applied to salt-dome analysis // *Tectonophysics*. 1978. Vol. 50, N 2. P. 369-386.
- [12] Misnikov V.P., Novikov V.L., Sazonov Y.V. A direct problem of modeling of salt domes // *DAS the USSR*. 1980. Vol. 254, N 5. P. 1105-1108.
- [13] Huppert H.E. The propagation of two-dimensional and axisymmetric viscous gravity current over a rigid horizontal surface // *J. Fluid Mech.* 1982. Vol. 121. P. 43-58.
- [14] Erzhanov Zh.S., Martynov N.I. Taylor instability of the two-dimensional creeping movement of limit of the section of viscous incompressible liquids // *NEWS AS Kaz. SSR, ser. physical and math.* 1985. N 5. P. 79-84.
- [15] Naymark B.M., Malevsky A.V. Approximate method of calculation of development of gravitational instability // *News AS USSR, Physics of Earth*. 1986. N 2. P. 44-53.
- [16] Lunev B.V. An isostasy as dynamic balance of viscous liquid // *DAS Academy of Sciences of the USSR*. 1986. Vol. 290, N 1. P. 72-76.
- [17] Zaleski S., Julien P. Numerical simulation of Rayleigh-Taylor instability for single and multiple salt diapirs // *Tectonophysics*. 1992. Vol. 206, N 1-2. P. 55-69.
- [18] Tanirbergenov A.G. Model research of conditions of formation of a salt dome: dis. On degrees candidate ph.-math. s. in 01.02.07 of the Mechanic of loose bodies, soil and rocks. Alma-Ata, 1994. 112 p.

- [19] Dandre B., Cloetingh S. Numerical modeling of salt diapirism: Influence of the tectonic regime // *Tectonophysics*. 1994. Vol. 240, N 1-4. P. 59-79.
- [20] Ismail-Zade A.T., Korotki A.I., Naymark B.M., etc. Realization of three-dimensional hydrodynamic model of evolution of decantation basins // *JCM and MF*. 1998. Vol. 38, N 7. P. 1190-1203.
- [21] Orunkhanov M.K., Tanirbergenov A.G. Numerical modeling of process of formation of oil salt domes // *Oil and gas*. 2000. N 2. P. 72-76.
- [22] Ismail-Zade A.T., Tsepelev I.A., Tyalbot K. Three-dimensional modeling of a salt diapirism: Numerical campaign and algorithm of parallel calculations // *Computing seismology*. 2000. Issue 31. P. 62-76.
- [23] Romer M.M. The salt dome problem: A multilayered approach // *Geophys. Res*. 2000. Vol. 196. P. 5489-5496.
- [24] Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. A numerical research of Taylor instability of the creeping Stokes's movements // *Questions of applied physics and mathematics*. 2003. P. 123-127.
- [25] Lunev B.V., Lapkovsky V.V. Fast numerical modeling of salt tectonics: a possibility of expeditious use in geological practice // *Physical mesomechanics*. 2008. Vol. 12, N 1. P. 63-73.
- [26] Zhantayev Zh.Sh., Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Formation of salt diapers in the temperature field // *Problems of evolution of open systems*. 2009. Vol. 1, issue 11. P. 70-76.
- [27] Baimukhametov A.A., Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Influence of thermo gradients on formational of oil and gas traps // *International Journal of Academic Research*. 2011. Part 1. Vol. 3. P. 7-12.
- [28] Baimukhametov A.A., Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Numerical research stressed- deformed state of rocks in the salt dome areas of crust // *Journal of Mathematics and Technology*. ISSN: 2078-0257. 2013. Vol. 4, N 2. P. 9-13.
- [29] Baimukhametov A.A., Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Thermo gradient model of formation of oil and gas traps at salt diapirism // *Proceeding of the 23rd ICTAM, Beijing, China, 2012*. 2 p. sm 06-013.
- [30] Baymukhametova.A., Martynov.N.I., Tanirbergenova.G. Influence of thermo gradients on formation of oil and gas traps // *Geodynamics and tension of a subsoil of Earth*. N. 2011. Vol. 1. P. 275-280.
- [31] Baymukhametov A.A., Martynov N.I., Ramazanova M.A., Tanirbergenov A.G., Chuprasov A.A. Oil and gas of a collector in the conditions of salt dome tectonics // *News of NAS RK* 2013. N 2. P. 212-220.
- [32] Baymukhametov A.A., Martynov N.I., Tanirbergenov A.G. Computer modeling of formation of a deep salt diapirism // *News of NAS RK. Ser. ph.-math*. 2015. N 2(300). P. 36-40.
- [33] Baymukhametov A.A., Martynov N.I., Ramazanova M.A., Tanirbergenov A.G., Tanirbergenov B.A. Some aspects of formation of a deep salt diaerizm // *News of NAS RK. Ser. ph.-math*. 2016. N 3(307). P. 127-132.
- [34] Zhantayev Zh.Sh. About the nature of change of power of crust depending on the size of a geothermal gradient // *Materials of the Russian-Kazakhstan symposium on geodynamics questions. A-M, 2007*. P. 14-23.
- [35] *Geology of regions of the Caspian and Aral seas*. Under the editorship of G. R. Bekzhanov. Almaty: Prod. "KAZGEO", 2004. 472 p.
- [36] Aytaliyev Sh.M., Kudaykulov A.K., Mardonov B.M. *Mechanic of a holding strap of boring columns in oil and gas wells*. Atyrau-Almaty: Prod. Ewer, 1999. 82 p.
- [37] Hairou G.B. *Ecologically safe technology of construction of deep exploratory wells*. M.: "VNTsIIOENG", 1996. 204 p.

**А. А. Баймухаметов¹, Н. И. Мартынов²,
М. А. Рамазанова², А. Г. Танирберген¹**

¹Институт механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова МОН РК, Алматы, Казахстан,

²Институт математики и математического моделирования МОН РК, Алматы, Казахстан

**ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
СОЛЯНОГО ДИАПИРИЗМА В НЕФТЕГАЗОВОМ ДЕЛЕ**

Аннотация. Обсуждаются основные результаты, полученные с помощью математического моделирования формирования соляных диапиров в земной коре. Указываются возможные приложения этих исследований в нефтегазовом деле. Сделан вывод о том, что разработанная авторами численная технология формирования соляных диапиров является эффективным инструментом, которая позволяет вместе с другими методами разрешить многие практические проблемы при разведке, разработке нефтегазовых месторождений.

Ключевые слова: соляной диапир, осадочный чехол, земная кора, нефтегазовые ловушки, галит.

**А. А. Баймұхамметов¹, Н. И. Мартынов²,
М. А. Рамазанова², А. Г. Тәңірбергенов¹**

¹Ө. А. Жолдасбеков ат. механика және машинатану институты, ҚР БҒМ, Алматы, Қазақстан,

²Математика және математикалық моделдеу институты, ҚР БҒМ, Алматы, Қазақстан

МҰНАЙГАЗ САЛАСЫНДА ТҰЗДЫҚ ДИАПИРИЗМДІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ СҮЛБЕЛЕУДІ ЗЕРТТЕУДІҢ ҚОЛДАНБАЛЫ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Аннотация. Жер қыртысында тұздық диапирлерді қалыптастыруды математикалық сұлбелеу арқылы алынған негізгі нәтижелер талқыланады. Мұнайгаздық салада осы зерттеулерден мүмкін қолданыстары көрсетіледі. Авторлар жасаған тұздық диапирлерді қалыптастырудың сандық технологиясы, басқа әдістермен бірге көптеген іс-тәжірибелік проблемаларды барлау жүргізгенде, мұнайгаздық кенорындауын әзірлеуде шешім табуы мүмкін ететін, оңтайлы құрал болып табылатыны туралы қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: тұздық диапир, жауын-шашындық қапшық, жер қыртысы, мұнайгаздық тұзақтар, галит.

Сведения об авторах:

Баймухаметов Абай Абишевич – д.ф.м.н., профессор, ГНС Института механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова КН МОН РК, abayab@mail.ru.

Мартынов Николай Иванович – д.ф.м.н., ГНС Института математики и математического моделирования КН МОН РК, г. Алматы, ул. Пушкина, 125, nikmar50@mail.ru

Рамазанова Мира Асеновна – к.ф.-м.н., ВНС Института математики и математического моделирования КН МОН РК, mira52ram@mail.ru.

Тәңірбергенов Аманжол Гигзатович – к.ф.-м.н., ВНС Института механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова КН МОН РК, tan.amanjol@mail.ru.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 194 – 200

UDC 62-83 (043)

Zh. Zh. Toigozhinova, E. B. Darkenbayeva

Almaty university of power engineering & telecommunications, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: janar_tj@mail.ru, nur.eliall@mail.ru

SYNTHESIS OF PARAMETERS IN CLOSED-LOOP SYSTEM OF FREQUENCY CONVERTER – ASYNCHRONOUS MOTOR OF CENTRIFUGAL PUMP ON ECM

Abstract. This article presents a block diagram of the closed-loop electric drive system of frequency converter – asynchronous motor. We present a mathematical description of the dynamics of asynchronous electric drive movement and program of parameters synthesis of control system in MATLAB, as well as the schedule of transient processes of asynchronous motor. A program of parameters synthesis of control system of FC-AM closed-loop system in MATLAB was developed. Calculation of control parameters of the system, using the source data is conducted with developed software of differential equations solutions of the dynamics of the closed-loop frequency-controlled asynchronous electric drive. In a given block diagram of the system, the frequency converter – asynchronous motor with speed feedback to achieve the desired properties of the management processes, there was introduced a nonlinear correction as a regulator of the asynchronous motor speed. The calculated parameters of frequency converter and the non-linear correction system are selected according to the graphs of transient speed processes and electromagnetic torque of asynchronous motor in the MATLAB environment with the required quality characteristics of transient motor processes. The calculated unknown parameters of a closed-loop system frequency converter – asynchronous motor and the graph output of transient speed processes and electromagnetic motor torque on a computer display screen is carried out at the same time to facilitate the solution of the synthesis problem in a dialog work "operator – ECM" mode.

Keywords: frequency converter, asynchronous motor with short-circuit rotor, centrifugal pump, synthesis of parameters.

During the design of automatic control system of frequency-controlled asynchronous electric drive of centrifugal pump, the synthesis of control parameters is one of the necessary design tasks [1]. Synthesis of parameters of control system FC-AM is carried out on the basis of the block diagram of an asynchronous motor with short-circuit rotor [2]. Parameters of AKZ 20 HP (15 kW) asynchronous motor are selected from the SimPowerSystem library:

$$R_R = 0,2205 \text{ Ом}, L_S = L_R = 0,06518 \text{ Гн}, L_m = 0,06419 \text{ Гн}, J = 0,102 \text{ кгм}^2, p = 2.$$

$$U_{дв} = 400 \text{ В}, f = 50 \text{ Гц}.$$

Table 1 – The coefficients necessary for the calculation of the parameters of the transfer functions of the asynchronous motor

Coefficients and constants of AM time	τ_{OM}	T'_S с	T_R с	k_R	L'_S Гн
Values	0,43	0,0046	0,296	0,985	0,002

Parameters synthesis of asynchronous electric drive control is the most effective in the dialog mode of ECM use, when operator, having received the interim results of the account from the ECM, analyzes the received information and sends the further activity of the ECM. In this regard, the creation of program of

the parameters synthesis of the asynchronous electric drive control, which takes into account the dialog mode the operator – ECM, is one of the most popular design tasks of electrical drive systems control.

Figure 1 shows a block diagram of an asynchronous motor in the MATLAB system.

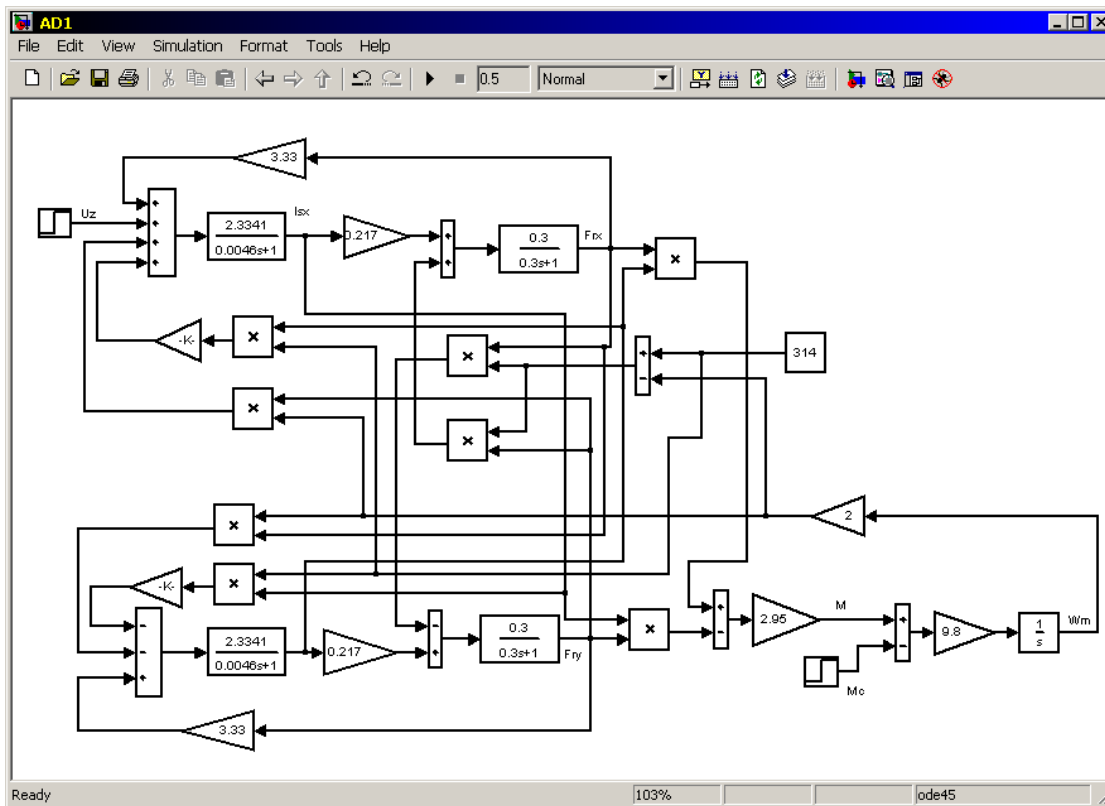


Figure 1 – Block diagram of an asynchronous motor with short-circuit rotor in the MATLAB system

The developed block diagram of the closed-loop system of the frequency converter – asynchronous motor with short-circuit rotor in a rotating coordinate system and with non-linear speed control is shown in Figure 2.

The automatic control system consists of: the speed controller (Π – regulator) of an asynchronous motor, feedback on the motor speed, the total feedback from speed sensor and the voltage output U_{PR} from FC). In order to improve the quality characteristics of the transient process of dynamics of the drive closed-loop system of FC-AM to the control system there was introduced the non-linear correction unit with the dead zone.

In Figure 2, the block diagram of an asynchronous motor with AKZ 20NR (15 kW) short-circuit rotor was built with passport data and system parameters. The frequency converter (FC) in the block diagram is represented by an inertial element $K_{PR} / (T_{PR}p + 1)$, where $T_{PR} = 0,001$ is according to the [3]. The speed controller of the closed-loop system frequency converter – asynchronous motor (FC-AM) is presented by non-linear filter with amplitude attenuation. The non-linear filter provides attenuation of the amplitude with increasing frequency without phase change, thus increasing the stability of the system. The non-linear filter consists of the following units: multiplier unit (multiplication unit), a unit with non-linear characteristics $|u|$; aperiodic unit with a transfer function $W(p) = K_{PC} / (T_{PC}p + 1)$; unit with non-linear $sign(x)$ characteristics. Unknown parameters (subject to synthesis) are the numerical values of the non-linear filter parameters, i.e. the numerical value of the K_{PC} coefficient, T_{PC} time constant. The coefficient of the K_{PR} frequency converter and the coefficient of K_{OC} feedback factor of the system should be defined. Mathematical description of asynchronous motor with short-circuit rotor (AKZ) in the rotating coordinate system, can be written by the following system of differential equations in the operator form:

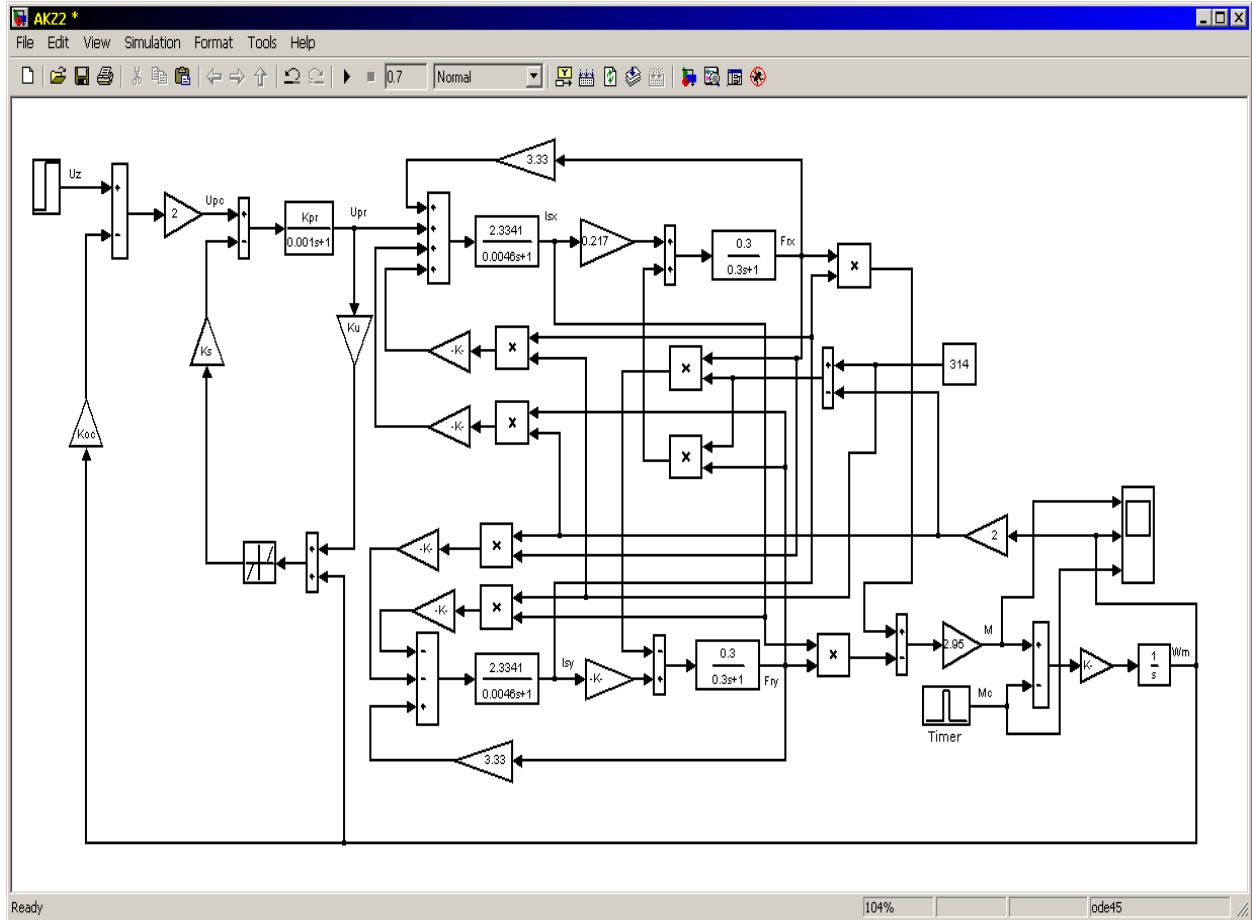


Figure 2 – Block diagram of the closed-loop system FC-AM

$$U_1 = r(1 + T'_S s)i_{Sx} - \omega_1 L'_S i_{Sy} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Rx} - k_R p \omega_m \psi_{Ry},$$

$$0 = r(1 + T'_S s)i_{Sy} - \omega_1 L'_S i_{Sx} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Ry} - k_R p \omega_m \psi_{Rx},$$

$$0 = -k_R R_R i_{Sx} + \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx} - (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Ry}, \quad (1)$$

$$0 = -k_R R_R i_{Sy} + \frac{1}{T_R} \psi_{Ry} + s \psi_{Ry} - (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Rx},$$

$$m = 1.5 p k_R (\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}), \quad J s \omega_m = M - M_H,$$

where $r = (R_S + k_R^2 R_R)$, $L'_S = (L_S - \frac{L_m^2}{L_R})$, $k_R = \frac{L_m}{L_R}$, $T_R = \frac{L_R}{R_R}$.

The mathematical description of the dynamics of the closed-loop system FC-AM can be presented by the system of differential equations on the basis of the transfer functions of the system:

$$\frac{dx_1}{dt} = 0.217 * x(4) - 314 * x(2) + 2 * x(2) * x(5) - 3.33 * x(1);$$

$$\frac{dx_2}{dt} = 0.217 * x(3) - 314 * x(1) - 2 * x(1) * x(5) - 3.33 * x(2);$$

$$\frac{dx_3}{dt} = 506.5 * x(6) + 1686.7 * x(2) + 997,6 * x(1) * x(5) + 311.5 * x(4) - 217.4 * x(3);$$

$$\frac{dx_4}{dt} = 1686.7 * x(1) - 311.5 * x(3) - 997,6 * x(2) * x(5) - 217 * x(4);$$

$$\frac{dx_5}{dt} = 28.9 * x(2) * x(4) - 28.9 * x(1) * x(3);$$

$$\frac{dx_6}{dt} = (1000 * K_P * K_{PC}) * u - 1000 * (2 * K_P * K_{OC} + K_P K_S * g1) * x(1) - \\ - (1000 * K_P * K_S * g1 * K_U) * x(6);$$

$$\frac{dx_7}{dt} = 2.95 * ((x(2) * dx(4) + x(4) * dx(2)) - (x(1) * dx(3) + x(3) * dx(1))),$$

where $x_1 = \Psi_{RX}$, $x_2 = \Psi_{RY}$, $x_3 = i_{SX}$, $x_4 = i_{SY}$, $x_5 = \omega_m$. Ψ_{RX} , Ψ_{RY} – rotor flux linkage, i_{SX} , i_{SY} – stator current.

Parameters synthesis of control system of frequency regulated electric drive is carried out on the basis of the algorithm of parametric synthesis illustrated in Figure 3. The calculation procedure is as follows:

1. The initial data: coefficient of K_P frequency conversion, coefficient of K_{PC} speed, coefficient of the total voltage from the speed sensor and FC sensor K_S , coefficient of the voltage sensor of FC K_U , coefficient of the gain from the non-linear unit K_S , and coefficient of feedback on the speed K_{OC} are introduced. It should be noted that the initial values of the coefficients subject to the synthesis are set in the form of random numbers.

2. The condition of the inequality $x_i \leq 1$ is checked.

3. Partial derivatives $S = f(x_i)$ are calculated.

4. The numerical values of the right side of the system of differential equations are calculated (1).

5. The minimum sum of Lyapunov function and its derivatives by scanning method is calculated.

6. New numerical values of the variables x_i are calculated.

7. The condition of the inequality $x_i \leq 1$ is checked again.

In case of failure of inequality, the output of numerical values of the synthesized parameters (K_P , K_U , K_S , K_{OC} и K_{PC}) and output of graphics of transient speed and motor torque for the visual evaluation of the quality of transients is carried out. The synthesis program of control system parameters FC-AM, compiled on the MATLAB Algorithmic Language [4], is shown in Figure 4. We should note that the non-linear unit in the control system is presented on the basis of the method of harmonic linearization [5, 6], by the linear unit with harmonic linearization equal to $g1 = 1,107$. This coefficient of harmonic linearization is used with the same name $g1$ in the program of synthesis of control system parameters.

The program of parameters synthesis of the system control:

```
function SCAY;
global Kp; global Kpc; global Koc; global Ks; global Ku;
global s1; global s2; global s3; global s4; global s5;
global s6; global s7; global s8; global s9; global s10;
n=6; r=0; s1=0; s3=0; s5=0; s7=0; s9=0; m=50;
for i=1:m
h=0.5; q1=1e6;
Kp=rand*20; Koc=rand^2; Ku=rand; Ks=rand; Kpc=rand;
x(6)=0.01; while x(5)<=1
x(5)=0.01; while x(5)<=1
x(4)=0.01; while x(4)<=1
x(3)=0.01; while x(3)<=1
x(2)=0.01; while x(2)<=1
```

```

x(1)=0.01;
while x(1)<=1
h1=0.01; i=1;
while i<=n
u(i)=x(i)+h1; v(i)=x(i)-h1; j=1;
while j<=n
if j~i u(j)=x(j);v(j)=x(j);end
j=j+1;
end
k=1; p1=0; p2=0;
while k<=n l=k;
while l<=n a(k,l)=rand;
p1=p1+a(k,l)*u(k)*u(l); p2=p2+a(k,l)*v(k)*v(l);
l=l+1;end
k=k+1;end
a(i)=(p1-p2)/2/h1; i=i+1;
end
g1=1.107;
d(1)=0.217*x(4)-314*x(2)+2*x(2)*x(5)-3.3*x(1);
d(2)=0.217*x(3)+314*x(1)-2*x(1)*x(5)-3.3*x(2);
d(3)=506.5*x(6)+1686.7*x(2)+997.6*x(1)*x(5)+...
311.5*x(4)-217.4*x(3);
d(4)=1686.7*x(1)-311.5*x(3)-997.6*x(2)*x(5)-...
217.4*x(4);
d(5)=28.9*x(2)*x(4)-28.9*x(1)*x(3);
d(6)=-1000*(2*Kp*Koc+Kp*Ks*g1)*x(1)-Ks*g1*Ku*Kp*x(6);
s=0;
for i=1:n
s=s+abs(x(i)^2+a(i)*d(i));
end
q=s;
if q<=q1 q1=q;end
x(1)=x(1)+h; end
x(2)=x(2)+h; end
x(3)=x(3)+h; end
x(4)=x(4)+h; end
x(5)=x(5)+h; end
x(6)=x(6)+h; end
r=r+1;
s1=s1+Kp; s2=sqrt((s1/m)^2); s3=s3+Kpc; s4=sqrt((s3/m)^2);
s5=s5+Koc; s6=sqrt((s5/m)^2);s7=s7+Ks; s8=sqrt((s7/m)^2);
s9=s9+Ku; s10=sqrt((s9/m)^2);
if r>=m break;end
end
clc
Kp=s2; Kpc=s4; Koc=s6; Ks=s8; Ku=s10;
disp('Kp=');disp(Kp); disp('Kpc=');disp(Kpc);
disp('Koc=');disp(Koc); disp('Ks=');disp(Ks);
disp('Ku=');disp(Ku);
x0 = [0;0;0;0;0;0];
[T, X] = ode45(@syst1,[0 1],x0);
plot(T,X(:,5)*2,'k.-',T,X(:,7)*5,'b.-')
grid

```

```

function dx=syst1(t,x)
g1=1.107; a1=1000*Kp*Kpc; a2=1000*(2*Kp*Koc+Kp*Ks*g1);
a3=1000*Ks*g1*Ku*Kp;
dx=zeros(7,1);
dx(1)=0.217*x(4)-314*x(2)+2*x(2)*x(5)-3.3*x(1);
dx(2)=0.217*x(3)+314*x(1)-2*x(1)*x(5)-3.3*x(2);
dx(3)=506.5*x(6)+1686.7*x(2)+997.6*x(1)*x(5)+311.5*x(4)-
217.4*x(3);
dx(4)=1686.7*x(1)-311.5*x(3)-997.6*x(2)*x(5)-217.4*x(4);
dx(5)=28.9*x(2)*x(4)-28.9*x(1)*x(3);
dx(6)=a1*50-a2*x(1)-a3*x(6);
dx(7)=2.95*((x(2)*dx(4)+x(4)*dx(2))-(x(1)*dx(3)+
x(3)*dx(1)));
end
end

```

Graphs of transient processes of speed and electromagnetic torque of asynchronous motor with excellent qualitative characteristics of transient processes are shown in Figure 3.

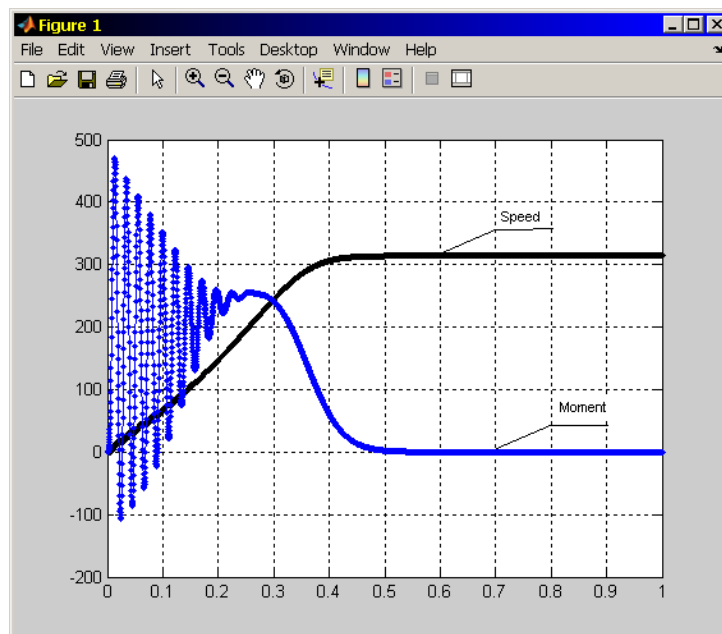


Figure 3 – Graphs of transient processes of speed and torque of FC-AM closed-loop system

As seen in Figure 3, the graph of the transient processes of speed of asynchronous motor is selected without overshooting and oscillation, i.e., optimal transient process of motor speed. Results of parameters account of control system for the selected graph engine of transient processes of motor speed have the following numerical values:

$$K_p = 10.4596, \quad K_{pc} = 0.5177, \quad K_{oc} = 0.3099, \quad K_s = 0.5263, \quad K_u = 0.4545.$$

It should be noted that the start of the program of parameters synthesis of FC-AM closed-loop system is carried out until a transient processes graph of motor speed with the required quality characteristics of transient processes of asynchronous motor is obtained.

REFERENCES

- [1] Basharin A.V., Novikov V.A., Sokolovskiy G.G. Management electromechanics. L.: Energoizdat. Leningr. separation, 1982. 392 p.
- [2] German–Galkin S.G. Kompiuternoe modelirovanie poluprovodnikovyykh system b MATLAB 6.0. SPb.: KORONA print, 2007. 369 z.

[3] Cagitov P.I., Tergemes K.T., Shadhin Y.I. Parametric synthesis of a control system of a multi-induction motor // AUPET Bulletin. 2011. N 2(13). P. 63-66.

[4] Popov E.P. Theory of nonlinear automatic control systems and management. M.: Nauka, 1988. 255 p.

[5] Terekhov I.M., Osipov O.I. – M.: Publishing center "Akademy", 2008. 304 p.

[6] Besekersky V.A., Popov E.P. Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya. – SPb.: Professiya, 2004. 752 p.

Ж. Ж. Тойгожинова, Э. Б. Даркенбаева

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НА ЭВМ

Аннотация. Приведена структурная схема замкнутого электропривода системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель. Дается математическое описание динамики движения асинхронного электропривода и программа синтеза параметров системы управления в среде MATLAB, а также график переходных процессов асинхронного двигателя. Разработана программа синтеза параметра системы управления замкнутой системы ПЧ-АД в среде MATLAB. Расчет параметров системы управления, с использованием исходных данных системы, осуществляется с помощью разработанной программы решения дифференциальных уравнений динамики замкнутого частотно – регулируемого асинхронного электропривода. В заданной структурной схеме системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель с обратной связью по скорости для достижения желаемых свойств процессов управления введена нелинейная коррекция в качестве регулятора скорости асинхронного двигателя. По графикам переходных процессов скорости и электромагнитного момента асинхронного двигателя в среде MATLAB с требуемыми качественными характеристиками переходных процессов двигателя выбираются рассчитанные параметры преобразователя частоты и нелинейной коррекции системы. Рассчитанные неизвестные параметры замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель и вывод графика переходных процессов скорости и электромагнитного момента двигателя на экран дисплея ЭВМ осуществляется одновременно для облегчения решения задачи синтеза в диалоговом режиме работы «оператор – ЭВМ».

Ключевые слова: преобразователь частоты, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, центробежный насос, синтез параметров.

Ж. Ж. Тойгожинова, Э. Б. Даркенбаева

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

ОРТАДАН ТЕПКИШ СОРҒЫНЫҢ ЖИЛІКТІ ТҮРЛЕНДІРГІШ – АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАН ТҰРАТЫН ТҰЙЫҚТАЛҒАН ЖҮЙЕСІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЭЕМ АРҚЫЛЫ СИНТЕЗДЕУ

Аннотация. Мақалада жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш жүйесі бойынша электр жетегінің тұйықталған құрылымдық сұлбасы келтірілген. Асинхронды электр жетегінің қозғалыс динамикасының математикалық жазылуы және MATLAB бойынша басқару жүйесінің параметрлерін синтездеуге бағдарлама, сонымен қатар асинхронды қозғалтқыштың өтпелі процестері берілген. Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыштан тұратын тұйықталған жүйенің басқару жүйесінің параметрлерін синтездеуге MATLAB бойынша бағдарлама өңделген. Жүйенің бастапқы деректерін қолданып, басқару жүйесінің параметрлерін есептеу, тұйықталған жиілікті реттелетін асинхронды электр жетегінің динамикасын дифференциалдық теңдеумен шешу үшін өңделген бағдарламаның көмегімен орындалады. Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыштан тұратын жылдамдық бойынша кері байланысы бар жүйенің берілген құрылымдық сұлбада-сына, басқару процесінің қалаулы қасиетіне жету үшін асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттегіші ретінде сызықсыз түзеткіш енгізілген. MATLAB бағдарламасында асинхронды қозғалтқыштың жылдамдық және электр магнитті моменттің өтпелі процестерінің графигімен, қозғалтқыштың талап етілген, сапалы өтпелі процестердің сипаттамаларымен жиілікті түрлендіргіштің және сызықсыз түзеткіш жүйесінің есептелінетін параметрлері таңдалады. Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыштан тұратын тұйықталған жүйенің есептелген белгісіз параметрлерінің және қозғалтқыштың электр магнит моментінің, жылдамдығының өтпелі процесінің графигі ЭЕМ дисплейіндегі экранда шығуы синтездеу мақсатын орындауды жеңілдету үшін «оператор – ЭЕМ» диалогты жұмыс режимінде орындалады.

Түйін сөздер: жиілікті түрлендіргіш, қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш, параметрлердің синтезі.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 201 – 211

UDC 661.6:502/504

M. Zh. Nurushev¹, M. D. Diarov², A. Nurusheva¹, M. Yussupova³¹L. N. Gumilyov eurasian national university, Astana, Kazakhstan,²Institute of Oil and gas, Atyrau, Kazakhstan,³Pedagogical college named after M.Auezov, Semey, Kazakhstan.

E-mail: nuryshev@mail.ru, Marzhan.Diarova@cpcpipe.ru, assel_nurusheva@mail.ru, marzhan.esimbekova@mail.ru

**DEVELOPMENT OF OIL FIELDS ON THE SHELF
OF THE CASPIAN SEA AND THE RISK LEVEL OF ACCIDENTS**

Abstract. The authors considered the rational reasons of effective measures for prevention and liquidation of catastrophic of emission of oil and gas in case of production of oil and gas in the Kazakhstani sector of the Caspian Sea. The comparative analysis with the accident on the Gulf of Mexico (USA) is carried out.

Scientific substantiation of effective measures to prevent and to eliminate oil and gas emissions catastrophe on the Kazakhstani sector of the Caspian Sea is carried out. Currently, Kazakhstan produces 1.6 million barrels a day, which allows us to be among the world's top twenty oil producers. In the next 15 years we plan to double these figures - we have a new field in Tenghiz, Kashagan. The USA's companies such as ExxonMobil, Chevron want to continue to invest in this area.

Keywords: Caspian Sea, emissions, catastrophic, situation model, Tenghiz, Kashagan.

Introduction. Emergency oil spill in the Caspian Sea can cause catastrophic damage to flora and fauna of the sea. As a result, the intensification of oil operations on the shelf of the Northern Caspian Sea brings to the task of risk assessment plan for the defeat of biota with accidental oil spills [1-4].

At the explosion on the drilling platform of the "British Petroleum" company in the Gulf of Mexico, 5 million barrels or 795,000 tons of oil have been released into the atmosphere and the aquatic environment. Emission speed reached 200 km/hour, the temperature to 400 °C. The pressure of 8 tons was per square kilometer, which killed dolphins and whales. The populations of crab, oysters and shrimp disappeared for five years. Oil fell in the Atlantic Ocean and the Gulf Stream. All the maritime community has suffered in the Gulf of Mexico, including the seabed.

The first catastrophic oil and gas emissions to the atmosphere area occurred in Kazakhstan in 1985 during the development of the Tengiz oil field. The accident was eliminated within 398 days. Thus the flame height reached 300 m, a diameter of 50 m, air heated in the wellsite to 1500 °C, the soil around the well site to 440 °C. It spilled 3.4 million tons of oil, 1.7 billion cubic meters of flammable gases, including 516, 000 tons of H₂S (or 1.0 million SO₂), 850 tons of mercaptans (highly toxic chemicals), 1.0 mln tons of unburned hydrocarbons and 900, 000 tons of soot. In this case, at least about 200 thousand birds were killed.

If we compare the materials on catastrophic releases of petroleum fluids between the Gulf of Mexico and the Tengiz oilfield, then we have that for one day of elimination 9,138 tons of oil were thrown into the Gulf of Mexico and 8,548 tons at the Tengiz field on average. The weight amount of oil fluids emissions in both regions is approximately the same [4].

Materials and methods. Research methods: empirical (observation and comparison), theoretical (abstraction, axiomatic, analysis and deduction). The methodical principles of an estimation of economic damage are based on two approaches to estimation (rate) of damage from pollution of an environment: indirect (integrated) and by objects.

In researches applied methods ArcGIS Server component provides storage cards as a service to display in the Publish Map Web-Part.

Pre-processing Module Component allows the generation of configuration files required for the calculation of wind, hydrodynamics and oil spill.

Component Mike 21 HD [5] provides the calculation of hydrodynamics.

Component Mike 21 SA [6] calculates an oil spill.

Risk App component calculates the probability risk of oil pollution of the sea and the destruction of biota in the Northern Caspian [7]. Storage layer comprises a database for storing information [8,9]. The geodynamic monitoring of the Kazakh scientists is conducted on the basis of geo-positioning space with the GPS satellites, GLONASS, accompanied by JSC "National Center for Space Research of Kazakhstan" [11].

Results and discussion. Currently, high sulfur giant subsalt oil and gas deposits are being developed on the Kazakhstani shelf of the Caspian Sea, which is unprecedented in the history of oil industry in Kazakhstan. It is necessary to study the mechanisms and predisposition to certain areas of catastrophic events for the prevention of possible emergency situations. The analysis shows that emergencies occur where the earth's crust accommodating giant oil reservoirs more active, not calm, tectonic shifts occur. All the pre-salt oil reservoirs represented as a "giant powder container" with abnormally high pressure, temperature and high hydrogen sulphide content (table 1).

Table 1 – Characteristics of the pre-salt oil and gas fields

Main Data	Fields				
	Kashagan	Kairan	Aktoty	Korolevskoe	Tengiz
Depth, m.	4,000-5,500	3,200-5,500	3,600-5,000	4,000	4,000-5,500
Reservoir pressure in atmospheres.	800-1,100	700-1,000	800-1,000	800	800-1,100
Reservoir temperature, ° C	110-130	110-130	110-130	110-130	110-130
The content of the gray-hydrogen (H ₂ S) in %	19-22	16-20	22	16	19-23

According to the geophysical research conducted by Western oil companies, the structure (reservoir) of oilfields - Kashagan, Kayran, Aktoty, Korolevskoe and Tengiz oilfield is a single complex area, about 160 km long, 40 km wide, with some pinches. Clearly, that new deposits of hydrocarbons will be opened within this area and gas fields.

The oil reservoirs at depths of 4,000-5,500 meters are under stress, under enormous pressure in-situ 800-1,100 atm., occupying a total area of 3,154 square kilometers and water area of the sea coast. According to the academician the violations of moderate static state of giant oil storage tanks can trigger:

1. Natural earthquake
2. Man-made earthquakes
3. Technological violations of drilling and exploitation of the deposit.

According to the Institute of Seismology, the territory of Atyrau region, including the Caspian Sea, is related to the areas of the crust with the possible manifestations of earthquakes of magnitude 6 on the Richter scale. Right here in tectonically active areas of the Earth's crust large subsalt of oil and gas deposits are located. Modern active faults within the Tengiz field (vertical) have up to 5 cm per year, which was established by repeated leveling tool.

On the eastern coast of the Kazakhstani sector of the Caspian Sea at the end of April 2000, there was a large-scale subsidence of the Earth's surface. As a result of tectonic downstream movements, the huge tracts of Kalamkas and Karazhambas were flooded. More than one hundred well sites were under water. This coastline stretched for tens of kilometers.

Thus, the uncontrolled development of the huge pre-salt hydrocarbon resources of the Caspian Sea in Kazakhstani sector will be under strong natural and anthropogenic geodynamic factors. Risks of natural earthquakes are essential.

The emergence of the danger of natural and man-made earthquakes increases, because since 1993 at the Tengiz field, in a growing volume hydrocarbon resources have been extracted. Injection of water or

gas to fill the voids and cracks liberated so far are not conducted. This circumstance leads to a moderate violation of the static state of the subsoil [10]. leading to the following geophysical processes:

1. Fall in situ pressure on the periphery of the oil tanks.
2. Change of the phase relationship of hydrocarbon systems.
3. Change of the temperature condition of oil tanks.

Drilling of the first well at Kashagan started on 11 August 1999. In winter of 2000, the first subsalt with huge reserves of oil and gas was opened - 38 billion of barrels, or 6 billion tons, of which there were about 10 billion recoverable barrels of oil. Our fears of the emergence of man-made earthquakes are real and it is an expected phenomenon. This is confirmed by the declaration of "Agip KCO" of intent to develop the Kashagani field, where it is noted that "... the planned development of offshore oil production on the shelf of the Northern Caspian Sea will be counted not in years, but for many decades."

A certain danger is represented by 19 deposits, which are located on the 1,485 drilled wells that are located in the zone of flooding and pre-flooding of the Caspian Sea. Some of them give a leak; very dangerous 150 wells are located in the coastal part of the sea. Too little funds are allocated to eliminate them (25 million tenge in 2009 to eliminate the 20 wells).

It should be noted that the uniqueness of the Kashagan field, located in the shallow area of the Kazakhstani North Caspian biological resources is in rich feeding grounds, migration routes of fish and birds. According to our research, the biomass per unit area is about 1.5-2 times higher than in the rest of the sea. The particular vulnerability of the Kazakh part of the total water volume of all the sea is only 0.94% while 27.73% of the area of the entire sea area (more than 398,000 sq. km), with an average depth of 6.2 m. If you pour a ton of oil per unit volume in different parts of the sea, the lethal concentration here is achieved much faster.

The Caspian Sea has immense beauty and diversity of ecosystems and is rich in natural resources, not yet being fully investigated and is not used efficiently. The Caspian Sea has a climate formation value and is unique in that it was called the relict flora and fauna, including the world's largest herd of sturgeon fish (90% of world reserves). The Caspian Sea is home to more than 500 species of plants and 850 species of animals. The Caspian Sea is a major migratory route and habitat for waterfowl and shorebirds.

In fact the Kazakhstan's Caspian Sea coast is lower and is very similar to the low marshy shores of Louisiana, which was hit hard by the oil spill. Here on the shores of the Caspian Sea protected wetlands are situated, and the state nature reserve "Ak Zhayik" is in front of the Kashagan field, where rare species of fish, birds and animals live. In the event of a similar disaster in the Caspian Sea, with the help of wind surges, the oil can go on the marshy coastal waters, where it will not be possible to collect it any longer. Marshy ground will easily absorb oil mixture, and the unique nature of the Caspian Sea will be lost.

Unfortunately, the pollution of the Caspian Sea continues. Only from "Tengizchevroil" LLP emission of pollutants in the atmosphere has made more than 1 million tons. Thus, one ton of crude oil accounts for 7.07-8.0 kg of harmful substances, which is based on the oxides of sulfur, nitrogen, sulfuric and nitric acids. As a result, in the eastern part of the sea water area there is a decrease in pH. The difference between the extreme values of pH in the studied sea area reaches 1.59 (8.4 to 6.81) indicating the real-acidification of marine waters.

According to standard calculations, for every million tons of extracted oil in the world we have an average of 131.4 tons of losses. If on Northern the Caspian Sea is planned production of 70-100 million tons of oil that we will have losses of not less than 13 thousand tons per year.

The Tengiz massive amounts of elemental sulfur, stored in the open-air form, are constant and an ever-increasing source of environmental pollution. As a result, sulfur bacteria from the surface of the sulfur arrays allocate sulfuric acid. Under the influence of contamination of oil and gas the complex disease of the population of nearby towns is 90%, and the incidence of the population of the Atyrau region increased by 50%, which is the result of a local environmental disaster.

The existing system of environmental monitoring and research in the Caspian Sea is cumbersome and inefficient, allowing manipulation of information and public opinion. We offer new technology of monitoring. The information observation system will be the most flexible, decentralized and suitable for progressive public involvement in the management of natural resources. It will clearly identify the anthropogenic contribution of all charges against the background of natural processes:

1. Ensuring the balance between conservation, protection of biological resources and the conduct of petroleum operations, extraction of hydrocarbons at sea. Developing a set of measures to limit acidification of a vast area (approximately 8,000 sq. km) to the east of the Caspian Sea water area and resolving issues of compensation for damage provide oil companies with the aquatic environment and bio-resources;

2. Implementation of international standards for assessing the impact of ongoing oil operations, including providing objective data on the concentrations of highly dangerous toxic pollutants, mercaptans, restrictions on in-depth development of more than 8-10 thousand meters.

3. Implementation of control over the volume withdrawn from the bowels of the earth and efficient hydrocarbon volumes injected into oil horizons of water and gases. Control to carry out the disposal of liquid industrial waste in the bowels, resulting in disrupted static condition of the subsoil;

4. Development of an emergency situation model on the shelf and eliminating them for the shortest possible time, as well as the methods of calculation for the full recovery of environmental damage to the natural environment during operations and emergency situations;

5. Providing comprehensive monitoring on modern methods of mathematical modeling, covering the most predictive indicators of ecological disaster, the legal framework of environmental protection and comprehensive planning, coastal zone management.

Today in the Kazakhstani sector of the Caspian there are performed unprecedented in scale and quantity dangerous oil and gas resources. The accelerated development of oil resources will lead to a significant loss of the quality habitat of biological resources and people.

Analyzing the scale of environmental complications, we set out to study the causes of environmental emergencies in the normal mode in the long development of oil fields.

In the process of the long-term development there is the accumulation of toxic substances in the soil, the plants, the aquatic environment, sediments and internal human organs, animals, birds, fish and others. In the end, the whole ecosystem will be infected with toxicants.

According to our calculations in the future with the full development of the huge pre-salt oil resources, by schedule production the atmospheric pool and water area of the Caspian Sea Kazakhstani sector can throw out 28.0 million tons of poisonous substances. From these components there may be formed 9.93 million tons of sulfuric, 5.3 million tons of nitrogen and 10.45 million tons of carbonic acid, they are also the most destructive compounds of the natural environment in the world.

Despite the shallow waters of the Kazakhstani sector sea company Eni SpA with the operator "Agip Caspian Sea BV" plans in the future to increase production levels from 55.8 to 98.0 mln. tons of oil per year. Contract area under the North Caspian Sea PSA includes the giant Kashagan oil field which is the first major offshore field in the Republic of Kazakhstan, as well as the fields of Kashagan Southwest, Aktoty, Kayran and Kalamkas. The scope and complexity of the operations carried out by a consortium of persons, which includes the companies: Eni, Shell, Exxon Mobbile, Total, ConocoPhillips, KMG, INPEX which are aware that such production rates can lead to irreversible processes i.e. radical destruction of the ecosystem of the North Caspian.

The study area is under the influence of regional compression. The fractures in the upper layers of the crust under a layer of sedimentary rocks are at depths of 4-12 km in areas of hydrocarbon production, which increases the risk of man-made disasters.

In developing the Tengiz field in the last eight years tons of crude oil was released into the atmospheric pool in the average 4.99 kg of toxic substances at the design 2.0-2.5 kg. From poisonous substances there is emitted the amount of 1.33 kg of sulfur and 0.69 kg of nitrous gases which are defined as the most damaging ecosystems gases. On the industrial sites of Tengiz, only in 2007-2010, there were more than 160 accidents followed by burning and sour raw gas to the flare.

The aquatic resources suffer so for many years in the drainage wells and other technological nodes of the islands of Kayran and Aktoty, more than 700 dead birds have been found. With such a disparaging approach the foreign oil companies should expect further environmental complications. Admittedly saying, the signing of many environmental and legal issues missed contracts, including stringent penalties and insurance in case of an environmental disaster [12].

As a result of long and intensive exploitation of the oil field, the critical situation for the environment comes without doubt; however, to justify and determine the time of occurrence of such a situation is not an easy task. The authors of this article have attempted to solve it.

Criteria for evaluating the forecast anthropogenic loads. Estimates of future emissions into the atmosphere have been made on the basis of multi-year reached actual emissions into the air of toxic substances per ton of crude oil (an average of 4.0 kg per 1 ton of harmful substances.) by various oil companies.

"Tengizchevroil" LLP mined in 2009-2015 178.5 million tons of salt oil, and there was released into the atmosphere 887.8 thousand tons of toxic substances or 4.99 kg of toxic substances per ton of oil were produced, as in 2001-2008 per ton of oil emissions amounted to 3.95 kg of toxic substances.

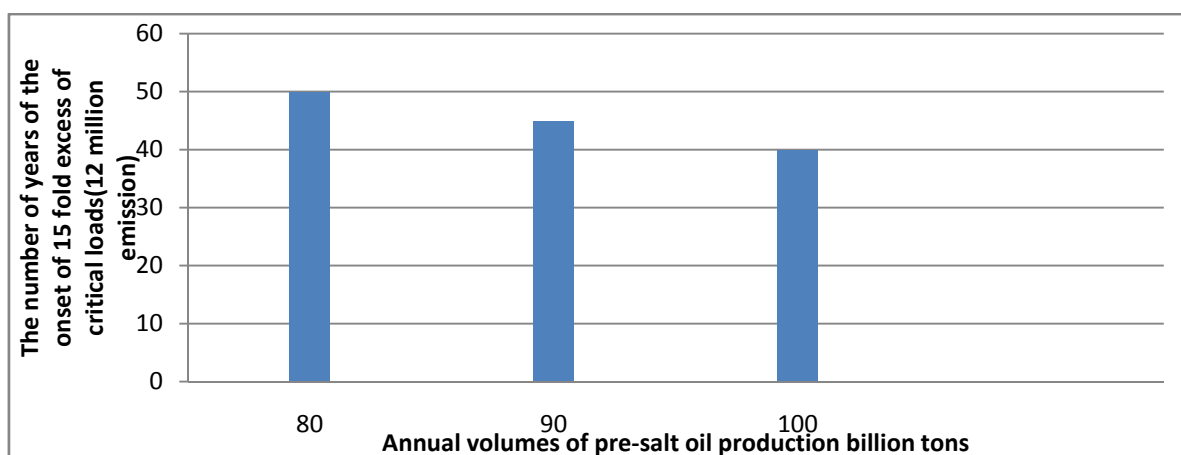
Critical anthropogenic impact on the environment. Anthropogenic impact on the environment is determined from the analysis of the health of the inhabitants of the village Sarkamys located 12-15 km from the sanitary protection zone of the Tengiz field. The average volume of emissions for these years amounted to 604.2 thousand tons, while the production of "Tengizchevroil" LLP was 98.2 million tons of oil.

Growth of dynamics of critical loads at different levels of production and timing of development of pre-salt oil. We calculated the possible dynamics of critical load exceeding (0.8 million tons of emissions) at the timing of the development of 10 to 50 years with an interval of five years and production volumes in 15,20,25,30,35,40,45, 50,55,60,70,80,90 and 100 million tons of oil. For the calculation of the average specific emissions of 4, 3 and 2 kg per 1 ton were adopted.

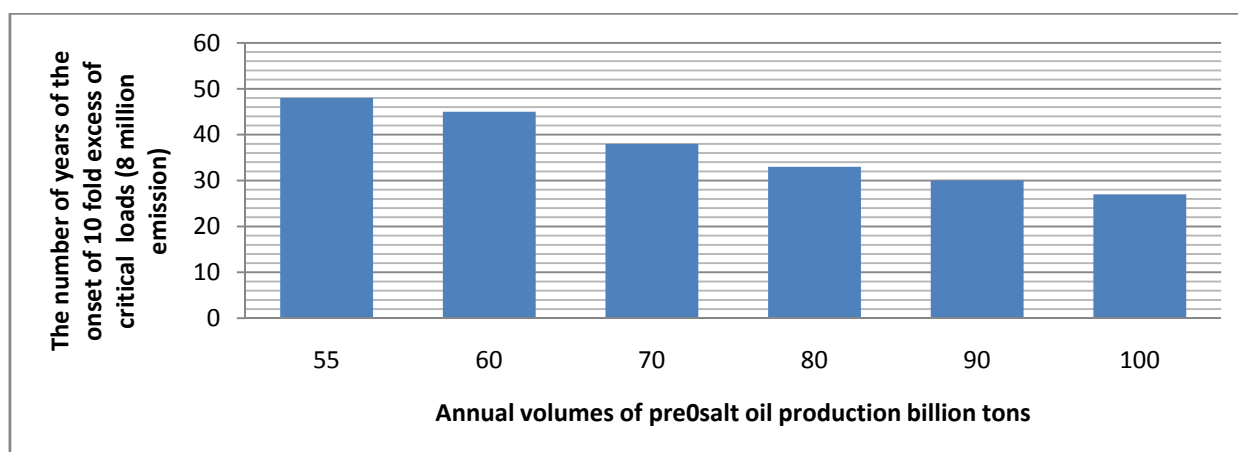
We obtained the following results. When reaching 4.0 kg of emissions per 1 ton of the produced oil exceeding the critical load from 0.75 to 25 times in terms of the development of 10 to 50 years it makes up 15-100 million tons of production volumes a year.

When possible 2.0 kg of emissions into the pool exceed the critical load, they are 0.37-12.5 times under the same terms of development and production volumes. We have divided Harmful effects on the environment into zones (stages).

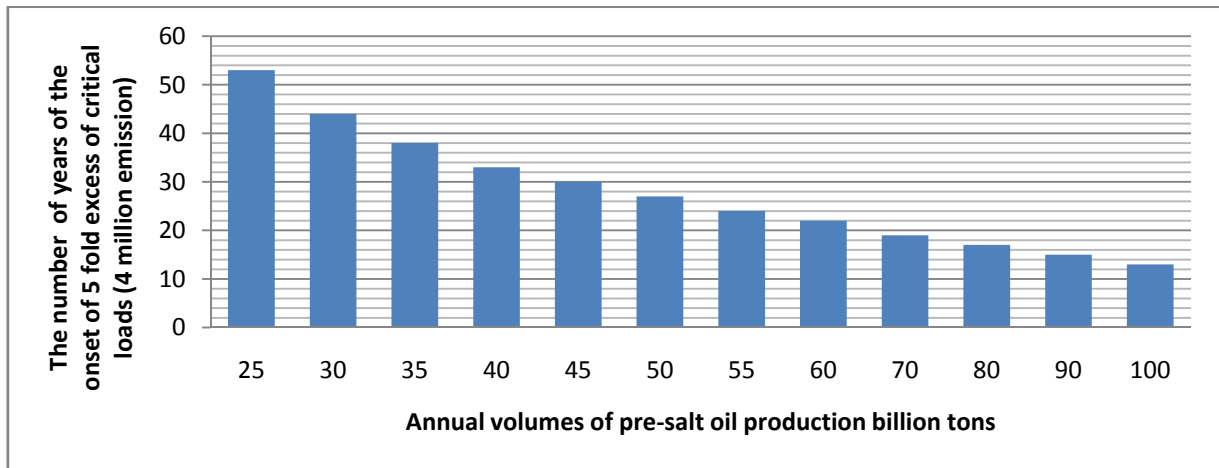
I. If possible 4.0 kg of emissions of hazardous substances per 1 ton crude oil take place (Figure 1, 2), the following sequence was obtained:



The third zone (stage). The zone of intensive environmental disasters. Extraction of 2.65-4.0 billion tons of oil. Emissions into the atmospheric pool subsalt oil of 8.0-12 million tons. Of this amount there could be formed 2.2-4.8 million tons of sulfuric acid and 1.5-2.3 million tons of nitric acid.

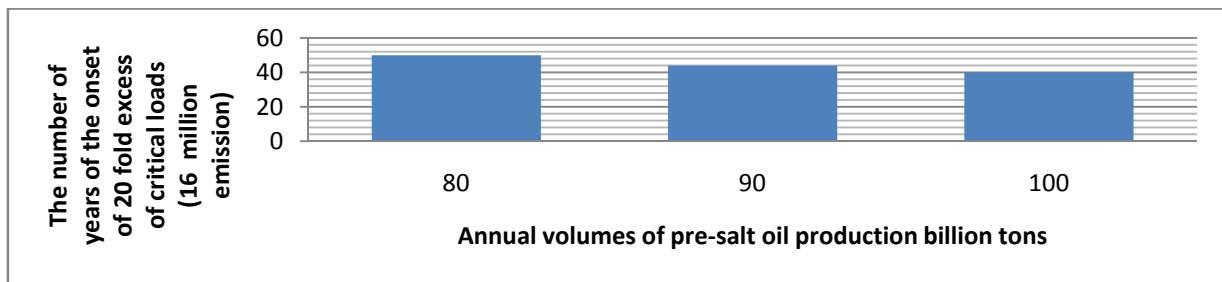


The second zone (stage). Zone of ecological disasters. Zone of 1.3-2.65 billion tons of oil. Emissions of subsalt oil of 4.0-8.0 million tons of poisonous substances. Of this amount there could be formed 1.6-2.2 million tons of sulfuric acid and 0.75-1.5 million tons of nitric acid.

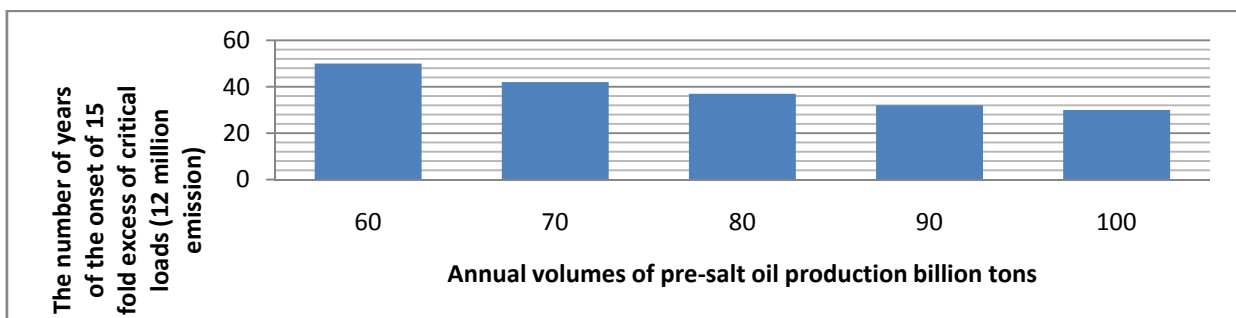


The first zone (stage). The difficult situation is critical in the environment on the verge of the ecological disaster. The volume of oil production of 1.3 billion tons. Emissions into the atmospheric pool of 4.0 million tons. Of this amount 1.6 million tons there could be formed sulfuric acid and 0.75 million tons of nitric acid.

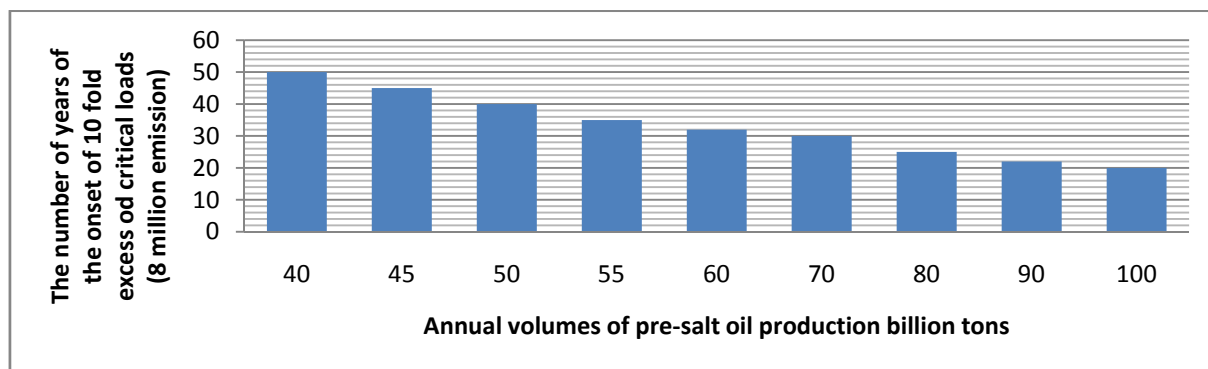
Figure 1 – The degree of changes in the environment depending on the volume of oil production and timing of development of deposits



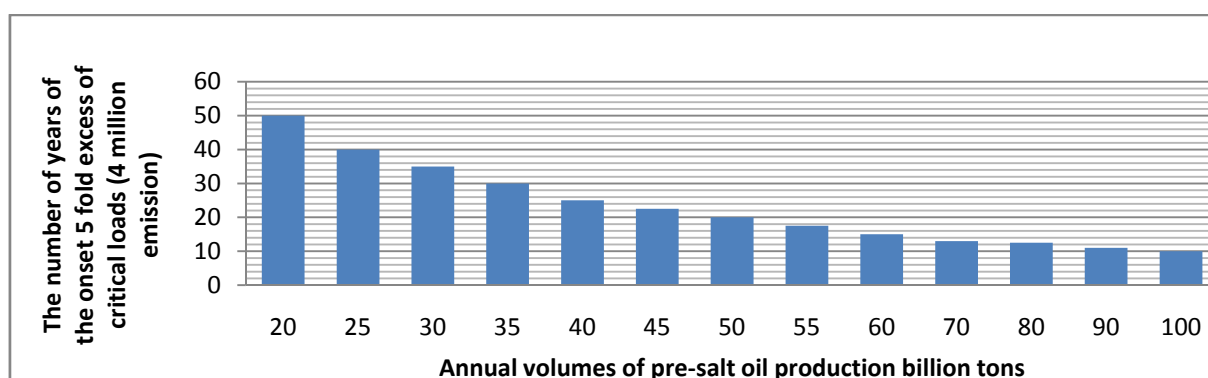
The fourth zone (stage). The zone strengths of environmental disasters. Extraction of 3.0-4.0 billion tons of oil. Emissions into the atmospheric pool of 12-16 million tons of toxic substances. Of this amount there could be formed 4.8-6.4 million tons of acid and 2.26-3.028 of nitric acid.



The third zone (stage). The zone of intensive environmental disasters. Extraction of 2.0-3.0 billion tons of oil. Emissions to the atmosphere of toxic substances Pool of 8-12 million tons. Of this amount of the substances there could be formed 3.2-4.8 million tons of sulfuric acid and 1.5-2.3 million tons of nitric acid.



The second zone (stage). The zone of ecological disasters. Mining of 1.0-2.0 billion tons of oil. Emissions into the atmospheric pool of 4.0-8.0 million tons of poisonous substances. There could be formed 1.7-3.2 million tons of sulfuric acid and 0.7-1.5 million tons of nitric acid.



The first zone (stage). The difficult situation is critical in the environment on the verge of the ecological disaster. From the production of 1.0 billion tons of oil there are emissions of 4.0 million tons of pool toxic substances, the development of pre-salt oil: of them there could be formed 1.6 million tons of sulfuric acid and 0.75 million tons of nitric acid.

Figure 2 – The degree of changes in the environment depending on the volume of oil production and timing of development of deposits

The first zone (stage). Environmental complications on the verge of emergencies can occur when the total production of subsalt oil is 0.5-1.0 billion tons and the release into the atmosphere of 4.0 million tons of toxic substances is a 5-fold excess of critical loads.

The second zone (stage) of environmental emergencies occur in the extraction of 1.0-2.0 billion tons of oil and emissions of the pool of 4.0-8.0 million tons of toxic substances, which is a ten-fold excess of the critical loads of the anthropogenic impact.

The third zone (stage) of the intensive ecological disasters occurs in the extraction of 2.0-3.0 billion tons of oil and emissions of 12.8 million tons of toxic substances, which is 15-fold excess of the critical loads of the anthropogenic impact.

The fourth zone (stage) of environmental disasters occurs in the extraction of 3.0-4.0 billion tons of oil and emissions of the pool of 12.0-16.0 million tons of toxic substances, which is 20-fold excess of the critical loads of the anthropogenic impact.

II. Upon reaching 3.0 kg of emissions of pollutants per ton of oil produced (Table 2) is formed:

The first zone (stage) on the verge of complications of environmental disasters occurs in the production of 0.5-1.3 billion tons of oil and the release into the air of 4.0 million tons of toxic substances, which is 5-fold excess of the critical loads of the anthropogenic impact.

The second zone (stage) of environmental disasters occurs in the production of 1.3-2.65 billion tons of oil will give the release into the air of 4.0-8.0 million tons of toxic substances, which are 10-fold excess loads.

The third zone (stage) includes intensive ecological disasters. They will come when the production of 2.65-4.0 billion tons of oil will give the release into the air of 8.0-12.0 million tons of toxic substances, which is 15-fold excess of the critical loads of the anthropogenic impact.

The next task was to calculate the dynamics of the growth of harmful emissions into the pool at different levels of oil production and timing of the development of deposits. Calculations of the total volume of emissions into the pool at the development of offshore oil fields for 50 years with an interval of 5 years, and annual production volume of 15 to 100 million tons of oil. The main criteria of progress (4 kg) were taken for calculating emissions during the production and the potential in the long term (3 kg and 2 kg) of emissions per ton of the produced oil companies. We obtained the following results:

Under the specific emissions of 4 kg per 1 ton produced oil. Total emissions in the atmosphere during the annual volume of 15-100 million tons of production per year, for 10,20,30,35,40,45,50 years there were 0.6-20 million tons of poisonous substances.

Under the specific emissions of 3 kg per 1 ton produced oil. Total emissions of the pool at the same annual volumes of oil production and for 10 to 50 years accounted for Mt 0.45-15 poisonous substances.

Under the specific emissions of 2 kg per 1 ton produced oil. Total emissions in the atmosphere under the same annual oil production of 15-100 million tons per year, for 10 to 50 years make up 0.3-10 million tons for the estimated time of occurrence of environmental disasters and various complications (Table 2), depending on the volume of production and timing of the development of deposits.

Table 2 – The onset of complications and environmental disasters, depending on the annual production and development period with normal mode

Stage of complications	Time of onset, through years	Annual production volume, mln. tons.	Time of onset, through years	Annual production volume, mln tons
	A. In fact, specific emissions per ton of crude oil 4.0 kg		B. Possible specific emissions per ton of crude oil 3.0 kg	
Environmental complications on the brink of disaster. Total emissions of 4.0 million tons 5 times exceeding critical loads	10	100	13	100
	11	90	15	90
	12,5	80	17	80
	13,0	70	19	70
	15	60	22	60
	17,5	55	24	55
	20	50	25	50
	22,5	45	30	45
	25	40	33	40
	30	35	38	35
	35	30	44	30
Ecological disasters. Emissions of 8.0 million tons 10 times exceeding critical loads	40	25	53	25
	50	20	61	20
	20	100	27	100
	22	90	30	90
	25	80	33	80
	30	70	38	70
	32	60	45	60
	35	55	48	55
Intensive environmental disasters. Emissions of 12.0 million tons 15 times exceeding critical loads	40	50	53	50
	45	45	59	45
	50	40	66	40
	67	30	69	30
	30	100	40	100
Extreme environmental disasters. Emissions of 162.0 million tons 20 times exceeding critical loads	32	90	45	90
	37	80	50	80
	42	70	58	70
	50	60	67	60
	60	50	80	50
	40	100	53	100
	44	90	59	90
	50	80	67	80
	57	70	76	70
	67	60	89	60
	80	50	107	50

From Table 2 it is clear that the environmental catastrophe on the verge of complications occurs in 10 years at 100 million tons of annual crude oil production.

Environmental limits of the development of pre-salt oil reserves. In the development of pre-salt oil resources of the Caspian Sea shelf there may be two alternatives (catastrophic and science-based):

1. It is technically possible to pump all the oil from the bowels of the sea without regard to their disastrous consequences rapidly.

2. The development of hydrocarbon resources to conduct the science-based rate, preserving the ecosystem of the Caspian Sea basin in a satisfactory condition.

We have established the dependence of the time of occurrence of complications and the environmental disasters on the exceeding of critical environmental loads (0.8 million tons of emissions into the air) while maintaining planned volumes of production of subsalt oil on Tengiz and Kashagan. So the Kashagan field development in the period of industrial development is planned to produce 21.0 million tons of oil, 24 million tons produced at Tengiz.

For the calculation we passed the total annual level of 50 million tons of production of oil. At the same time, according to our calculations, the advance environmental complications on the brink of disasters with the actual specific emissions of 4.0 kg per 1 ton of crude oil amounted to a period of 20 years (Table 2), environmental disasters - 40 years, intensive environmental disasters - 60 years.

Evidence-based (recommended) annual production volume of subsalt oil on Tengiz and Kashagan. To solve the problem, we found the number of emissions into the atmosphere pool with the annual production of subsalt oil from 100 to 15 million tons at intervals of 5 mln. tons for 50 years. It turned out that the expected atmospheric load greatly exceeds the critical pool.

On the basis of submissions received, we consider it possible to produce the annual pre-salt oil with high content of sulfur oxides, nitrogen and other toxic substances for Tengiz deposits - 15 million tons per year, and the same for Kashagan (15 million tons per year). The recommended total amount of oil should be between 30 million tons a year.

According to our data the estimated time at the onset of the actual level of 4.0 kg of toxic substances into the air per ton of crude oil produced and the total annual production of 30 million tons of subsalt oil, environmental complications can be expected on the brink of the disaster in 35 years, as an ecological disaster over 67 years.

With the development of pre-salt oil resources, in any case, expected environmental disasters, it is only a matter of time. If you develop at an accelerated pace, the catastrophe will come earlier; if slowly, then the catastrophes will be much later, i.e., a few decades later.

With the development of pre-salt resources of the sea there can be several stages of the loss of quality of the environment. For example, an ecosystem suitable for human life will maintain with the withdrawal from the sea subsoil of 0.5-1.0 billion tons of subsalt oil, which may be accompanied by environmental complications on the brink of the catastrophes.

The natural environment is very suitable for human life (transition period) and it is possible in the extraction of 1.0-2.0 billion tons of oil, with a probability of environmental disaster.

The natural environment on the quality of air, water, soil not suitable for human life (like Chernobyl) is expected at the withdrawal from the depths of the sea of 2.0-3.0 bln. tons of pre-salt oil. This tragedy will be accompanied by intensive environmental disasters, and the seizure of 3.0-4.0 billion tons from the depths of the sea-salt oil will cause extreme environmental disasters. And the worst thing is to happen at the withdrawal from the bowels of 4.0-5.0 billion tons when there will be a very strong environmental disaster.

Thus, from the huge subsalt resources of BMSC it is possible to master with environmental complications on the brink of the disaster just 0.5-1.0 billion tons from 7.0 billion tons of oil approved and registered by the recoverable resources of pre-salt oil, which makes up only 8.0-15% of all reserves of industrial resources of the pre-salt oil.

In order to improve the environmental situation and to ensure the highest possible volume of pre-salt oil, we recommend as follows:

- on the Tengiz field - the annual volume of the produced pre-salt oil should not exceed 15 million tons per year. The first generation plant must be shut down for reconstruction or finally. The associated gas in full should be pumped back into the underground horizons.

- On the Kashagan field - the annual volume of the produced pre-salt oil should not exceed 15.0 million tons per year. About 80% of the associated gas volumes without treatment should be pumped back into the tanks.

Foreign oil companies and the Government of the Republic of Kazakhstan should understand that the massive development of the enormous hydrocarbon resources in the pre-salt deposits in the Kazakhstani sector of the Caspian Sea will lead to the inevitable environmental and technological disasters. That entails the loss of billions of dollars invested in the development of resource deposits with the stop and conservation of many acting manufactures and infrastructures.

This bitter experience concerned the developments in Russia during the development of gas condensate field of Aksaraisk of the Astrakhan Arch at the end of the 80s of the last century. Now from the initial production volumes withdrawn from the depths there are only a quarter of that and had significant impacts on the environment.

Our task is to warn about the possible complications and the environmental impact of the disaster during the development of oil resources of the Caspian Sea oil fields [4]. We should point out the scientifically based (recommended) annual volumes of production of subsalt oil on Tengiz and Kashagan.

There should be noted the uniqueness of the Kashagan field located in the shallow area of the Kazakhstani North Caspian with its biological resources and rich feeding grounds on the migration routes of fish and birds. According to our research, the biomass per unit area is about 1.5-2 times higher than in the rest of the sea. The particular vulnerability of the Kazakhstani part of the total water volume of all the sea is only 0.94% with the area of 27.73% of the entire sea area (more than 398,000 sq. km), with an average depth of 6.2 m. If you pour a ton of oil per unit volume in different parts of the sea, the lethal concentration here is achieved much faster. This requires careful respect for the sea, the maintenance of its biological resources and preventive measures against future mass diseases and poisoning of every living thing [4].

Conclusions. In spite of the unique biological resources and the danger of large-scale oil operations the largest countries in the world (the USA, England, France, Italy, Russia, China) and Kazakhstan are interested in the long-term development of oil fields in the Caspian Sea shelf.

If Government does not organize an independent working group of scientists and specialists on Integrated Monitoring, early (maybe next year) or late in the Kazakhstani part of the Caspian Sea catastrophic oil and gas emissions may occur. For their elimination it will be required from two to several months.

In the future, the cycle of "drilling, oil and gas extraction + catastrophic elimination of emissions + production" will be repeated. After each cycle the sea water toxicity will increase and become more dangerous to the environment [4].

Environmental disasters occurring in the Caspian Sea will have the interstate resonance. With this, migratory, nesting and wintering birds of the sea area, in total more than 10 million, will be affected and some will die. A significant part of migrating will spread the disease in many waters, seas and continents of the globe. The process will be permanent. As a result of these accidents, toxic clouds of the contaminated sea water will rise into the upper atmosphere to the ozone layer of the earth and the air flow will transfer considerable space to form acid rain, destroying forests, grasslands and many components of the environment.

REFERENCES

- [1] Ogar N.P., Geldyev B.V., Maksimov M.A. Overall environmental features of the North-Eastern Caspian Sea. Environmental Monitoring of the natural environment of the North-East Caspian Sea during Development of Oil Fields. Almaty, 2014. P. 12-28.
- [2] Shivareva S.P., Ivkina N.I. 2000. Kaspyskoe more u beregov Kazakhstana Caspian Sea of Kazakhstan coasts 25.
- [3] Faizov K.Sh., Asanbaev I.K., Abdukajmova A.M. 2005. Sovremennye problemy zagryazneniya pochv neftepromyslov prikaspiya Neft i gaz [Modern problems of soil pollution of the Caspian oil fields Oil and gas] 62-8.
- [4] Diarov M.D. Ecology and oil and gas complex: Monogr. Atyraus. institute of oil and gas. Almaty: Evero, 2006. 54. 672 p. (in Russ.).
- [5] DHI Software 2008 MIKE 21 HD Hydrodynamic Model User Guide106.
- [6] DHI Software 2008 MIKE 21 & MIKE 3 PA/SAParticle analysis and oil spill analysis module User guide108.
- [7] Bostanbekov K.A., Jamalov J.K., Kim D.K., Nurseitov D.B., Tursunov I.E., Zakarin E.A., Zaurbekov D.L. Integrated workflow-based system for risk mapping of oil spills with using high performance cluster // International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA). 2013. 3(4). P. 115-31.
- [8] Bostanbekov K.A., Jamalov J.K., Kim D.K., Nurseitov D.B., Tursunov I.E., Zakarin E.A., Zaurbekov D.L. 2013. Service-Oriented GIS System for Risk Mapping of Oil Spills Integrated with High Performance Cluster // The Second International Conference on Informatics Engineering & Information Science. (ICIEIS2013)343-54.
- [9] Bostanbekov K., Nurseitov D. Computer modeling & new technologies // Mathematical and Computer Modeling. 2016. 20(3). P. 35-41.
- [10] Zhumagulov B.T. Simulation of oil displacement in view of mass transfer processes. Almaty, 2004. P. 187 (in Russ.).
- [11] Zhantaev Z.S., Breusov N.G. The role of space technology in ensuring security in the extraction of hydrocarbons in Kazakhstan // Materials of the International Conference "Space for the benefit of mankind is a look into the future". Astana, 2011. P. 41-42 (in Russ.).

[12] Nurushev M., Diarov M., Nurgaliyeva Z., Samatova I., Bakeshova Zh. Scientific basis for efficient prevention and elimination of disastrous oil-and-gas emissions in Kazakhstan sector of the Caspian Sea // Internationaler Kongress Fachmesse: Okologische, Technologische und Rechtliche Aspekte dtr Lebensversorgung. Hannover, 2010. P. 79-80.

М. Ж.Нурушев¹, М. Д. Дияров², А. Нурушева¹, М. Юсупова³

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

²Институт нефти и газа, Атырау, Казахстан,

³Педагогический колледж им. М. Ауэзова, Семипалатинск, Қазақстан

РАЗВИТИЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ И УРОВНЕ РИСКА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Аннотация. Авторы приводят научное обоснование эффективных мер, по предотвращению и устранению техногенных катастроф выбросов нефти и газа на Казахстанском секторе Каспийского моря. Установлена динамика роста критических нагрузок при различных объемах добычи и сроках разработки подселевой нефти. Произведен расчет динамики возможных превышений критических нагрузок (0,8 млн.т. выбросов в атмосферу) при сроках разработки от 10 до 50 лет с интервалом в пять лет и объемах добычи от 15 до 100 млн. тонн. В дальнейшем цикл «Бурение, добыча + катастрофические нефтегазовые выбросы + ликвидация + добыча» будут повторяться. После каждого цикла токсичность морской воды увеличится и станет более опасным к окружающей среде. Без комплексного мониторинга могут произойти катастрофические нефтегазовые выбросы, на ликвидацию потребуется не один год.

Ключевые слова: Каспийское море, эмиссия, катастрофа, модель ситуации, Тенгиз, Кашаган.

М. Ж. Нурушев¹, М. Д. Дияров², А. Нурушева¹, М. Юсупова³

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

²Мұнай және газ институты, Атырау, Қазақстан,

³М. Әуезов атындағы педагогикалық колледжі, Семей, Қазақстан

КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЙРАҢЫНДА МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ДАМУЫ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІК АПАТТАРДЫҢ БОЛУ ДЕҢГЕЙІ

Аннотация. Біздің зерттеулер бойынша штаттық мұнай өндіру кезеңінде техногендік апаттың болу деңгейі өндірістің көлемі мен уақытының ұзақтығына (жылдарға) байланысты. Апаттың болдырмау жолы ол мұнай өндірісін кезінде азайту және ғылыми-зерттеу жұмыстары нәтижелеріне сәйкестендіру өте қажет. Мұнай өндіру көлемдері мен оның мерзімдер ұзақтығына сәйкес қатесіз сыни өсу динамикасы әр түрлі жүктеме-лерге байланысты дәлелденген. Асып кеткен серпініне сәйкес есептеулер жасалып ықтимал сыни жүкте-мелер белгіленді (ол 0.8 млн.т. атмосфераны ластаған кезде) 15-тен 100 млн.тоннаға дейін 10-нан 50 жыл мерзім арасында өндіру көлемдері көрсетілген. Осыдан «Өндіру + мұнай-газдарының апатты атқылауы + апатты жою + өндіру» айналымы қайталана береді. Әрбір айналымнан кейін теңіздің суының улануы көбейе-ді, ал бүгінгі күндеде қоршаған ортаға өте мол қауіп төніп тұр. Жүйелі түрде мониторинг жүргізбесе техно-гендік апат қауіпі бар, ал апат болса оны жоюға бір жылдан астам уақыт кетуі мүмкін.

Түйін сөздер: Каспий теңізі, эмиссиясы, жағдайлар моделі, апат, Қашаған, Теңіз.

Сведения об авторах:

Нурушев Мурат Жусыпбекович – доктор биологических наук, Ресей жаратылыстану ғылымдары академиясының толық мүшесі, профессор Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, nuryshev@mail.ru

Дияров Муфтах Диярович – академик НАН РК, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Институт нефти и газа, Marzhan.Diarova@scspipe.ru

Нурушева Асель Муратовна – докторант PhD, магистр информационных систем, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, assel_nurusheva@mail.ru

Юсупова Маржан – преподаватель английского языка, Педагогический колледж им. М. Ауэзова, marzhan.esimbekova@mail.ru

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 212 – 221

UDC 517.928.4:517.929.4

Zh. K. Dyusembina

Eurasian national university named after L. N. Gumilev, Astana, Kazakhstan.

E-mail: zdyusembina@mail.ru

**MODIFICATION OF THE QUASILINEAR CONTROL SYSTEM
OF BIOMEDICINE**

Abstract. The stability of the respiratory chemostat on a finite time interval was studied and the task of stabilizing the biomedical system of the respiratory chemostat for linear and quasilinear control systems was solved. The study of such regulatory processes in the body plays an important role in the development of technical life support systems, and this applies not only to the voltage regulating system of the of carbon dioxide and oxygen (the "respiratory chemostat" system), but also to a number of other vital systems. First of all, this refers to the "cardiovascular chemostat" system, which, as a biological self-regulation system, has the task of washing the tissue reservoir with fresh blood at such a rate as to maintain the voltage of carbon dioxide and oxygen in tissues at normal or near levels. This is a complex hydrodynamic system of biological self-regulation, the numerous parameters of which are under continuous influence of various kinds of control signals, which in turn depend on external conditions relative to the organism and perturbations. The regulating regime of this system is continuously subjected to sharply and suddenly changing external influences, which have an extreme character.

Keywords: respiratory chemostat, control system, biological system, finite interval, stability.

The problem of the stability of the medical and biological system is one of the main problems of system analysis, mathematical ecology and biomedicine. The task of synthesizing vector control from a given class for a managed medical-biological system and population dynamics of a community with self-limiting by mathematical models is represented in the form of quasilinear equations. The models of biomedicine are considered and the quasi-linear control system of the respiratory chemostat on a finite time interval is investigated.

Changing $F_{CO_2}^I$, we act on an isolated controlled system, it behaves like a simple linear system with constant coefficients. Concentration of $CO_2(F_{CO_2}^I)$ functions as a direct driving force. When the respiratory center affects the controlled system, this effect is manifested through ventilation \dot{V}_A . When considering the behavior of the chemostat in the steady state, we assumed for convenience that the input signals of the control system are determined by the levels of $pCO_2, [H^+]$ and pO_2 in arterial blood [1].

Receptors are really located on the path of arterial blood, but proceed only from the fact that in each particular considered steady situation the values of these parameters are closely related to their effective values in those places where the real receptors are located.

Let us consider the time course of pulmonary ventilation and changes of pCO_2 in arterial blood with a sudden change in the concentration of carbon dioxide in the inspired air.

To simplify the analysis, we introduce a number of additional assumptions: 1) the lungs are a reservoir of constant volume vented by a continuous gas stream with a dead space equal to zero, and with a uniform composition; 2) the respiratory coefficient (RQ) at each moment of time is equal to one; 3) transport delays in the transfer of blood are negligible; 4) the respiratory center and other tissues are a homogeneous reservoir, washed by a constant flow of blood; 5) arterial blood, venous blood and "tissues"

are characterized by the same linearized absorption curve CO_2 ; 6) the partial pressures CO_2 in the exhaled air and in the alveolar air and the tension CO_2 in the arterial blood are always equal to each other, as well as the stresses CO_2 in the "tissues" and in the venous blood; 7) the control system is a simple inertial-free (that is, does not contain dynamic elements) proportional regulator.

To obtain equations describing the dynamic behavior of the biomedical system, we use the same general principles of equilibrium and continuity, on which Newton's Laws of motion and Kirchhoff's laws for electric circuits are based. We start with the pulmonary or alveolar reservoir and write down the "continuity equation for carbon dioxide", which states that the rate of change in concentration of CO_2 in the alveolar gas $\dot{\theta}_A$ is equal to the quotient of dividing the difference between the rates of intake and washing out of carbon dioxide by the volume of the reservoir K_A [1]:

$$\dot{\theta}_A = \frac{1}{K_A} [\dot{V}_A F_{\text{CO}_2}^I + q_3 - q_1 - q_2] \quad (1)$$

Carbon dioxide enters the lungs with inhaled gas at a rate equal to the product of pulmonary ventilation by the concentration of $F_{\text{CO}_2}^I$ in the inspired air, and with venous blood at the rate q_3 , and leaves the lungs with exhaled air at the rate q_1 and with arterial blood at the rate q_2 . Next, we will write down another equation of continuity for the tissue reservoir: the rate of change in the concentration of carbon dioxide in the tissues ($\dot{\theta}_T$) is equal to the sum of the rates of formation of CO_2 during the exchange (MR) of CO_2 with arterial blood flow (q_2) and leaching of CO_2 with venous blood (q_3) divided by the volume of the tissue reservoir K_T :

$$\dot{\theta}_T = \frac{1}{K_T} [MR + q_2 - q_3]. \quad (2)$$

Let us write down three equilibrium equations.

The first of them reflects the equality of concentrations of carbon dioxide in the alveolar and exhaled air:

$$\theta_A = \frac{q_2}{\dot{V}_A}. \quad (3)$$

The second equation describes the equilibrium of concentrations of CO_2 in the alveolar air and in the arterial blood, taking into account the linearized CO_2 absorption curve:

$$\frac{q_2}{Q} = BA_S(\theta_A) + A_i, \quad (4)$$

where Q minute volume of the heart, B - atmosphere pressure, A_S and A_i - respectively, the slope of the linear absorption curve and the ordinate of the point of its intersection with the ordinate axis.

The third equation expresses the equality of carbon dioxide concentrations in tissues and venous blood:

$$\theta_T = \frac{q_3}{Q}. \quad (5)$$

To study the behavior of an isolated controlled system, it is necessary to solve this system of equations. There are different ways for this, but in any case, we should, first of all, choose which of the five dependent variables is considered the output (or outputs) of the system and which of the nine independent variables ($\dot{V}_A, F_{\text{CO}_2}^I, MR, K_A, K_T, Q, B, A_S, A_i$) is considered to be the input (or inputs) of the system. We choose the variables θ_T and θ_A as the outputs of the system, and as the input - $F_{\text{CO}_2}^I(t)$. Thus, we assume that the variables $\dot{V}_A, MR, K_A, K_T, Q, B, A_S$ and A_i do not change with time. Combine the five obtained basic equations so as to get a differential equation with respect to one of the dependent variables, θ_T or θ_A . So, if we solve equation (3) relative to q_1 , (4) - relative to q_2 and equation (5) - relative to q_3 .

Substituting these values into equations (1) and (2), we obtain

$$\dot{\theta}_A = \frac{1}{K_A} [\dot{V}_A (F'_{CO_2} - \theta_A) + Q(\theta_T - BA_S \theta_A - A_i)] \quad (6)$$

and

$$\dot{\theta}_A = \frac{1}{K_A} [MR - Q(\theta_T - BA_S \theta_A - A_i)]. \quad (7)$$

Solving equation (7) with respect to θ_A , we obtain

$$\theta_A = \frac{1}{QBA_S} (K_T \dot{\theta}_T - MR - QA_i + Q\theta_T). \quad (8)$$

The differentiation of (8) gives

$$\dot{\theta}_A = \frac{1}{QBA_S} (K_T \ddot{\theta}_T + Q\dot{\theta}_T). \quad (9)$$

Substituting (8) and (9) into (6), we obtain the required equation relative to θ_T :

$$\frac{K_A K_T}{Q \dot{V}_A} \ddot{\theta}_T + \left[\frac{K_A}{\dot{V}_A} + \frac{K_T BA_S}{\dot{V}_A} + \frac{K_T}{Q} \right] \dot{\theta}_T + \theta_T = BA_S F'_{CO_2}(t) + \frac{BA_S MR}{\dot{V}_A} + \frac{MR}{Q} + A_i. \quad (10)$$

Having obtained the equation with respect to θ_T , we can find θ_A in several ways. From equation (8), find the expression for the concentration θ_A , substituting in (8) the expressions for θ_T and $\dot{\theta}_T$. But there is another method of determination θ_A , analogous to the method used to derive equation (10) with respect to θ_T . It consists in the fact that equation (6) is solved relatively to θ_T , the result obtained is differentiated (in this case, an expression for $\dot{\theta}_T$ is obtained) and the expressions for θ_T and $\dot{\theta}_T$ in equation (7) are substituted. The equation derived in this way has the following form [5]:

$$\frac{K_A K_T}{Q \dot{V}_A} \ddot{\theta}_A + \left[\frac{K_A}{\dot{V}_A} + \frac{K_T BA_S}{\dot{V}_A} + \frac{K_T}{Q} \right] \dot{\theta}_A + \theta_A = F'_{CO_2}(t) + \frac{K_T}{Q} \dot{F}'_{CO_2}(t) + \frac{MR}{\dot{V}_A}. \quad (11)$$

Equations (10) and (11) describe the behavior of an isolated controlled system under the assumption that the driving function is the concentration of carbon dioxide in the inspired air $F'_{CO_2}(t)$. We solve these equations with respect to $\theta_T(t)$ and $\theta_A(t)$ for the case when $F'_{CO_2}(t)$ represents a jump with amplitude $(F'_{CO_2}(t))_1$. To solve these equations, we apply the classical method or the Laplace transform method.

The control system should be a "simple proportional regulator that does not contain dynamic elements". We suppose now that the same relation can be written in such a way that the concentration θ_T is included in it, and that it is valid for both transitional and steady-state conditions. We write down the equation of the control system in the following form:

$$\dot{V}_A = k_p [\theta_T - \theta_{Ti}] + \dot{V}_{Ar}. \quad (12)$$

In this equation θ_{Ti} - preset value, \dot{V}_{Ar} - bias signal. The gain of the proportional regulator is k_p .

Equations of motion (12) can be reduced to the following form, assuming $y = \theta_T$:

$$M \frac{d^2 y}{dt^2} + R \frac{dy}{dt} + Ky = F, \quad (13)$$

where

$$M = \frac{K_A K_T}{Q \dot{V}_A}, \quad R = \frac{K_A}{\dot{V}_A} + \frac{BA_S K_T}{\dot{V}_A} + \frac{K_T}{Q}, \quad K = 1, \quad F = BA_S F'_{CO_2}(t) + \frac{BA_S MR}{\dot{V}_A} + \frac{MR}{Q} + A_i.$$

The angular frequency: $\varpi_n = \left(\frac{K}{M}\right)^{1/2} = \frac{1}{\sqrt{M}}$.

Attenuation factor: $b = \frac{R}{2(KM)^{1/2}} = \frac{R}{2\sqrt{M}}$.

Consequently, the equation (13) takes the form:

$$\frac{1}{\varpi_n^2} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{2b}{\varpi_n} \cdot \frac{dy}{dt} + y = \left[\frac{1}{K} \right] F = F, \quad (14)$$

or

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2b \cdot \varpi_n \frac{dy}{dt} + \varpi_n^2 y = \varpi_n^2 F \quad (15)$$

with boundary conditions

$$y(0) = y_0, \quad \dot{y}(0) = y_1, \quad y(T) = y_T, \quad \dot{y}(T) = 0.$$

Using the change of variables

$$x = y - y_T$$

we have that

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2b \cdot \varpi_n \frac{dx}{dt} + \varpi_n^2 x = \varpi_n^2 (F - y_T) = u,$$

where

$$x = x_1, \quad u = \varpi_n^2 (F - y_T).$$

This differential equation in the Cauchy normal form takes the form:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\varpi_n^2 x_1 - 2b \varpi_n x_2 + u \end{cases} \quad (16)$$

with boundary conditions

$$\begin{aligned} x_1(0) &= x_{10} = y_0 - y_T, \\ x_2(0) &= x_{20} = y_1, \\ x_1(T) &= 0, \\ x_2(T) &= 0. \end{aligned} \quad (17)$$

In the vector-matrix form:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad x(0) = x_0, \quad x(T) = 0,$$

where

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\varpi_n^2 & -2b\varpi_n \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}, \quad u - \text{scalar}.$$

Fundamental system

$$\hat{O}(t) = A\hat{O}(t), \quad \hat{O}(0) = \hat{A}$$

is represented as:

$$\begin{pmatrix} \hat{O}_{11} & \hat{O}_{12} \\ \hat{O}_{21} & \hat{O}_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\varpi_n^2 & -2b\varpi_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{O}_{11} & \hat{O}_{12} \\ \hat{O}_{21} & \hat{O}_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{O}_{21} & \hat{O}_{22} \\ -\varpi_n^2 \hat{O}_{11} - 2b\varpi_n \hat{O}_{21} & -\varpi_n^2 \hat{O}_{12} - 2b\varpi_n \hat{O}_{22} \end{pmatrix}$$

Hence we have

$$\begin{cases} \dot{\Phi}_{11} = \Phi_{21}, \\ \dot{\Phi}_{21} = -\varpi_n^2 \Phi_{11} - 2b\varpi_n \Phi_{21}, \\ \dot{\Phi}_{12} = \Phi_{22}, \\ \dot{\Phi}_{22} = -\varpi_n^2 \Phi_{12} - 2b\varpi_n \Phi_{21} \Phi_{22}, \end{cases} \quad (18)$$

$$\hat{O}_{11}(0) = 1, \quad \hat{O}_{21}(0) = 0, \quad \hat{O}_{12}(0) = 0, \quad \hat{O}_{22}(0) = 1.$$

Next we get

$$\ddot{O}_{11} + 2b\omega_n \dot{O}_{11} + \omega_o^2 \hat{O}_{11} = 0, \quad \ddot{O}_{12} + 2b\omega_n \dot{O}_{12} + \omega_o^2 \hat{O}_{12} = 0. \quad (19)$$

We note that the disturbance $F_{CO_2}^I(s)$ is the direct driving force for the controlled system, and the control value $\dot{V}_A(s)$ excites the system due to parametric influence. The latter is the source of the nonlinearity of the system, as can be verified by substituting the equation (6) in (19).

We obtain the following equation of a closed system with respect to θ_T :

$$a\ddot{\theta}_T + \beta\dot{\theta}_T + \gamma\theta_T\dot{\theta}_T + \theta_T^2 + \eta\theta_T = \lambda, \quad (20)$$

where

$$\begin{aligned} \alpha &\equiv \frac{K_A K_T}{k_p Q}, \\ \beta &\equiv \frac{K_A + K_T B A_S}{k_p} - \frac{K_T \theta_{Ti}}{Q} + \frac{K_T \dot{V}_{Ar}}{k_p Q}, \quad \gamma \equiv \frac{K_T}{Q}, \\ \eta &\equiv \frac{\dot{V}_{Ar}}{k_p} - \theta_{Ti} - B A_S F_{CO_2}^I - \frac{MR}{Q} - A_i, \\ \lambda &= \frac{B A_S MR}{k_p} + \left[\frac{\dot{V}_{Ar}}{k_p} - \theta_{Ti} \right] \left[B A_S F_{CO_2}^I + \frac{MR}{Q} + A_i \right]. \end{aligned}$$

The equation (20) is a nonlinear differential equation, since it contains terms of the second degree $\dot{\theta}_T \theta_T$ and θ_T^2 . Since \dot{V}_A is a linear algebraic function of θ_T concentration (equation 6), then the equation of a closed system with respect to \dot{V}_A in the form would be identical to equation (20). Relatively to θ_A , a complex nonlinear equation can also be obtained [2].

Let us consider the stabilization of the motions of the quadratic system (20) on a finite interval of time [4].

We denote $\bar{u} = \dot{V}_{Ar}$ – as control

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_1 + \beta_2 \bar{u}, \\ \eta &= \eta_1 \bar{u} - \eta_2, \quad \gamma_1 = \gamma / \alpha, \quad \lambda_1 = \lambda / \alpha, \quad \eta_1 = 1 / \alpha, \\ \lambda &= \lambda_1 + \lambda_2 \bar{u}, \end{aligned}$$

where

$$\beta_1 = \frac{\left[\frac{K_A + K_T B A_S}{k_p} - \frac{K_T Q_{T_i}}{Q} \right]}{\alpha}, \quad \beta_2 = \frac{K_T}{k_p Q^\alpha},$$

$$\eta_1 = \frac{1}{K_p \alpha}, \quad \eta_2 = \frac{\left[Q_{T_i} - B A_S F_{co}^I - \frac{MR}{Q} - A_i \right]}{\alpha},$$

$$\lambda_1 = \frac{\left[\frac{B A_S MR}{k_p} - Q_{T_i} \left(B A_S F_{co}^I + \frac{MR}{Q} + A_i \right) \right]}{\alpha},$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{k_p \alpha} \left(B A_S F_{co}^I + \frac{MR}{Q} + A_i \right).$$

Then,

$$\ddot{\theta}_T + \beta_1 \dot{\theta}_T - \eta_2 \theta_T + \beta_2 \bar{u} \dot{\theta}_T + \gamma_1 \dot{\theta}_T \theta_T + \eta_2 \theta_T^2 + \eta_1 \bar{u} \theta_T = \lambda_1 + \lambda_2 \bar{u}. \quad (21)$$

We consider,

$$\theta_T = y,$$

$$\dot{y} + \beta_1 \dot{y} - \eta_2 y + \beta_2 \bar{u} \dot{y} + \gamma_1 \dot{y} y + \eta_1 y^2 + \eta_1 \bar{u} y = \lambda_1 + \lambda_2 \bar{u}.$$

$$y(0) = y_0, \quad \dot{y}(0) = y_1, \quad y(T) = y_T, \quad \dot{y}(T) = 0.$$

Then,

$$x = y - y_T,$$

$$\ddot{x} + \beta_1 \dot{x} - \eta_2 (x + y_T) + \beta_2 \bar{u} \dot{x} + \gamma_1 \dot{x} (x + y_T) + \eta_1 (x + y_T)^2 + \eta_1 \bar{u} (x + y_T) = \lambda_1 + \lambda_2 \bar{u}$$

or

$$\ddot{x} + \beta_1 \dot{x} + \eta_3 x + \beta_2 \bar{u} \dot{x} + \gamma_1 \dot{x} x + \eta_2 x^2 + \eta_1 \bar{u} x + \mu_1 = \lambda_3 \bar{u}, \quad (22)$$

where

$$\mu_1 = -\eta_2 y_T + \gamma_1 y_T + \eta_1 y_T^2 - \lambda_1,$$

$$\lambda_3 = \lambda_2 - \eta_1 y_T, \quad \eta_3 = 2\eta_1 y_T - \eta_2,$$

$$x(0) = y_0 - y_T, \quad \dot{x}(0) = y_1,$$

$$x(T) = y_T - y_T = 0, \quad \dot{x}(T) = \dot{y}(T) = 0.$$

We consider,

$$u = \lambda_3 \bar{u} - \mu_1, \quad \bar{u} = \frac{1}{\lambda_3} (u + \mu_1), \quad \ddot{x} + \beta_4 \dot{x} + \eta_5 x + \beta_3 u \dot{x} + \gamma_1 \dot{x} x + \eta_1 x^2 + \eta_4 u x = u, \quad (23)$$

where

$$\beta_3 = \frac{\beta_2}{\lambda_3}, \quad \beta_4 = \beta_1 + \frac{\mu_1}{\lambda_3}, \quad \eta_4 = \frac{\eta_1}{\lambda_3}, \quad \eta_5 = \eta_3 + \frac{\eta_1 \mu_1}{\lambda_3}.$$

Let it be

$$\begin{cases} x = x_1, \\ \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -\eta_5 x_1 - \beta_4 x_2 + u + f_2(x, u), \end{cases} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} f_2(x, u) &= -\beta_3 u x_2 - \gamma_1 x_1 x_2 - \eta_1 x_1^2 - \eta_4 x_1 u, & t \in [0, T] \\ x_1(0) &= x_{10}, & x_1(T) &= 0, \\ x_2(0) &= x_{20} = y_1, & x_2(T) &= 0. \end{aligned}$$

We consider a linear system

$$\dot{x} = Ax + Bu^0.$$

Fundamental system

$$\hat{O}(t) = A\hat{O}(t), \quad \hat{O}(0) = E$$

has the form:

$$\begin{pmatrix} \hat{O}_{11} & \hat{O}_{12} \\ \hat{O}_{21} & \hat{O}_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\beta_4 & -\eta_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{O}_{11} & \hat{O}_{12} \\ \hat{O}_{21} & \hat{O}_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{O}_{21} & \hat{O}_{22} \\ -\beta_4 \hat{O}_{11} - \eta_5 \hat{O}_{21} & -\beta_4 \hat{O}_{12} - \eta_5 \hat{O}_{22} \end{pmatrix}.$$

At that

$$\begin{aligned} \dot{\Phi}_{11} &= \Phi_{21}, \\ \dot{\Phi}_{21} &= -\beta_4 \Phi_{11} - \eta_5 \Phi_{21}, \\ \dot{\Phi}_{12} &= \Phi_{22}, \\ \dot{\Phi}_{22} &= -\beta_4 \Phi_{12} - \eta_5 \Phi_{22}, \\ \hat{O}_{11}(0) &= 1, \quad \hat{O}_{12}(0) = 0, \quad \hat{O}_{21}(0) = 0, \quad \hat{O}_{22}(0) = 1, \\ \bar{O}_{21} + \eta_5 \hat{O}_{21} + \beta_4 \hat{O}_{21} &= 0, & (25) \\ \bar{O}_{22} + \eta_5 \hat{O}_{22} + \beta_4 \hat{O}_{22} &= 0. & (26) \end{aligned}$$

The characteristic equation:

$$\lambda^2 + \eta_5 \lambda + \beta_4 = 0, \quad \lambda_{1,2} = \frac{-\eta_5 \pm \sqrt{\eta_5^2 - 4\beta_4}}{2}.$$

has the roots

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= -\mu_1, \quad \mu_1 = \frac{1}{2}[\eta_5 - \sqrt{D}] > 0, \\ \lambda_2 &= -\mu_2, \quad \mu_2 = \frac{1}{2}[\eta_5 + \sqrt{D}] > 0. \end{aligned}$$

The fundamental matrix of solutions has the form:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\mu_2 - \mu_1} \begin{pmatrix} [(\mu_2 - \eta_5)e^{-\mu_2 t} + (\eta_5 - \mu_1)e^{-\mu_1 t}] & \frac{-(\mu_2 - \eta_5)(\mu_1 - \eta_5)}{\beta_4} (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t}) \\ \beta_4 (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t}) & [(\mu_2 - \eta_5)e^{-\mu_1 t} - (\mu_1 - \eta_5)e^{-\mu_2 t}] \end{pmatrix} = \frac{1}{\mu_2 - \mu_1} \bar{\Phi}(t).$$

The inverse matrix:

$$\begin{aligned} \hat{O}^{-1}(t) &= (\mu_2 - \mu_1) \bar{O}^{-1}(t), \\ \Delta &= e^{-(\mu_1 + \mu_2)t} [(\mu_2 - \eta_5) - (\mu_1 - \eta_5)]^2 = e^{-(\mu_1 + \mu_2)t} (\mu_2 - \mu_1)^2 > 0. \end{aligned}$$

Consequently,

$$\hat{O}^{-1}(t) = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\Delta} \begin{pmatrix} (\mu_2 - \eta_5)e^{-\mu_1 t} - (\mu_1 - \eta_5)e^{-\mu_2 t}, & \frac{(\mu_2 - \eta_5)(\mu_1 - \eta_5)}{\beta_4} (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t}) \\ -\beta_4 (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t}), & (\mu_2 - \eta_5)e^{-\mu_2 t} + (\eta_5 - \mu_1)e^{-\mu_1 t} \end{pmatrix}.$$

we get

$$Q(t) = \hat{O}^{-1}(t) B = \frac{(\mu_2 - \mu_1)}{\Delta} \begin{pmatrix} \frac{(\mu_2 - \eta_5)(\mu_1 - \eta_5)}{\beta_4} (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t}) \\ (\mu_2 - \eta_5)e^{-\mu_2 t} + (\eta_5 - \mu_1)e^{-\mu_1 t} \end{pmatrix},$$

and

$$Q(t)Q^{\alpha}(t) = \frac{(\mu_2 - \mu_1)^2}{\Delta^2} \begin{pmatrix} \Phi_{11}(t), & \Phi_{12}(t) \\ \Phi_{12}(t), & \Phi_{22}(t) \end{pmatrix},$$

where

$$\begin{aligned} \hat{O}_{11}(t) &= \frac{(\mu_2 - \eta_5)^2(\mu_1 - \eta_5)^2}{\beta_4^2} (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t})^2, \\ \hat{O}_{12}(t) &= [(\mu_2 - \eta_5)e^{-\mu_2 t} + (\eta_5 - \mu_1)e^{-\mu_1 t}] \frac{(\mu_2 - \eta_5)(\mu_2 - \eta_5)}{\beta_4} (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t}), \\ \hat{O}_{22}(t) &= [(\mu_2 - \eta_5)e^{-\mu_2 t} + (\eta_5 - \mu_1)e^{-\mu_1 t}]^2, \\ R(t, T) &= \int_t^T Q(\tau)Q^*(\tau)d\tau = \begin{pmatrix} R_{11}, & R_{12} \\ R_{12}, & R_{22} \end{pmatrix} \frac{(\mu_2 - \mu_1)^2}{\Delta^2}, \\ R_{11}(t) &= \int_t^T \Phi_{11}(\tau)d\tau, \quad R_{12}(t) = \int_t^T \Phi_{12}(\tau)d\tau, \quad R_{22}(t) = \int_t^T \Phi_{22}(\tau)d\tau. \end{aligned}$$

Let us check:

$$R(o, T) > 0, \text{ т.е. } R_{11}(0) > 0, \quad R_{11}(0)R_{22}(0) - R_{12}^2(0) > 0, \text{ using } T > 0.$$

We calculate $R^{-1}(0, T)$:

$$\begin{aligned} W(t, T) &= \hat{O}(t) R(t, T) \hat{O}^*(t) = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{pmatrix}, \\ K(t) &= W^{-1}(t, T) = \begin{pmatrix} K_{11}(t), & K_{12}(t) \\ K_{12}(t), & K_{22}(t) \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Then the stabilizing control will take the form:

$$u^0(t, x) = -B^* K(t)x = -(0, 1) \begin{pmatrix} K_{11}(t), & K_{12}(t) \\ K_{12}(t), & K_{22}(t) \end{pmatrix} x = -K_{12}(t)x_1 - K_{22}(t)x_2.$$

$$u(t, x) = u^0(t, x) + v(t, x), \quad t \in [0, T],$$

where the scalar function $v(t, x)$ is determined under the condition [3]

$$2B v(t, x) + 2f(-B^* K(t)x + v(t, x), x) - BB^* K(t)x = -\bar{R}(t)x, \quad (27)$$

where $\bar{R}(t)$ – 2×2 matrix such that

$$K\bar{R}(t) + \bar{R}^*(t)K \geq 0,$$

ie, non-negative definite.

Let us suppose that

$$\begin{aligned} \bar{R}_{11} &= 0, \quad \bar{R}_{12} = 0, \\ \bar{R} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \bar{R}_{21}(t) & \bar{R}_{22}(t) \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

From (27) we have the following equation for determining $v(t, x)$.

$$\begin{aligned} 2 v(t, x) - 2\{\gamma_1 x_1 x_2 + \eta_1 x_1^2 + (\beta_3 x_2 + \eta_4 x_1)(-K_{12} x_1 - K_{22} x_2)\} - \\ - 2(\beta_3 x_2 + \eta_4 x_1)v(t, x) - K_{12} x_1 - K_{22} x_2 = -\bar{R}_{21} x_1 - \bar{R}_{22}(t) x_2. \end{aligned} \quad (28)$$

Let it be

$$\begin{aligned} \bar{R}_{21} &= K_{12}, \quad \bar{R}_{22} = K_{22}, \\ K\bar{R} &= \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{12} & K_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ K_{12} & K_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{12}^2 & K_{12}K_{22} \\ K_{12}K_{22} & K_{22}^2 \end{pmatrix}, \\ K\bar{R} + \bar{R}^*K &= 2 \begin{pmatrix} K_{12}^2 & K_{12}K_{22} \\ K_{12}K_{22} & K_{22}^2 \end{pmatrix} \geq 0, \quad K_{12}^2 > 0, \\ K_{12}^2 K_{22}^2 - K_{12}^2 K_{22}^2 &= 0. \end{aligned}$$

It follows from (28):

$$v(t, x) [1 - \beta_3 x_2 - \eta_4 x_1] = C_{11} x_1^2 + C_{12} x_1 x_2 - C_{22} x_2^2,$$

where

$$C_{11} = \eta_1 - \eta_4 K_{12}, \quad C_{12} = \gamma_1 - \beta_3 K_{12} - \eta_4 K_{22}, \quad C_{22} = \beta_3 K_{22}.$$

$$v(t, x) = \frac{C_{11}(t)x_1^2 + C_{12}(t)x_1x_2 - C_{22}(t)x_2^2}{1 - \beta_3 x_2 - \eta_4 x_1}, \quad t \in [0, T],$$

$$u(t, x) = -K_{12}(t)x_1 - K_{22}(t)x_2 + \frac{C_{11}(t)x_1^2 + C_{12}(t)x_1x_2 - C_{22}(t)x_2^2}{1 - \beta_3 x_2 - \eta_4 x_1}, \quad t \in [0, T]$$

provides stability in a finite time interval, i.e. $x(T) = 0$.

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \frac{1}{(\mu_2 - \mu_1)\Delta_1} \{(\mu_2 e^{-\mu_1 t} - \mu_1 e^{-\mu_2 t})[(R_{11}R_{22}(0) - R_{12}R_{12}(0))x_{10} + \\ &+ (R_{12}R_{11}(0) - R_{11}R_{12}(0))x_{20}] + \varpi_n^2 (e^{-\mu_2 t} - e^{-\mu_1 t})[(R_{12}R_{22}(0) - R_{12}(0)R_{22})x_{10} + \\ &+ (R_{11}R_{22}(0) - R_{12}R_{12}(0))x_{20}]\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2(t) &= \frac{1}{(\mu_2 - \mu_1)\Delta_1} \{(e^{-\mu_1 t} - e^{-\mu_2 t})[(R_{11}R_{22}(0) - R_{12}R_{12}(0))x_{10} + \\ &+ (R_{12}R_{11}(0) - R_{11}R_{12}(0))x_{20}] + (\mu_2 e^{-\mu_2 t} - \mu_1 e^{-\mu_1 t})[(R_{12}R_{22}(0) - R_{12}(0)R_{22})x_{10} + \\ &+ (R_{11}(0)R_{22} - R_{12}R_{12}(0))x_{20}]\}, \quad t \in [0, T]. \end{aligned}$$

$$C_{11} = \eta_1 - \eta_4 K_{12}, \quad C_{12} = \gamma_1 - \beta_3 K_{12} - \eta_4 K_{22}, \quad C_{22} = \beta_3 K_{22}.$$

$$v(t, x) = \frac{C_{11}(t)x_1^2 + C_{12}(t)x_1x_2 - C_{22}(t)x_2^2}{1 - \beta_3 x_2 - \eta_4 x_1}, \quad t \in [0, T],$$

$$u(t, x) = -K_{12}(t)x_1 - K_{22}(t)x_2 + \frac{C_{11}(t)x_1^2 + C_{12}(t)x_1x_2 - C_{22}(t)x_2^2}{1 - \beta_3 x_2 - \eta_4 x_1}, \quad t \in [0, T] \quad (29)$$

provides stability in a finite time interval, i.e. $x(T) = 0$.

The obtained control (29) at parametric excitation gives certain prescriptions for closing the current process and, although the mechanisms of the regulator may require detailed consideration, the proposed approach answers the question of providing the desired state [6]. From the latest results, it is not difficult to restore the initial designations of the variables of the respiratory chemostat [7].

In the article the stability of the respiratory chemostat on the finite time interval was studied, the task of stabilizing the biomedical system of the respiratory chemostat was solved, for cases of linear and quasilinear control systems and unsteady regime. The simulation of the process in a closed system for controlling the process of the respiratory chemostat for various values of the attenuation coefficient and its own angular frequency was carried out.

REFERENCES

- [1] Grodingz F. Teorija regulirovanija i biologicheskie sistemy. M.: Mir, 1966. 117 p.
- [2] La-Sall' Zh. Lefshec S. Issledovanie ustojchivosti prjamym metodom Ljapunova. M.: Mir, 1964. 37 p.
- [3] Abgarjan K.A. Vvedenie v teoriju ustojchivosti dvizhenija na konechnom intervale vremeni. M.: Nauka, 1992. 87 p.
- [4] Petrosjan P.L., Zaharov V.V. Matematicheskie modeli v jekologii. SPb.: Iz-vo SpbGU, 1997. 254 p.
- [5] Bijarov T.N., Kalimoldaev M.N., Kenesbaev S.M. Ustojchivost' i upravljaemost' nelinejnyh sistem // Dep. nauch. raboty. KazNIINKI. 1992. N 3911. K., 92, vyp. 2. 45 p.
- [6] Bellman R. Matematicheskie metody v medicine. M.: Mir, 1987. 200 p.
- [7] Wu M.-Y. On stability of linear time-varying system // Int. J. of systems Science. 1994. Vol. 15, N 2. P. 137-150.

Ж. К. Дюсембина

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

БИМЕДИЦИНАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ КВАЗИСЫЗЫҚТЫ БАСҚАРУ МОДИФИКАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Тыныс алу хемостатының шектелген уақыт аралығындағы орнықтылығы зерттелген, экологиялық және биомедициналық жүйелерді зерттеудің сызықты және квазисызықты басқару жүйелері айқындалмаған түрде алынған.

Ағзадағы нормативтік процестерді зерттеудің осы түрі, өмір тіршілігін қамтамасыз ету үшін, техникалық жүйелерді жобалауда маңызды рөл атқарады. Және де бұл жүйе, оттегі мен көмірқышқыл газын, ағзадағы қысыммен реттеу ["тыныс алу хемостаты" жүйесіне] жүйесіне ғана байланысты емес, сонымен қатар басқа да өмірлік маңызды жүйелердің бірі-қатарын қамтиды. Бірінші кезекте бұл жүйеде "жүрек қантамырларының хемостатының" жүйесіне қатысты, ағзадағы таза қанның жылдамдығы арқылы, көміртегінің қысымын және оттегінің қалыпты жағдайға дейінгі деңгейіне жасаушы резервуарда жиналып, биологиялық тұрғыда өзін өзі реттейді.

Биологиялық өзін өзі реттеудің бұл күрделі гидродинамикалық жүйесі, көптеген параметрлері әр түрлі басқару сигналдарының үздіксіз басқаруының әсерінен, өз кезегінде, сыртқы ағзаның жағдайына тәуелді. Осы жүйенің реттеу режимі үздіксіз, күрт және кенеттен өзгеріп отыратын сыртқы әсерлері бар экстремалды сипатқа ие.

Түйін сөздер: тыныс алу хемостаты, басқару жүйесі, биологиялық жүйе, шектелген уақыт, орнықтылық,

Ж. К. Дюсембина

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

МОДИФИКАЦИЯ КВАЗИЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИМЕДИЦИНЫ

Аннотация. Исследована на устойчивость дыхательный хемостат на конечном интервале времени и решена задача стабилизации биомедицинской системы дыхательного хемостата, для линейной и квазилинейной систем управления. Изучение такого рода регуляционных процессов в организме играет важнейшую роль при разработке технических систем жизнеобеспечения, и это касается не только системы регулирования напряжения углекислого газа и кислорода (система "дыхательного хемостата"), но и ряда других жизненно важных систем. В первую очередь это относится к системе "сердечно-сосудистого хемостата", которая как биологическая система саморегулирования имеет задачей омывать тканевый резервуар свежей кровью с такой скоростью, чтобы поддерживать напряжение углекислого газа и кислорода в тканях на нормальном или близком к нему уровнях. Это сложная гидродинамическая система биологической саморегуляции, многочисленные параметры которой находятся под непрерывным воздействием различного рода управляющих сигналов, в свою очередь зависящих от внешних относительно организма условий и возмущений. Режим регуляции этой системы непрерывно подвергается резко и внезапно изменяющимся внешним воздействиям, имеющим экстремальный характер.

Ключевые слова: дыхательный хемостат, система управления, биологическая система, конечный интервал, устойчивость.

Сведения об авторе:

Дюсембина Жанар Какеновна – кандидат технических наук, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, zdyusembina@mail.ru

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 222 – 227

UDC 625.071:539.4

K. Zh. Kaliyeva, L. Sh. Uteshkaliyeva, Zh. Zh. Toigozhinova

Almaty university of power engineering & telecommunications, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: janar_tj@mail.ru

**QUESTIONS OF RESILIENCE OF ISOLATION OF TRACTION
TO DYNAMIC OVERLOADS**

Abstract. In this article, questions and the reasons of damage of isolation of traction at dynamic overloads are considered. At operation, the electrical traction periodically experiences dynamic thermal influences. Negative influence of temperature loadings affects isolation of windings electric traction. The operating experience and pilot studies confirm that it is the main reason for weakening of resilience of insulating material the thermal loadings determined by the size of temperature of windings, duration of influence of loadings and gradients of temperature.

Operational reliability of the equipment is defined first by working temperature and heat stability of the applied electroinsulating materials, and their electric durability, moisture resistance and mechanical durability.

Increase in service life of traction machines - a complex task, and in this regard, the detailed analysis of factors, the greatest image of the traction machines influencing reliability is useful: an overload of machines, long start-up, marriage at production of isolation and rewind of windings.

Keywords: isolation, electrical machine, operation, reliability, temperature, resilience, control of a state.

The trend of transport development using electric energy is characterized by an increase in the amount and power consumption of electrical energy. Kazakhstani railways are a powerful transportation system that occupies by the size, volume of transportation and the level of technical means used.

With the further increase in the intensity of train traffic and the widespread use of electric traction, power supply in transport will be developed and improved, requiring a small and sufficient reliable electrical equipment with high performance characteristics that provide the required quality of electricity for consumers.

Electrical equipment of railway transport is difficult and it works under severe extreme conditions caused by dynamic forces, atmospheric influences, sharp temperature changes and other factors. Under these conditions, the work of electrical isolation of equipment is particularly difficult [1].

The exploitation of worn-out electrical equipment in recent years has become a very pressing problem for the electric power industry. Separate attempts to solve it do not allow to answer most multifaceted questions. The solution of technical problems is related to the need to systematically study other aspects. Let us consider the basic components on an example of operation of traction machines.

The analysis of failure maps and accident reports compiled immediately after the damage to long-running traction machines, in most cases, does not allow to unequivocally indicate the cause of the damage. As a rule, the reasons are revealed and refined after the dismantling of traction machines. This is due to the fact that the traditional set of instrumentation and diagnostic methods does not provide an opportunity to fully interpret the new information that has appeared, typical for worn-out electrical equipment. The unexpectedness, inexplicability, uniqueness and randomness of the behavior of worn-out electrical equipment are due to insufficiently comprehensive information for a single diagnostic model. Therefore, for each type of electrical equipment, we need our own model that takes into account the multidimensionality of the indicators, the multiplicity of the constituent elements of the worn-out electrical equipment having direct, inverse, recursive (irreversible, cause-effect), synergistic (amplifying), cyclic, rigid, flexible and other connections [2].

Modern traction machines are machines of ultimate performance, which provide for the fullest use of structural, technological and resource capabilities. Traction motors operate under conditions of high acceleration caused by locomotive motion, a sharp change in electric loads, a large drop in ambient temperatures, a dusty cooling air that is significant in a number of hot regions of the country and salinity in the air.

During operation, the electric traction machine periodically experiences dynamic thermal effects. The negative effect of temperature loads affects the isolation of windings of electric traction machines. Operational experience and experimental studies confirm that the main reason for the weakening of the resistance of the insulating material is the thermal loads determined by the temperature of the windings, the duration of the action of the loads and the temperature gradients.

It is known that the effect of the load on the traction machine is the loss under the effect of heating the isolation of its properties. The aging process is long, it usually takes years. Without taking it into account, it is impossible to choose the right power, to take into account the used part of the service life in the future. To increase the economic efficiency of the operation of the power supply system, and to more accurately select the timing and means of enhancing it, it is necessary to take into account the aging of the windings of traction machines during operation.

The aging of isolation is determined by a number of factors, on the basis of which the deterministic basis of the model can be constructed. The most significant factor that determines the tendency of changing the load on the traction machine, and, consequently, the aging of isolation, is the power consumption. The second significant factor is seasonal load fluctuations. However, a number of factors are purely random in nature, necessitating the inclusion of a random component [3].

The load of traction machines, being a random variable, fluctuates in a very wide range, practically from zero to one and half value. The large multiplicity is not included in the category of systematic and refers to emergency overloads, the duration of which is limited to protective devices.

At an asymmetrical load, which is the alternating current traction, the root-mean-square current is determined from the condition that the energy losses in the windings are equal to the equivalent effective currents of the symmetrical load and the actual currents flowing through the windings.

Short-circuits are characterized, on the one hand, by significant current excesses against the rated current, on the other hand, by the short duration of the action due to the disconnection of the short-circuit current by the protectors. For these conditions, the winding temperature increasing above the surrounding environment can be significant, determining a very high aging rate of insulation. At high temperatures, it is necessary to take into account the increase in their resistance.

The excess of temperature over the initial temperature, taking into account the increase in resistance, is determined by expression [3]:

$$\theta = (\theta_0 + \theta_H) (e^{Bk_t} - 1), \quad (1)$$

where B – temperature coefficient.

At constant temperature over time, the mechanical strength of insulation is reduced. It is measured by the number of kinks held by the insulation during the test. At constant temperature, the insulation strength decreases uniformly, then, reaching a value equal to about 20% of the initial, it decreases very slowly. However, by this time, practically insulation is not suitable for further operation.

The period of complete uniform wear of the insulation T (up to the point at which its strength is about 20% of the initial), according to the experimental data, is:

$$T = A e^{-\alpha \theta_0}, \quad (2)$$

where A – constant coefficient, determined by the insulation class; θ_0 – winding temperature, $^{\circ}\text{C}$; α – constant coefficient, determining the aging rate of insulation.

Under traction conditions, the load varies greatly. The winding temperature is approximately quadratic with current, and wear is an exponential function of temperature. From this, it is clear that the rate of heat deterioration is extremely variable when the load changes. Therefore, regimes with increased traffic intensity, especially if they are often repeated, largely determine the average rate of wear, therefore, the necessary power of the machines.

In conditions of operation of electric locomotives, it is required to determine not only the highest temperature, but also the location on the profile of the road section where it arises, in order to correct the mode of motion or engine power, if necessary. To do this, you need to know the dependencies of $\tau(s)$ or $\tau(t)$ (figure 1).

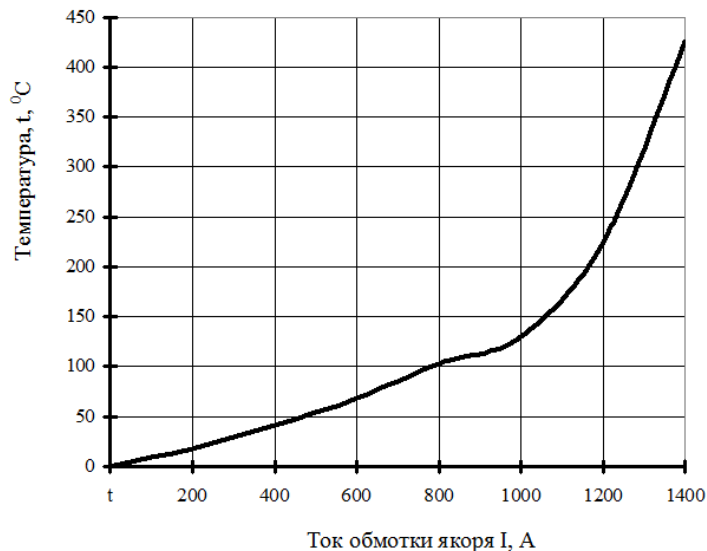


Figure 1 – Thermal parameters of the armature winding of the engine NB-418K of electric locomotives VL80, VL60

In addition to temperature, the change in air pressure or oxygen concentration, the presence of ozone, which is a stronger oxidant than oxygen, and various chemical reagents that accelerate aging, can have a significant effect on the rate of aging. Thermal aging is accelerated by the illumination of the specimen with ultraviolet rays, the action of an electric field, mechanical loads, etc.

The possibility of increasing the operating temperature of isolation for practice is extremely valuable. In traction machines, the increase in overheating, which is usually limited to the materials of electrical insulation, makes it possible to obtain a higher power in unchanged dimensions or, while maintaining power, to achieve a reduction in overall dimensions and the cost of the product. Increasing the operating temperature, especially for traction machines and other mobile devices, where the tasks of reducing weight and overall dimensions come to the fore. The issues of permissible temperature are closely related to fire safety and explosion safety measures.

In accordance with the recommendations of the International Electrotechnical Commission, the separation of electrical insulating materials for electrical materials in general-purpose electrical equipment, operating for a long time in normal operating conditions for this type of electrical equipment,:

Heat resistance class	Y	A	E	B	F	H	C
Maximum permissible operating temperature, °C	90	105	120	130	155	180	above 180

Electric machines usually count for a service life of 15-20 years without major repairs. The main causes of aging insulation are: high temperature, large temperature differences between individual machine parts; electric field; high humidity; mechanical effort.

High temperature causes oxidation of various components of insulation. Therefore, to ensure the specified life of electrical machines, the heating temperature of the individual parts should be limited. When the temperature rises, intensive wear of the insulation and its rapid destruction occur. Consequently, the maximum temperature, at which an electric machine can operate, is determined by the heat resistance of the insulation used in it. The higher the permissible limiting temperature of individual parts of the machine is, the shorter the service life due to the gradual aging of the insulation is. However, the higher this temperature is, the more you can load this machine.

The operational reliability of the equipment is determined primarily by its operating temperature and the heat resistance of the applied electrical insulating materials, as well as their electrical strength, moisture resistance and mechanical strength.

The probability of damage to the engine can be considered in the form of expression [4]:

$$P_{\text{ноер}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n, \quad (3)$$

where P_1 – probability of damage due to overload; P_2 – probability of damage due to rejection during the manufacture and restoration of the engine; P_n – probability of damage for n-th reason.

Effective is the reduction of the largest term, for example, P_1 . A significant reduction in any one of the damage probabilities for other reasons may not result in a noticeable decrease in $P_{\text{ноер}}$, at this the costs of implementing this measure vary (based on the known position of the reliability theory) in a power-increasing curve so that a further decrease in $P_{\text{ноер}}$ is beneficial at the expense of decrease of already another term, etc. For this reason, it is important to know the distribution of damage according to the degree of decrease in their probabilities and the rate of increase in the cost curves for all factors of damage.

Thus, increasing the service life of traction machines is a complex task, and in this regard, a detailed analysis of the factors most influencing the reliability of traction machines: machine overload, long runs, defective products in the manufacture of insulation and rewinding of windings, is useful.

The conducted analysis of the efficiency of insulation protection against overload showed that the electrotechnical personnel of the vast majority of enterprises had an opinion about the ineffectiveness of any protection against overload. Often there is a situation where thermal and other types of protection are dismantled. Overloading of insulation by current of traction machines, 20-30% higher than nominal, with rough protection can significantly reduce the service life. In this connection, it is useful to conduct the following analysis of the thermal conditions of traction machines [5].

Overheat $\theta_{\text{н.ном}}$ of isolation with respect to the ambient temperature in the nominal mode determines the thermal resistance of the winding, $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ [6]:

$$R_{\theta} = \theta_{\text{ном}} / P_{\text{ном.маи}}, \quad (4)$$

where $P_{\text{ном.маи}}$ – nominal rating power of traction machines, kW.

Then in the overload mode, the stator winding overheat is:

$$\theta_n = P_n R_{\theta} = I_n^2 r R_{\theta}, \quad (5)$$

where I_n - overload current, A; r - stator winding resistance, Ω ; P_n - Overload power, kW.

By introducing an overload factor:

$$k = I_n / I_{\text{ном}}, \quad (6)$$

we get

$$\theta_n = \kappa^2 I_{\text{ном}}^2 r R_{\theta}. \quad (7)$$

In the nominal mode

$$\theta_{\text{ном}} = I_{\text{ном}}^2 r R_{\theta}. \quad (8)$$

It can be seen from the expression that the overheating temperature of the stator winding of traction machines is quadratically dependent on the overload factor.

Figure 2 shows the curve 1 of overheating θ_n and curve 2 of insulation temperature $\theta_{\text{маи}}$ at ambient temperature 40°C .

In Figure 3, which shows the insulation service curves of classes A and B, it can be concluded that an acceptable service life at a multiplicity of up to 1.5 can withstand only Class B insulation, for class A overload insulation of more than 1.25 are only permissible for a short time [7].

The question of the highest permissible operating temperature is solved on the basis of a thorough study of the short-term and long-term temperature resistance of the insulation material, taking into account the safety factor that depends on the operating conditions, the required degree of reliability and the service life of the insulation.

If the deterioration in the quality of insulation can only be detected by prolonged exposure to high temperatures due to slow chemical processes, this phenomenon causes thermal aging of the insulation.

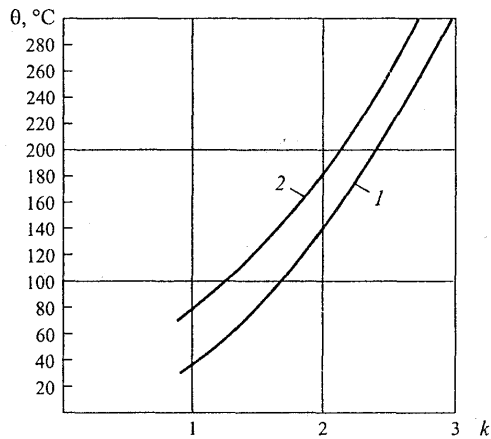


Figure 2 – The curve 1 of overheating θ_n and curve 2 of insulation temperature $\theta_{маи}$ at ambient temperature 40 °C

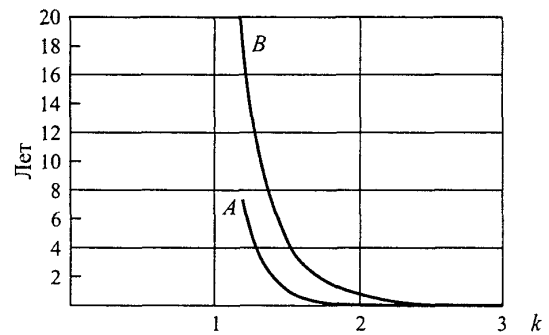


Figure 3 – Insulation service curves of classes A and B

Aging can occur, for example, in lacquer films and cellulosic materials in the form of increasing hardness and brittleness, cracking, etc. To test the resistance of electrical insulating materials to thermal aging, samples of these materials are held for a long time at relatively low temperature, not causing immediate destruction of the material. Properties of samples that have aged some time are compared with the properties of the initial material. Other things being equal, the rate of thermal aging of organic and organoelement polymers increases significantly with increasing aging temperature, obeying the general laws governing the temperature change in the rate of chemical reaction.

For the quantitative analysis of any processes of physicochemical interaction between heterogeneous substances, the use of thermodynamic methods has been adopted. Thermodynamic estimates are associated with the determination of the interaction temperature, the composition of the final products of the reaction, and are necessary to justify the choice of components and barrier coatings on the fiber and the processes of their synthesis, and kinetic estimates are used to select rational methods, technologies, and regimes for obtaining the components themselves, semi-finished products and products.

The thermodynamic analysis of interaction develops in two directions. The first direction is based on the methods of classical Gibbs thermodynamics and is related to the calculation of the final equilibrium products of the reaction between the components. These calculations are currently developed not only for the simplest cases of interaction in two-component systems, but also for a number of more complex and practically important cases, for example, for pairs such as chemical compound - multicomponent solid solution based on metal, etc. In the latter case, the necessary thermodynamic functions and activity coefficients for multicomponent systems are determined by the method of successive approximations on the basis of data for a number of corresponding binary systems [7].

The second direction is based on the thermodynamics of the "small" (disperse) Hill systems and is associated with calculations of metastable states due to the highly disperse structure of one or both interacting components. In these cases, the corresponding terms are introduced into the thermodynamic functions, taking into account the substantial contribution of the surface energy and structure defects to the chemical potentials of phases with a dispersed structure.

Conclusion.

1. To improve the efficiency of electrical repair in general, it is necessary to diagnose the condition of the equipment, study the conditions of its operation, improve the reliability of repair through the use of high-class insulation for heating.

2. Control of thermal insulation aging provides a significant economic effect due to the ability to prevent severe accidents and reduce the cost of repair of traction machines. During the operation of the electrical machine, irreversible changes occur in the state of insulation, which is called aging of insulation. At the same time, the mechanical strength is reduced, fragility appears and cracks are formed. The presence of cracks in the insulation reduces its electrical strength, as a result of which an insulation breakdown can occur, and therefore a major overhaul of the electrical machine is required.

REFERENCES

- [1] Rosenfeld V.E., Isaev I.P., Sidorov N.N., Ozerov M.I. The theory of electric draft / Under an edition of the prof. I. P. Isaev. M.: Transport, 1995. 294 p.
- [2] Kostenko N.A. Forecasting of reliability of transport vehicles. M.: Mechanical engineering, 1989. 240 p.
- [3] Zhabko G.P., Goncharov M.F., Petrov V.V., Vakser B.D., Kotov S.A. Method of quality control of isolation of sections of windings of electrical machines // Ampere-second. N 363054 of 20.12.1972.
- [4] Smaller F.I. Sposob of control of resistance and durability of isolation of electric chains // Ampere-second. N 146879 of 20.07.1961.
- [5] Yermolin N.P., Zherikhin I.P. Reliability of electrical machines. L.: Energy, 1976. 248 p.
- [6] Bittibayev S.M., Kaliyeva K.Zh. Calculation methods of assessment of aging of isolation of windings of traction machines // Mater. International scientifically practical conference. "Valikhanovsky readings-8". Kokshetau: KGU, 2003. P. 172-174.
- [7] Bittibayev S.M., Kaliyeva K.Zh. Influence of temperature affects destruction of insulating materials // Interuniversity scientific works. «Theoretical and pilot studies of a building construction». Almaty: KAZGASA, 2003. P. 83-87.

К. Ж. Калиева, Л. Ш. Утешкалиева, Ж. Ж. Тойгожинова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

**ВОПРОСЫ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ТЯГОВЫХ МАШИН
ДИНАМИЧЕСКИМ ПЕРЕГРУЗКАМ**

Аннотация. Рассмотрены вопросы и причины повреждения изоляции тяговых машин при динамических перегрузках. При эксплуатации электрическая тяговая машина периодически испытывает динамические тепловые воздействия. Отрицательное влияние температурных нагрузок сказывается на изоляции обмоток электрических тяговых машин. Опыт эксплуатации и экспериментальные исследования подтверждают, что основной причиной ослабления сопротивляемости изоляционного материала является термические нагрузки, определяемые величиной температуры обмоток, длительностью воздействия нагрузок и градиентами температуры.

Ключевые слова: изоляция, электрическая машина, эксплуатация, надежность, температура, сопротивляемость, контроль состояния.

К. Ж. Калиева, Л. Ш. Утешкалиева, Ж. Ж. Тойгожинова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

**ТАРТЫЛЫМ МАШИНАЛАР ОҚШАУЛАМАЛАРЫНЫҢ
ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРГЕ ҚАРСЫ ТҰРУ СҰРАҚТАРЫ**

Аннотация. Тартылым машиналар оқшауламаларының динамикалық жүктемелерге қарсы тұру сұрақтары қарастырылған. Тартылым машиналары пайдалану кездерінде жиі динамикалық жылулық ісерлер астында болады. Температуралық жүктеме электр машиналарының оарм оқшауламаларына кері әсерлерін тигізеді. Пайдалану және эксерементті зерттеулер тәжірибесі нәтижесінде оқшауламалық материалдардың жылулық жүктемелердің орама температура шамасымен және градиентімен және жүктеме әсер ету ұзақтылығымен анықталынатын әсерлерінен қарсы тұру босаңсуына әкелетіні бірден бір негізгі себебі екені дәлелденіп отыр.

Түйін сөздер: оқшаулау жай-күйін бақылау, электр машинасы, пайдалану, сенімділігі, температура, төзімділік.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 228 – 233

UDC 631.45

Doctor of PhD **N. Abdimutalip**¹, c.b.s. **K. Abdraimova**¹,
c.t.s., associate professor **N. Zholmagambetov**², **G. Abishova**¹, **M. Akeshova**¹

¹International Kazakh-Turkish university of H. A. Yasavi, Turkestan, Kazakhstan,

²Karaganda state technical university, Kazakhstan.

E-mail: nurlibek.abdimutalip@ayu.edu.kz

NEUTRALIZATION OF THE POLLUTED SOIL BY A COMPOSTING METHOD

Abstract. As the world population grows and, hence, the intensity of livestock production increases, great volumes of organic wastes produced globally pose a serious problem, and are the major source of environmental pollution. These wastes require large storage areas, emit ammonia and foul odor, contaminate groundwater, and pose a significant problem for human health. Certain methods for managing these wastes can be used to convert them into an efficient and safe soil fertilizer.

Keywords: vermiculture, Californian red worms, vermicompost, biohumus, agricultural wastes, heavy metals, coprolites.

Intriduction. One of the greatest problems that the world is facing today is that of environmental pollution, increasing with every passing year and causing grave and irreparable damage to the earth. Environmental pollution consists of five basic types of pollution, namely, air, water, soil, noise and light. [1-6]. Soil pollution, which can also be called soil contamination, is a result of acid rain, polluted water, fertilizers etc., which leads to bad crops. Soil contamination occurs when chemicals are released by spill or underground storage tank leakage which releases heavy contaminants into the soil. These may include hydrocarbons, heavy metals, MTBE, herbicides, pesticides and chlorinated hydrocarbons. **Bioconversion**, also known as *biotransformation*, is the conversion of organic materials, such as plant or animal waste, into usable products or energy sources by biological processes or agents, such as certain microorganisms. Biohumus positively effects processes of seed germination and promotes more intensive growth of plants. This fertiliser protects a germinating crop from illnesses, while bioactive substances stimulate development of the root system and matter intake, so the plant grows stronger, more resistant to diseases and pests. Also, the plants become more patient of unfavourable meteorological conditions and more resistant to low temperatures and droughts. Biohumus improves soil structure and moisture regime without degrading humus layer, unlike in cases when mineral fertilisers are used. All this contributes to extra yield and higher quality of the crops [7–11].

When optimizing the function of agrocenoses, one needs to compensate for the biocenotic links that have been lost. One of the ways to solve this problem is to artificially restore the individual links of the agro-ecosystem without complete restoration of the species diversity of soil biota. This can be performed by vermiculture, when the missing link (humified organic matter) is produced under artificial conditions [12]. Biohumus enhances the crop capacity by 20–30% and improves the quality of agricultural products. Nature is a wonderful thing and when we make compost all we are doing is speeding up the eco systems natural process of decomposition. The end result produces a rich compost that helps us produce more vegetation.

To achieve this we systematically apply layers of bio degradable material in a composter so that nature can begin its work in breaking down the waste into compost.

Moreover, the product does not have poignant foul odor. The microflora of the ready-to-use compost is richer than that of fertile soils, and manifold higher than that of contaminated soils. Thus, composting takes considerably a shorter time than natural neutralization of toxic materials does [13].

One of the actual problems of vermiculture in West Siberian region is the winter cultivation of worms. The paper deals with the influence of psychrophilic conditions of vermiculture on the number of the basic ecological-trophic groups of microorganisms in organic substrate and on the quality of vermicompost. Vermicompost being used at the amount of 6–10 tons/ha abruptly increases soil fertility. It has been found that when the worms disintegrate wastes to the paste-like state, they form excellent conditions for the development of various microorganisms inhibiting the reproduction of pathogenic bacteria (in particular, of *Salmonella*). The researchers have drawn attention to the fact that the microorganisms contained in vermicompost facilitate the conversion of the toxic forms of heavy metals to immobile compounds. It is extremely important, since the introduction of vermicompost to the soils around big cities, industrial plants, and places, where a lot of mineral fertilizers and pesticides were used, will promote the sanitation of these soils and the environment in general.

At the time of adaptation of cattle to new Californian worm waste (with the transition to svinyak mullein, litter, etc., the use of water from another source), the majority of adult worms may die in California, not coping with the new food. This is subject to all species and subspecies of worms. However, juveniles can easily adapt to new food, begin to mature and breed - the adaptation is complete. The process of adaptation to the new waste could take 2 - 4 months old. If the worms go after moving to the same food, the adaptation takes place with minimal losses [14–16]. The Californian red worm differs from the other species by its ability to process all types of organic matter, high breeding performance (by over 100 times) and life span (by 4 times) as compared to the common earthworms. Within two months, the population of the Californian red worms (30– 50 thousand worms; biomass being approximately 4 kg/m²) can process 300–400 kg of stable manure per m² of the special plantation, converting it into high-efficiency humic fertilizer. In addition, the biomass of living worms is the valuable natural food for farm birds and animals, as well as for pond fish. Furthermore, worms are used to produce valuable protein flour and preserved food for domestic and fur-bearing animals.

After a patent has been obtained, the Californian red worms started to be cultured in large American specialized farms. Thus, the German government has started to subsidize their agricultural manufacturers according to a specialized program encouraging them not to use pesticides and chemical fertilizers but to use the biological methods of producing crops using Californian red worms.

The organic wastes lose the foul odor and are converted into high-grade organic fertilizer rather quickly as worms breed there. Vermiculture increases the humification coefficient of the organic matter 1.5–2-fold as compared to the conventional composting [17–20].

Many gardeners compost both yard waste and kitchen waste with compost piles, sheet composting or some other method during the growing season. Fortunately, very little yard waste is generated during winter months when cold temperatures make composting difficult. However, usable kitchen waste is constantly being generated and must be disposed of. Vermicomposting is the process of using worms and micro-organisms to turn kitchen waste into a black, earthy-smelling, nutrient-rich humus.

The present work was aimed at studying the potential of adaptation of the Californian red worms and using them to manage wastes from agricultural farms (differing by their properties and composition) with some domestic wastes added (kitchen wastes, paper, sawdust, garden wastes, etc.).

Materials and methods. Californian red worms and various disintegratable organic wastes, such as pig, horse, camel, sheep, and goat manure obtained from the cattle farms, kitchen wastes, sawdust, crop wastes from the vegetable garden, and sierozem soil, were used in the experiments.

Five wooden boxes with holes in the bottom were filled with organic (livestock and domestic) wastes (25–30 cm height) to be used as food for the Californian red worms and with a small amount of regular garden soil (5–7 cm). The mixture was then slightly compacted, intermixed, and moistened to 70–80%, ensuring good air permeability. First, a cupped hand of Californian red worms was placed on the surface of the substrate. After the worms buried themselves in the mixture, another cupped hand of worms was added (Figure). The boxes containing the worm mass and wastes were kept under dark conditions at 15–18 °C.



Waste mixture in the boxes

Results and discussion. Environmentally safe organic fertilizer Biohumus used to increase the soil fertility and yield of all agricultural cultures is a result of bio processing of livestock and poultry farming waste by the red Californian worm. Coprolite (or Biohumus) is a dry organic loose and dispersible fine-granulated mass of blackish brown colour of average chemical composition in table 1 lists the main nutrients present in different types of manure.

The studies demonstrated that the vermicomposts differed significantly by nutrient contents and properties of their microbial communities. After the worms have ingested fragments of organic matter, they transform it in their digestive tract, and then release it as coprolites (fossilized feces). Due to their properties, coprolites improve the soil structure by enveloping soil walls with mucus, which prevents it from being washed out by water. Furthermore, coprolites change the biochemical composition of the soil. The content of biological nitrogen, phosphorus, and potassium is 5, 7, and 11 times, respectively, higher than that in the surface layer of fertile garden soil. A great amount of calcium is concentrated in coprolites, ensuring the good water-stable structure and high water retentivity. In addition, calcium reduces the acidity of the environment and establishes conditions that impede the development of plant diseases (such as fusarium disease, mildew, bacteriosis, etc.). Furthermore, beneficial microflora is intensively developed near coprolites. All these factors eventually improve biohumus and soil composition. Protease, a component of the worm biomass, exhibits a biostimulating effect, enhances food assimilability in worms, accelerates their growth, and activates physiological and biochemical processes occurring in their organism. Like many other living organisms, the Californian red worms enrich soil in macro- and micro-elements, growth substances, and antibiotic agents.

When the worms process a mixture consisting of different wastes and manure, they give rise to a dry fertilizer with organic matter content of 25–40% and higher (on dry basis). This fertilizer contains 1% of nitrogen, phosphorus, and potassium, as well as numerous microelements that are needed for plant growth. Worm boxes can be purchased or made. Plastic storage containers are convenient and come in a variety of sizes. These containers are easily transported and are a nice alternative to heavier wood bins. Many people choose to have several small bins as opposed to one heavier, large wood bin. Small bins work best in homes, apartments and school classrooms. They are easy to tuck under desks, place below kitchen sinks and keep out of the way in laundry rooms.

As compared to the conventional strategy of manure composting, processing of the organic matter by worms allows one to increase the humification coefficient of the organic matter by 1.5–2 times [20]. The results can be seen by comparing the properties of manure and biohumus, an environmental-friendly fertilizer.

The resulting biohumus contains biologically active substances that accelerate seed germination and striking roots in seedlings, as well as enhance the plant disease resistance. The introduction of biohumus to the soil prevents its oversaturation with individual types of nutrients (as it frequently occurs when large amounts of manure and regular compost are introduced), crop lodging, and other negative effects [21]. Finally, biohumus “rejuvenates” soil. The crops cultivated in soil fertilized with biohumus contain almost no nitrates and heavy metals. Biohumus contains all the compounds required for plant nutrition in the well-balanced and easily digested form. The chemical composition of biohumus is listed in Table.

Chemical composition of biohumus

Component	Quantity
humic acids	6-18%
pH	6.5-7.2%
total nitrogen (A)	0.9-3%
phosphor (P)	0.9-2.5%
potassium (K)	0.6-2.5%
calcium (Ca)	4.5-8%
magnesium (Mg)	0.5-2.3%
iron (Fe)	0.5-2.5%
copper (Cu)	3.5-5.1 mg/kg
manganese (Mn)	60-80 mg/kg
zinc (Zn)	28-35 mg/kg
Bacterial flora	Up to 20 000 billion colonies per 1 g of biohumus
Moisture	30-50%
Dry organic substance (close to soil humus by the composition)	30-70%

Humic acids add the special value to biohumus playing a very important role in biosphere due to their good accumulative capability. Well balanced with nitrogen, phosphor, potassium, and microelements the nutritive substances dissolve gradually and provide their prolonged consumption by roots. Biohumus also demonstrates bactericidal properties for 5 years, contains bio stimulators and ferments, is environmentally safe and has no smell. It is able to “bind” the radioactive particles in the soil and organic waste and to limit the nitrates and heavy metals entering the plants.

In comparison to the traditional organic fertilizers usage biohumus (coprolite) is 5–10 times effective. Depending on the type and fertility of soil the 3-10 tones of Biohumus applying per 1 hectare increases the maize and other grain cultures yield by 30-40%; potatoes and vegetable yield – by 70%. It is very important that Biohumus application improves the quality of agricultural production – the content of proteins in grain, sugar in root - crops, starch in tubers, vitamins in fruits, berries and vegetable increases by 15-45%.

The received production is environmentally safe concerning nitrates, chlorine components and other harmful substances content. Biohumus (coprolite) is applied both locally at planting of seeds and by surface spreading with following harrowing and cultivation. Biohumus is highly effective for barren and polluted soils. The product is certified, every consignment of product will go through laboratory analyses on chemical composition.

Our data obtained in the experiments focused on the effect of moisture content in the environment on adaptation of the Californian red worms to substrates based on cattle manure have demonstrated that the moisture content of the substrate has to be within the range of 75–80%. By the end of exposure, the population density of the Californian red worms in the above experimental variants at optimal temperature was 16 worms/ dm³, and a maximum number of cocoons could be observed. Thus, in the substrate variant with 78-82% moisture, the population density was 9 worms/dm³ higher than that in the variant with 40–55%, 4 worms/dm³ higher than for substrates with 60–65%, and 2 worms higher than for substrates with 65–70%.

The results of our studies have demonstrated that the products obtained by processing cattle and other organic substrates by worms are characterized by a high content of nutrients and finely dispersed, homogeneous, and of stable macrostructure. The total nitrogen content in vermicompost samples produced by processing organic substrates with the worms fluctuated from 1.2 to 1.5%; contents of P_2O_5 and K_2O fluctuated from 4.2 to 5.1% and from 0.5 to 1.1%, respectively (on a dry basis). The tendency towards better aggregation of vermicompost is observed with increasing fraction of the filling agent in the substrates being processed. Thus, the structural coefficient of the vermicomposts varied from 80.2 to 89.2%, while that in the household compost was 55.7%.

Conclusions.

1. Different rates of dry biohumus did not have any impact on biometric indicators of the wheat (number of the germinated plants, plant height, length of the stem and the wheatear). The number of the productive stems mostly increased using the rate of biohumus 0.5 t ha^{-1} . Fertilization rate, most favourable for the number of grains in the wheatear, was 1.5 t ha^{-1} . The highest weight of one thousand grains was observed after fertilization with biohumus 1.0 t ha^{-1} , and highest yields were received after the wheat had been fertilized with biohumus 0.5 t ha^{-1} .

2. Fertilization with dry biohumus had a positive effect on the level of proteins, sedimentation and gluten in the grains of the winter wheat. According to the quality requirements for food grains, they corresponded to Classes II and III of wheat grains purchased.

3. The rate of dry vermicompost (1.5 t ha^{-1}) added locally, marginally increased the levels of mobile potassium K_2O , total N, total C, exchange Ca and exchange Mg, but had no influence on other researched agrochemical indicators – mobile P_2O_5 , mobile Fe, mobile Cu and mobile Zn.

REFERENCES

- [1] Lombard K., O'Neill, M.R. Heyduck, Onken B., Ulery A., Mexal J., Unc A. (2011) Composted biosolids as a source of iron for hybrid poplars (*Populus* sp.) grown in northwest New Mexico // *Agroforestry Systems*. 1, 45-56.
- [2] Stoupalova M., Beklova M., Vavrova M., Stilarkova E., Bednarova I. (2012) Influence of polycyclic aromatic hydrocarbons on earthworms *Eisenia fetida*. *Fresenius Environ. Bull.* 21, 748-754.
- [3] Matos-Moreira M., Carral E., Rodriguez M.T., Lopez-Mosquera M.E., Cunha M. (2012) Survival, body mass change and metal bioaccumulation in *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) incubated in soil amended with organic wastes. *Fresenius Environ. Bull.* 21, 441-449.
- [4] Wang Z., Han Y., Kang H., Sun X., Zhu Y., Che S., Liu C. (2011) Differential effects of plantation forestry and agriculture on earthworm abundance and the heavy metals in suburban soils in Shanghai, eastern China. *Fresenius Environ. Bull.* 20, 3006-3013.
- [5] Alonso-Azcarate J., Ruiz E., Rodriguez L. (2011) Changes in heavy metal speciation induced by earthworm feeding activity. *Fresenius Environ. Bull.* 20, 26-35.
- [6] Dindar E., Topac Sagban F.O., Alkan U., Baskaya H.S. (2010) The influence of wastewater sludge amendment on the nitrogen content and urease activity of soil with earthworms *Fresenius Environ. Bull.* 18, 1655-1660.
- [7] Zhu Y-G., Johnson T., Su J-Q., Qiao M., Guo G-X., Stedtfeld R., Hashsham S., Tiedje J. (2013) Diverse and abundant antibiotic resistance genes in Chinese swine farms *PNAS. Biological Sciences - Environmental Sciences* 110, 3435-3440.
- [8] Kramer S., Reganold J., Glover J., Bohannan B., Mooney H. (2006) Reduced nitrate leaching and enhanced denitrifier activity and efficiency in organically fertilized soils. *Biological Sciences - Ecology - Biological Sciences - Sustainability Science* 103, 4522-4527.
- [9] Lebaudy A., Vavasseur A., Hosal E., Dreyer I., Leonhardt N., Thibaud J-B., Very A., Simonneau T., Sentenac H. (2008) Plant adaptation to fluctuating environment and biomass production are strongly dependent on guard cell potassium channels. *Biological Sciences - Plant Biology* 105, 5271-5276.
- [10] Pussard M. (1986) Generalites sur le lombricompostage des dechets organic. *Compost Information* 11, 20-24.
- [11] Chan P.L.S., Griffiths D.A. (1988) The vermicomposting of pre-treated pig manure. *Biol. Wastes* 1, 57-69.
- [12] Yoltan L.W. (2012) The Effects of Cutting the Giant Fibers in the Earthworm, *Eisenia Foetida* (Sav.). *Zoology* 9, 383-385.
- [13] Van Ginkel J.T. (2002) Gas Permeability, Oxygen Diffusion Coefficient and Thermal Conductivity. *Biosystems Engineering* 81, 113-125.
- [14] Praper T., Andreas S., Kladnik A., Andrighetti A., Viero G., Morris K., Volpi E., Lunelli L., Serra M., Froelich C., Gilbert R., Anderluh G. (2011) Porin activity at membranes leads to invaginations and vesicle formation *PNAS. Biological Sciences - Biochemistry* 108, 21016-21021.
- [15] Vinogradov S., Lugo S., Mainwaring M., Kapp O., Crewe A. (1986) Bracelet protein: a quaternary structure proposed for the giant extracellular hemoglobin of *Lumbricus terrestris*. *Research Article* 83, 8034-8038.
- [16] Takahashi T., Iwase T., Takenouchi N., Saito M., Kobayashi K., Moldoveanu Z., Mestecky J., Moro I. (1996) The joining (J) chain is present in invertebrates that do not express immunoglobulins. *Research Article* 93, 1886-1891.
- [17] Mitchell D., Meien O. (2000) Mathematical modeling as a tool to investigate the design and operation of the Zymotis packed-bed bioreactor for solid-state fermentation. *Biotechnol Bioeng* 68, 127-135.

[18] Meien O., 2002. A two-phase model for water and heat transfer within an intermittently mixed solid-state fermentation bioreactor with forced aeration. *Biotechnol Bioeng* 79, 416-428.

[19] Andrews S., Lohr L., Cabrera M. (1999) A bioeconomic decision model comparing composted and fresh litter for winter squash. *Agricultural Systems* 61 (3), 165-178.

[20] Oishi K., Kato Y., Ogino A., Hirooka H. (2013) Economic and environmental impacts of changes in culling parity of cows and diet composition in Japanese beef cow-calf production systems. *Agricultural Systems* 115, 95-103.

Н. Әбдімүтәліп¹, Қ. Абдраимова¹, Н. Жолмағамбетов², Г. Абишова¹, М. Ақешова¹,

¹Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан,

²Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Республикасы

ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТЫ ВЕРМИКОМПОСТТАУ ӘДІСІМЕН ЗАЛАЛСЫЗДАНДЫРУ

Аннотация. Қоршаған ортаға антропогендік әрекеттің әсері жылдан жылға үздіксіз жоғарлауда. Бұл әрекеттің аса жағымсыз нәтижесінде топырақ жүйесіне әр түрлі улы заттар еніп, химиялық, радиациялық және т.б. ластаудың түрлері пайда болады. Топырақты ластайтын және қауіптілігі жоғары заттарға мұнай өнімдерінің қалдықтары, ауыр металдар, радиоактивті бөлшектер және т.б. экотоксиканттар жатады. Осы ластағыштардың шығу көздері өндірістік кәсіпорындар, көлік, энергетикалық кешендер, ауылшаруашылық пен көптеген басқа да салалар болып табылады. Сондықтан, ластанған топырақты вермикомпосттау әдісімен тазалау экологиялық мәселелерді шешудегі тиімді жолдарының бірі болып табылады.

Түйін сөздер: вермиағзалар, қызыл калифорниялық құрттар, вермикомпост, биогумус, ауылшаруашылық қалдықтары, ауыр металдар, капролиттер.

Н. Абдимуталип¹, К. Абдраимова¹, Н. Жолмағамбетов², Г. Абишова¹, М. Ақешова¹

¹Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясауи, Туркестан, Казахстан,

²Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ВЕРМИКОМПОСТИРОВАНИЯ

Аннотация. Представлены результаты исследований по способу биопереработки различных органических отходов путем вермикультивирования по обезвреживанию почвы. В данной научной работе на основе проведения теоретических и экспериментальных исследований, базирующихся на утилизации отходов животноводческих хозяйств и различных бытовых отходов с помощью красных калифорнийских червей, выявлена высокая эффективность применения продуктов вермикультивирования. Проведенный в работе анализ эффективности заключается в решении проблемы по утилизации органических отходов с получением экологически чистых органических удобрений (биогумуса), биомассу червей как высококачественного белкового продукта и выращивания качественной сельхозпродукции.

Ключевые слова: вермикультура, красные калифорнийские черви, вермикомпост, биогумус, сельхозотходы, тяжелые металлы, капролиты.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 234 – 238

UDC 553.661:622.323

**G. Z. Turebekova¹, Sh. K. Shapalov², G. A. Takibayeva², A. Zh. Dayrabayeva²,
Zh. S. Sihinbayeva², S. Meziani³, P. M. Zharylkasyn², M. Zh. Makhambetov⁴**

¹South Kazakhstan state pedagogical university, Shymkent, Kazakhstan,

²M. Auezov South Kazakhstan state university, Shymkent, Kazakhstan,

³University de Lorraine, Nancy, France,

⁴Kh. Dosmuhamedov Atyrau state university, Atyrau, Kazakhstan.

E-mail: g.ture@mail.ru

APPLICATIONS OF SULPHUR OBTAINED WHEN OIL PRODUCTION IN THE COMPOUNDING OF RUBBER MIXES

Abstract. The results of research on the possibility of using by-product of oil production – sulfur vulcanizing system are given in work for production of technical rubbers.

Results of experiments on the possibility of using the purified polymeric sulfur are presented. It is shown that polymeric sulfur allows reducing amount of sulfur in a mix compounding, without reducing at the same time curing speed that leads, eventually, to improvement of quality of rubbers. Application of polymeric sulfur also gives a possibility of regulation the elastic properties of the received rubber mixes.

Sulfur polymeric was entered into rubber mixes for partial or full replacement of usual sulfur. Physical and mechanical properties and recipes tire-tread and the belt of rubber mixes are given. Substantial increase of the strong properties characterized by conditional durability at stretching and communication durability between rubber and a textile cord of belt rubber is revealed.

Results of researches have shown that use of Tengiz sulfur led to increase of strength properties by the belt and tire-tread rubbers due to increase of number of intermolecular communications in an elastomeric matrix, so all sulfur used in a compounding, enters chemical reaction.

Keywords: sulfur, oil production products, tire rubbers, rubber mix, vulcanized rubber, the vulcanizing agent, the vulcanizing system.

Introduction. In size of the established stocks, geological and thermobaric conditions of a bedding of the oil-bearing horizons and technical and economic features of development, Tengiz is unique not only among fields of Kazakhstan, but also the world. In 1998 "Tengizshevroil" (TShO) has conducted three-dimensional seismic researches then explored reserves of oil have been estimated by the enterprise at 1.3 billion t. The productive horizons of the field Tengiz lie at a depth over 5000 m, this oil-bearing collector occupies a site 19.3 km wide and 21 km long. Features of the field: the high intra reservoir pressure and high concentration of hydrogen sulfide – require the solution of the most difficult technical and technological tasks, and also environmental problems of utilization of sulfur [1].

In the processes of purification of crude oil of TShO hydrogen sulfide makes elementary sulfur which is the result of processing of the "sour" oil and gas designating content of hydrogen sulfide in them in Tengiz. It should be noted that Tengiz oil is paraffinic, easy, it makes density of 789-851 kg/m³, the content of sulfur – from 0.5 to 0.8%. Commodity brands are gray: scaly, granulated and lump.

From year to year artificial "mountains" of sulfuric massifs turn out, about 69 kg are gray on 1 ton of the extracted oil. Use of this sulfur in the production technology of rubber mixes is represented perspective for a number of reasons. Massifs of sulfur are located in the sanitary protection zone of Tengiz gas-processing plant, a gas-polluted zone which is under the influence of the departing torch gases containing carbon, hydrogen various metals and many other things. Thus, use of the sulfur received on this field is a

topical problem from the point of view of its processing for the purpose of receiving high-quality rubber mixes for the tire industry [2].

A lot of elementary sulfur is consumed by rubber industry – for curing of rubbers. Sulfur entering into the vulcanizing group provides curing, i.e. transformation of plastic and viscoelastic rubber mix into highly elastic rubber as a result of formation of a uniform spatial grid with atoms of the sulfur connecting chemical bonds separate macromolecules of rubber [3].

Materials and methods. Sulfur is the main agent of curing for the majority of rubber products, including buses. Special requirements which first of all treat a high level of purity of a product (minimum content of harmful impurity – metals of variable valence) and a high level of dispersibility are imposed to its quality and chemical composition. These characteristics define the vulcanizing activity of sulfur, its dispersancy in rubber, technological and technical properties of rubber mixes and rubbers. Constantly increasing quality requirements of car tires cause the need of creation of effective components of rubber mixes. Especially much attention is paid to development of the vulcanizing agents. Still in the early eighties of the last century there was polymeric sulfur which quickly began to be applied at the entities issuing tires and rubber products [4].

In this work we have conducted researches and results of experiments whenever possible of use of the purified polymeric sulfur are presented. Polymeric sulfur allows to reduce amount of sulfur in a compounding of rubber mixes, without reducing at the same time curing speed that brings, as a result to improvement of quality of rubbers. Use of polymeric sulfur are allows to regulate elastic properties of the received rubbers also.

Sulfur polymeric was entered into rubber mixes for partial or full replacement of usual sulfur.

Recipes belt and tread rubber compositions are shown in Table 1.

Table 1 – Recipes of rubber mixes

Name	Mass. n. to 100 mass. n. of rubber	
	Tread compound	The belt mixture
SKI-3	50	100
SKD	50	–
Sulfur	1,8-0	1,6-0
Sulphur polymer	0-1,5	0-1,3
sulfenamide M	1,5	1,4
Phthalic anhydride	0,3	0,3
Whitewash zinc	3,0	2,5
Stearic acid	2,0	2,0
Atsetonanil P	1,0	1,2
Oktofor NN	2,0	2,0
hydrocarbon resins	4,0	4,0
Wax CAR	1,0	–
Oil PN-6SH	4,0	4,0
Diaphene OP	1,5	1,5
Carbon P 245	55,0	50,0

Polymeric sulfur was entered on laboratory rollers at the end of mixture, at the second stage, for prevention of premature curing. The made experiments have shown that technology of mixture, processing of rubber mixes and curing practically does not differ from the standard mode applied in usual practice. Curing of samples was carried out at a temperature of 155⁰C within 15 minutes. Test of samples for aging was carried out in the autoclave at a temperature of 3930K in the environment of saturated water vapor with a pressure of 0,2 MPas within 40 hours, and also in similar conditions at a constant irrigation by 5% water solution of chloride of sodium within 8 hours.

The received results show that use of the polymeric sulfur received at oil production on the field Tengiz allows to improve physical and mechanical properties of tire rubbers: tension when lengthening; conditional durability at stretching; relative to lengthening at a gap; an abrasability and hardness by Shors.

Table 2 – Physical and mechanical properties of tire-tread rubbers

Indicators	Content of polymeric sulfur mass. n. to 100 mass. n. of rubber			
	Standard	0,5	1,0	1,5
Tension during the lengthening at 300% e MPa	8,9	8,9	8,7	8,5
Conditional tensile strength, MPa	19,8	19,9	20,8	21,2
Relative elongation at break%	650	650	644	645
Tear resistance kN/m	71	72	68	75
Resistance to repeated stretching at an elongation of 200%, thousand cycles	3,01	3,05	5,6	4,8
Abrasion, kJ/m ³	48	48	45,7	44,5
Shore hardness, standard units	53	53	53	55

Table 3 – Physical and mechanical properties of the belt rubber

Indicators	Content of polymeric sulfur mass. n. to 100 mass. n. of rubber				
	Standard	0,3	0,6	1,0	1,3
Tension during the lengthening at 300% e MPa	10,1	9,7	9,8	10,2	10,0
Conditional tensile strength, MPa	21,1	20,2	20,6	21,3	21,0
Relative elongation at break%	525	520	521	525	525
Tear resistance kN/m	63	60	60	64	62
Resistance to repeated stretching at an elongation of 200%, thousand cycles	6,1	5,2	5,5	6,2	5,6
Communication durability by the N-method, N	443	430	431	443	440

This technology allows resolving a complex of issues, including problems of utilization of the by-products which are formed in case of production of sulphurous oil.

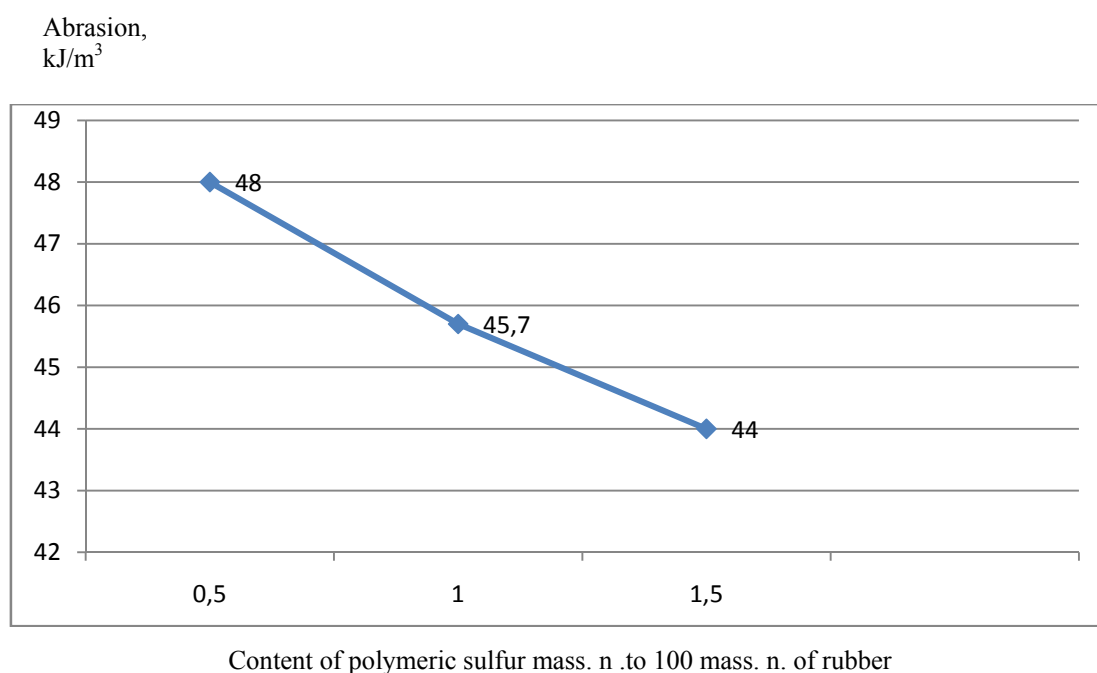


Figure 1 – Influence of sulfur content on the physical and chemical properties of the tread rubber

As shown in Figure 1 when using Tengiz purified sulfur, increase in conventional tensile strength and reduced abrasion of tread rubber that demonstrates improved strength properties is observed.

From the experimental data given in Figure 2 at addition of polymeric sulfur in a compounding of mix substantial increase of the strong properties characterized by conditional durability at stretching and communication durability between rubber and a textile cord of belt rubber is observed.

Communication
durability
by the N-method, N

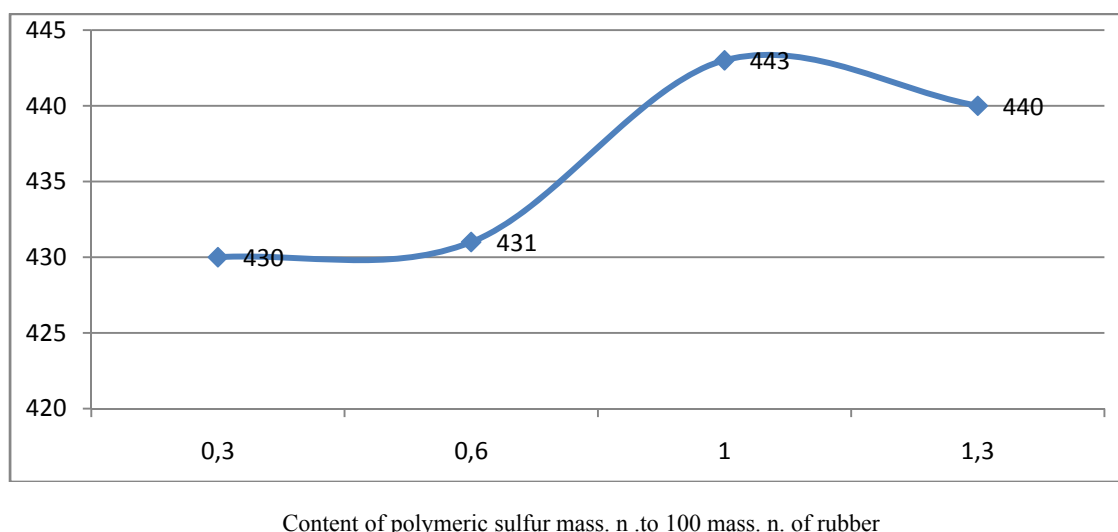


Figure 2 – Influence of sulfur content on the physical and chemical properties of the belt rubber

Conclusion. Thus, results of researches have shown that use of polymeric sulfur led to increase of strength properties by the belt and tire-tread rubbers due to increase of number of intermolecular communications in an elastic matrix as all sulfur used in a compounding of rubber mix reacts that in general improves physical and mechanical properties and quality of tire rubbers.

REFERENCES

- [1] Nadirov N.K. Tengiz - the sea of oil - a sea of problems. Almaty: Gylym, 2003. 266 p.
- [2] Nadirov N.K., Zaykina R.F., Zaikin Y.A. Modern methods of desulfurization of Kazakh oil // Problems of oil and gas industry: Proceedings of the international scientific and technical conference. Atyrau, December 5-6, 2001. Vol. 2. 456 p.
- [3] Turebekova G.Z., Sakibaeva S.A., Tasanbaeva N.E., Pusurmanova G.J., Zhilkishieva Zh.E., Esentaeva K.N. The possibility of using sulfur in the production of technical rubber // Reports of Nadirovs Tenth International scientific readings "Scientific and technological development oil and gas industry". Atyrau, 2012. P. 299-302.
- [4] Bimbetova G.Zh., Sakibaeva S.A., Dzhakipbekova N.O., Mamytova G.Zh., Orazymbetova A.O., Turebekova G.Z., Isak L.M. The rubber compound. Conclusion from 05.04.2014 to grant a patent on the invention under the application number 2013 / 0683.1.
- [5] Turebekova G.Z., Pusurmanova G.J., Sakibaeva S.A., Orazymbetova A.O. Prospects for the use of waste oil production and refining – sulfur in the production of technical rubbers // Innovation – 2015: Materials of international scientific-technical conference. Tashkent, 23-24 October 2015. P. 51-53.
- [6] Sulphur – waste or valuable fossil? // Cashian. 2002. P. 80-82.
- [7] Nadirov N.To. Oil and gas of Kazakhstan. 2-HT. Almaty: Gylym, 1996.
- [8] Ormiston R.M., Kerber J.L., Mazgarov A.M. Demercaptanization of crude oil Tenginskogo fields // Oil and gas of Kazakhstan. 1997, N 2. P. 71-83.
- [9] Calverts., Treshow M., etc. protection of the atmosphere from industrial pollution // Ed Calvert S. M.: Chemistry, 1988. Vol.: 1, 2. P. 1470.
- [10] Koshelev F.F., Kornev A.E., Bukanov A.M. General chemical technology of rubber. M.: Chemistry, 1978. 527 p.
- [11] Akhmetov S. General and inorganic chemistry / Rezedent: Professor J. A. Ugai. M.: Higher school, 1981. Vol. 1. 672 p.
- [12] Remy. Course of inorganic chemistry. M.: Publishing house of foreign literature, 1961. P. 695.
- [13] Glinka N.L. General chemistry. M.: Chemistry, 1977, revised. P. 382. 720 p.
- [14] Chemical encyclopedia: in 5 volumes / Editorial Board: N. S. Zefirov (ed.). M.: Soviet encyclopedia, 1995. Vol. 4. P. 319. 639 p. 20 000 copies. ISBN 5-85270-039-8.
- [15] Rodionov A.I., Klushin V.N., Torocheshnikov N. With. The technique of environmental protection. M.: Chemistry, 1998. 509 p.

Г. З. Туребекова¹, Ш. К. Шапалов², Г. А. Такибаева², А. Ж. Дайрабаева²,
Ж. С. Сыхинбаева², С. Мезиани³, П. М. Жарылкасын², М. Ж. Махамбетов⁴

¹Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық институті, Шымкент, Қазақстан,

²М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан

³Университе де Лоррейн, Нанси, Франция,

⁴Х. Досмухамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Қазақстан

РЕЗИНА ҚОСПАЛАРДА МҰНАЙ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ АЛЫНҒАН КҮКІРТПЕН ҚОЛДАНУ ЖОЛДАРЫ

Аннотация. Осы жұмыста мұнай өңдеу өнеркәсібінде алынған - күкірттің- вулкандық жүйе үшін техникалық резеңке өндірісінде игеру мүмкіншілігін зерттеу нәтижелері келтірілген. Мұнайлы Солтүстік - Каспий аймағында, Қазақстан шетел компанияларымен бірге бірнеше перспективалық және ауқымды жобаларды жүзеге асырады. Тенгиз және аталмыш аймақтың басқа кен орындарының шикі мұнайы жоғары күкіртті болып табылады, яғни осындағы мұнайдың маңызды өзгешелігі ілеспе газда күкіртті сутектің зор мөлшері бар болып табылады. Шикі мұнайды тауар калпына келтіру үшін, ол тазаланады және нәтижеде элементарлық күкірт пайда болады. Мұнайды шығарудың артуымен күкірттің жинақталуы да өседі. Қазақстандық мұнайдан шығатын элементарлық күкірт - химиялық өнеркәсіптің индустриялық кәсіпорындары үшін құнды шикізат болып табылады. Алайда шынайы ақиқатқа сүйенер болсақ осы химиялық заттың негізгі көлемі әлі мұнай шығару нысандарының жанында тапталып тасталады. Күкірт, шиналық резеңке бұйымының көпшілігі үшін вулканизацияның негізгі агенті болып табылады. Оның сапасы мен химиялық құрамына айрықша талап көрсетіледі, оның ішінде ең маңыздысы шикізаттың адалдығының (зарарлы қоспаның, айнымалы валенттіктің, металдардың ең төмен мөлшері) және дисперсиялық биік дәрежесі жатады. Осы мінездемелер күкірттің вулканизациялық белсенділігін, оның каучукта дисперсиялануы, резеңке қоспаның және резеңкелердің технологиялық және техникалық қасиеттерін анықтайды. Полимерлік күкірт рецептурадағы вулканизацияның жылдамдығын төмендетпей күкірттің санын төмендетуге мүмкіндік береді, ақыр соңында протекторлы және брекерлы резеңке сапасының көтерілуіне алып келеді. Полимерлік күкірттің қолданысы, өндіріліп алынатын резеңкелердің икемділік қасиеттерін реттеуге мүмкіндік береді. Мұнай өнеркәсібінде шығатын күкірттің қолданатын кезінде дөңгелек резеңкелерінің физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартады.

Түйін сөздер: күкірт, полимерлі күкірт, өнеркәсібінде алынған заттар, шиналық, резеңке, резеңке қоспалар, вулканизаттар, вулканизациялау агенті, вулкандау жүйесі, протекторлық резеңке қоспалар, брекерлық резеңке қоспалар.

Г. З. Туребекова¹, Ш. К. Шапалов², Г. А. Такибаева², А. Ж. Дайрабаева²,
Ж. С. Сыхинбаева², С. Мезиани³, П. М. Жарылкасын², М. Ж. Махамбетов⁴

¹Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, Шымкент, Казахстан,

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

³Университет де Лоррейн, Нанси, Франция,

⁴Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, Казахстан

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕРЫ, ПОЛУЧАЕМОЙ ПРИ НЕФТЕДОБЫЧЕ В РЕЦЕПТУРАХ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. В работе приведены результаты исследований по возможности использования побочного продукта нефтедобычи – серы для вулканизирующей системы при производстве технических резин. Представлены результаты экспериментов по возможности применения полимерной серы, синтезированной из тенгизской серы. Показано, что полимерная сера позволяет снизить количество серы в рецептуре смеси, не снижая при этом скорость вулканизации, что приводит, в конечном счете, к повышению качества резин. Применение полимерной серы позволяет также возможность регулирования эластических свойств получаемых резиновых смесей.

В резиновые смеси сера полимерная вводилась для частичной или полной замены обычной технической серы. Приведены физико-механические свойства и рецепты протекторных и брекерных резиновых смесей. Выявлено значительное повышение прочных свойств, характеризующих условной прочностью при растяжении и прочностью связи между резиной и текстильным кордом брекерной резины.

Результаты исследований показали, что применение тенгизской полимерной серы приводит к повышению прочностных свойств брекерных и протекторных резин за счет повышения количества межмолекулярных связей в эластичной матрице, так как вся используемая в рецептуре сера вступает в химическую реакцию с макромолекулами каучука, образуя равномерную сетчатую структуру.

Ключевые слова: сера, полимерная сера, продукты нефтедобычи, шинные резины, резиновая смесь, вулканизат, вулканизирующий агент, вулканизирующая система, брекерная резиновая смесь, протекторная резиновая смесь.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 239 – 244

UDC 553.6

C.g.-m.s. **S. K. Kurbaniyazov**, doctor of PhD **N. A. Abdimutalip**, c.t.s. **E. K. Ibragimova**,
O. Alchinbayeva, doctor PhD **G. B. Toychibekova**

International Kazakh-Turkish University named by Kh. A. Yesevi, Turkestan, Kazakhstan
E-mail: gaziza.toychibekova@ayu.edu.kz

THE STUDY ON THE ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE OF GLAUCONITE DEPOSITS OF THE SOUTH KAZAKHSTAN REGION WITH THEIR FURTHER APPLICATION IN AGRICULTURE

Abstract. In connection with market relations in the agricultural production, it is possible to abandon the use of high doses of expensive chemical fertilizers and introduce them in smaller amounts under different crops jointly with natural mineral glauconite, which is characterized by a whole set of chemical compounds and micro elements necessary for the mineral nutrition of plants. This work is aimed at identifying common geological and environmental characteristics of glauconite deposits in order to conduct a study on the use of glauconites in agriculture. In the course of the study, stimulatory effects of glauconites on the development of useful soil microflora determining their fertility and sides of glauconites possessing high adsorption and cation exchanging properties which can be used as the adsorbent of contaminants were studied. With the help of an areal application of glauconite in the cultivation of agricultural crops and the creation of geochemical barriers, rehabilitation of soil properties having a high technogenic load as a result of industrial enterprises activities were identified.

Keywords: glaukonit, minerals, technogenic loading, the soil, adsorption, montmorillonite, a forage, culture.

Introduction. In the modern seas, glauconite deposits are formed in the shelf fields and upper part of a continental slope. There are no glauconite deposits in the abyssal area. The average depth of the formation of modern glauconite is from 20 to 150 m, in average is about 70-80 m, but the formation of glauconite at shallower depths is likely to be from 10 to 20 m. The presence of glauconite at the depths of 200-400 m was also identified. Standing out as the finest sediment, sometimes it penetrates into the cavity of foraminifera and radiolarians, filling them and forming glauconite cores. Such cores are found in the modern bathyal silts.

A shallow-marine origin is widely expanded in sedimentary rocks and the modern marine sediments. Glauconite contains bathyal green silt, glauconite sandstone, light green glauconite cretaceous sands, green glauconite ordovician limestone and many other rocks. But it does not form large monomineral clusters in nature and occurs exclusively in a mixture with other minerals of clayey or sand strata; its content in the rock seldom exceeds 50%. Celadon in small quantities is common in the tonsils and cracks of effusive rocks. Among glauconite facies, sands and aleurites, which sometimes included in the composition of phosphorite conglomerate, dominate; glauconite clays are more rare, although they are quite common. Sometimes glauconite silts are enriched by calcite and represent glauconite limestone, usually more or less clayey, by themselves in the form of fossils. Glauconite is formed only in the sea basins, but its seeds are resistant to weathering and is therefore in the secondary occurrence they are found in freshwater and even terrestrial sediments. As a result, by the presence of only grains of glauconite in those or other deposits, their marine origin cannot be judged. In the form of large grains, it is contained in the coarse-grained sands and mall pebble conglomerates, often phosphorite.

In recent years, the study of geological systems of glauconite deposits in the developed countries has become increasingly deep since glauconites are significant mineral objects in the broad sense. Ongoing

researches in this field are conducted in many countries around the world, especially in European countries. Over the past century, the scope of glauconite use is more and more expanded. The reason is a valuable mineral composition and chemical properties of different glauconite. The study of glauconite rocks from the upper cretaceous sediments in the Southern Priaralie was carried out over a number of years by taking layered samples from outcrops and cores of drilled wells in the areas [1]. All selected samples were integrated to a complex modern laboratory investigation to determine the glauconite composition in them and study its application prospects in various areas of agriculture.

The studied areas of glauconite deposits of the Southern region require a detailed study of structural and crystal-chemical characteristics of minerals with a complex and changeable structure, which allows to identify new criteria for evaluating their quality and manufacturability to produce competitive products. The relevance is determined by the need to expand the mineral resource base of our country, including, by means of the development of new scientific and methodological foundations of mineralogy studies.

Owing to the comprehensive studies, the possibility of widespread use of glauconite in agriculture was revealed contemporaneously providing solutions to environmental problems. The estimated reserves and resources of deposits and occurrences of glauconite, identified through conducting the studies within the glauconite deposits of South Kazakhstan region will be able to provide business enterprises, commercial farms and other facilities with activities operating in a number of the mentioned spheres of our economy. In particular, as glauconites are easily enriched, they can be used in natural form as a fertilizer since their high agrochemical properties have been proved.

A high absorption capacity of glauconite can be used to solve problems of geo-ecology engineering to protect the environment from the effects of various eco toxicants that can rapidly migrate to the hydro and geosphere and thereby disrupt the normal course of biochemical processes.

The study purpose is to investigate the mineral composition of glauconite rocks of Southern Kazakhstan, investigate various properties in the agricultural sector, as well as carrying out experimental work with the help of modern technologies for the use of glauconites in the various fields of activity.

Research methods. In the study of the glauconite concentrate (hereinafter simply “glauconite”), the complex physical and chemical methods were used: photocolorimeters, differential thermal, X-ray structural, X-ray phase analyses. In the course of the study, the investigation was carried out on the technological properties and the quality assessment of glauconite deposits, expediency of application (in various fields of activities) of various forms of a glauconite material – a natural rock, concentrate, extract, mixture with other ingredients, etc. The workability of glauconite raw materials was determined primarily by the adsorption characteristics and the amount of glauconite granular in the rock. In this regard, recommendations on the limits of the content of critical components – glauconite, quartz, clay (<0.01 mm) and glauconite rocks oxides (K₂O, P₂O₅), essential in the evaluation of their quality for specific areas of use, especially for the needs of agriculture and environment at the improvement of the environment from polluting toxic substances were developed.

Results and discussion. Glauconite relates to a class of clayey minerals, a family of phyllosilicates containing continuous tetrahedral layers of the structure TgS (T -81, Al, Fe, etc.). They are characterized by the same type of structure with aluminosilicate layers of 2: 1, separated by interlayers of different varieties consisting of K + cations, as in micas, water molecules and exchangeable cations as in montmorillonites. An important fact is that there are often significant quantities of minerals (Mn, Cu, Co, Ni, B et al.) in glauconite, and many reservoir of glauconite rocks contain high impurity of P₂O₅ and even include phosphate horizons. All this gives grounds to consider glauconites as natural fertilizers, which allow us not only to enrich the soil with potassium, but also to improve its structure, retain moisture, stimulate growth and reduce the incidence of plants. Glauconite of the southern region has the following average chemical composition.

Due to rather high content of potassium dioxide (7.6%) and phosphorus pentoxide (up to 3%), glauconite can be used to produce potash fertilizer or as a natural fertilizer without processing. In particular, the introduction of glauconite flour into soil increases the yield of a number of crops and potatoes by 10-20%, significantly increases the yield of fruit trees.

Taking into account the limited edition of industrial forms of fertilizers containing macro and micro elements in its composition, we attached particular importance to the glauconite, capable to fill their deficiency in soils and plants.

Table 1 – Results of chemical (silica) analysis on the glauconite rocks of the south-central part of the Central Karatau

#	Places of occurrence	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MnO	FeO	TiO ₂	SO ₃
1	Bala-Burgem	79,57	3,6	2,54	1,25	4,40	0,49	3,42	1,49	0,45	2,50	0,02	0,27
2	Burgem	78,69	3,20	2,40	1,28	4,29	0,36	3,68	1,96	1,21	2,58	0,03	0,32
3	Krash-tobe	84,36	2,10	0,76	0,86	3,89	0,56	3,59	1,26	0,49	1,86	0,01	0,26
4	Kainar	86,77	1,13	0,83	0,76	4,18	0,59	2,23	1,12	0,56	1,69	0,01	0,13
5	Kainarbulak	82,58	2,78	1,05	0,97	3,23	0,86	3,67	1,89	0,86	1,78	0,02	0,31
6	Kos Uyenki	83,69	2,22	0,80	0,99	3,56	0,48	3,39	1,92	0,84	1,72	0,01	0,38

The results of two years of observation (2014-2016) indicate that glauconite has had a significant positive impact on the food ration of the soil. Under its influence in determining both terms, not only the content of soluble forms of potassium, phosphorus and micro elements, but also nitrogen that is associated apparently with increasing soil, microbiological activities were increased (Table 2).

Table 2 – Effect of glauconite on the nutrient content of the southern calcareous in Black Earth at the cultivation of irrigated potato

Years of research	Term of determinations	Experience options	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Mn
			mg per 100 g of soil			mg per 1 kg of soil	
2014-2015	Seedlings	Control	24,0	4,9	94,0	0,6	0,8
		Glauconite 10 t / ha	31,0	6,5	125,0	0,8	16,4
	Blooming	Control	32,0	trace	5,0	0,2	36,0
		Glauconite 10 t / ha	50,0	2,5	22,5	0,4	40,0
2015-2016	Seedlings	Control	33,0	5,8	94,0	0,6	16,0
		Glauconite 10 t / ha	41,0	6,5	94,0	0,7	32,4
	Blooming	Control	52,0	2,5	15,0	0,3	36,2
		Glauconite 10 t / ha	68,0	3,2	29,0	0,5	48,0

The plants that grow in areas with the introduction of glauconite were different from the control plants with greater height; powerful leaf-shaped apparatus and intense dark green color, indicating a high content of nitrogen and chlorophyll in them. The difference between the experimental and control plants was particularly noticeable in the second half of the growing season. The potatoes reacted to the glauconite most strongly. The total collection of tubers on average increased by 68 centners per 1 ha from this fertilizer in two years, which amounts to 32% of the control plants.

The use of glauconite was effective, particularly good results were obtained from growing barley in the village "Shaga" of Turkestan district of South Kazakhstan region (Table 3).

In the fall of 2014, 30 t/a of manure was applied in the experimental field and corn was planted on the green fodder in the spring of 2015. After its harvesting, 20 t/ha of glauconite sand containing glauconite from 36% to 40% and was introduced under deep autumn plowing on the area of 29 ha. An equal-area was left for the control (Table 3).

The harvest of alfalfa hay, green mass of corn, fruits of cucumbers and tomatoes were increased by 12-20% by using glauconite. The effect of glauconite was not limited by only one year. Subsequently, the tuber potato crop was increased by 18.6% and green mass of corn to 13.2%. The glauconite in grain barley increased the content of the cheese protein by 1.3% (control – 8.7%, glauconite – 10.0%). Under its influence, carbohydrate biosynthesis and vitamin C were improved in the areas of vegetable crop (Table 4).

Table 3 – Efficiency of glauconite on the southern calcareous black earth under the irrigation term

Crop	Sort, hybrid	Options	The harvest centners per 1 ha			increment	
			2013	2014	aver.	c	%
Corn, green mass	VIR42	Control	394	325	360	–	–
		Glauconite 10 t / ha	446	388	417	57	15,8
Potatoes, the tubers	Volzhanin	Control	251	173	212	–	–
		Glauconite 10 t / ha	342	218	280	68	32,0
Tomatoes, fruitage	Volgogradskiy 5 /95	Control	505	440	473	–	–
		Glauconite 10 t / ha	582	490	537	64	13,5
Cucumbers, fruitage	Urozhaiy 86	Control	420	305	363	–	–
		Glauconite 10 t / ha	474	344	409	46	12,6

Table 4 – Effect of glauconite on the quality of vegetable crops yield under the irrigation, the average for 2014-2016

Crop	Control	Dry substance	Sugars, %	Vitamin C	Acidity in %
Tomatoes	Glauconite 10 t / ha	6,9	2,25	15,2	0,67
	Control	6,9	2,55	25,5	0,39
Cucumbers	Glauconite 10 t / ha	4,0	1,80	4,9	0,13
	Control	5,0	2,15	5,9	0,13

The use of glauconite on the background of the aftereffect of manure increased the actual yield of barley grain at 8.9 kg/ha or 37.7%. The yield increase was ensured mainly due to the increase in the coefficient of productive tillering (from 2.2 to 2.6) and weight of 100 seeds (from 41.5 to 47.0 g).

It is characteristic that 12.7 t/ha of barley grain was gathered from the array production (29 ha). The combined use of manure (aftereffect) and 20 tonnes of glauconite sand on the backdrop of high agricultural technology increased the barley grain yield by 2.6 times, indicating the prospect of joint use of local, organic and mineral fertilizers.

Good potato responsiveness on glauconite obtained in our field experiments served as the basis for its implementation into the production in the state farm "Shaga" of Turkestan district of South Kazakhstan region, where the areas reach 120-130 hectares under this crop.

Glauconite was introduced in 2015 under the spring plowing of the soil on an area of 35 hectares. For this reason, and also due to the lack of timely watering in the experimental field, the optimum density of plant standing could not be obtained. Glauconite interaction with the soil was less prolonged compared with the autumn term of the introduction. But even in these conditions, 22 centners of potatoes were obtained from each hectare from glauconite additionally, which were 17.4% of the control.

In 2016, glauconite aftereffects were studied in the same state farm. When accounting the actual potato crop from the area of 35 ha, its increment of 10.3 centners per 1 hectare or 16 was obtained, in relation to the control, where the yield was 64.1 centners per 1 hectare. The glauconite aftereffect was studied at the state farm "Icahn" of Turkestan district of South Kazakhstan region. In 2014, we took into account the yield of green mass of sunflowers from whole the experimental field (29 ha), which was equal to 77.2, and 70.3 per 1 hectare in the control. The yield increase on the experimental area was 6.9 centners per 1 ha or 9.8%. In 2016, the largest yield increase in the pea-barley mixture for hay (18.6 centners per

1 ha or 26.2%) was obtained in the variant with the introduction of 10 tons of glauconite. In addition, glauconite has not only a direct effect, but also a significant aftereffect when introducing 15-20 t/ha. The study with glauconite and especially under the irrigation terms should be continued.

Conclusions and offers. The conducted studies suggest the appropriateness of using the cretaceous and paleogene glauconite as a fertilizer containing essential micro and macro elements necessary for plants. Under its influence, the food regime of the soil is improved, the quantity and quality of seedling of sowing material are improved (significantly) and the incidence of plants, especially in the initial period of the growing season is reduced; all this improves germination capacity of indicators and provides high-quality development of plants during the complete growing season, improves fruit formation in a hot and dry summer period in the southern region in comparison with the control samples. Glauconite introduction into soil separately and jointly with mineral fertilizers contributes to the enrichment of basal layer of agricultural crops with mineral elements, improvement of aeration and moisture retention in the soil. The use of this technological technique is relevant since it allows to solve a number of problems to improve the efficiency of using mineral fertilizers, increase crop yields and the quality of potatoes and other agricultural crops. The options have been identified where through the use of glauconite and fertilizers there is a significant increase in the content of starch in tubers of potato, dry substance, crude protein and vitamin C.

REFERENCES

- [1] Andronov S.A. Glauconite is a mineral of the future / S.A.Andronov, V.I.Bykov // Materials of the first international Conference "The value of industrial minerals in the world economy: deposits, technology, economic evaluation". M.: GEOS, 2006. P. 79-83.
- [2] Distanov U.S. Glauconites / Natural sorbents of the USSR. M., 1990. P. 132-146.
- [3] Kantselson Yu.Ya. Glauconite microconcretions as radionuclides absorbers / Yu.Ya.Kantselson, O.M.Aleksanyan, A.M.Voloshina // Mineralogy and geochemistry of glauconite. Novosibirsk, 1981. P. 80-89.
- [4] Levchenko M.L., Glauconites of Central deposit: typomorphic features, the results of mineralogical and technological research / M.L.Levchenko, N.G.Patyk-Kara, E.A.Andrianova. M.: MISA: Collection of theses of the VI Congress enrichers of the CIS countries, 2007. Vol. 2. P. 77-79.
- [5] Betekhtin A.G. "The course of Mineralogy".
- [6] Gorbunov G.P., Glauconites of Jurassic and Lower Cretaceous sediments of the central part of the Russian Platform // Tr. IGN. AN SSSR. Edition. 114 1950. P.148.
- [7] Andronov S.A. Glauconite is a mineral of the future / S.A.Andronov, V.I.Bykov // Materials of the first international Conference "The value of industrial minerals in the world economy: deposits, technology, economic evaluation". M.: GEOS, 2006. P. 79-83.
- [8] Distanov U.S. Glauconites / Natural sorbents of the USSR. M., 1990. P. 132-146.
- [9] Drits V.A. Problems of determining the real structure of glauconite and related finely dispersed silicates. M.: Science, 1993.
- [10] Kantselson Yu.Ya. Glauconite microconcretions as radionuclides absorbers / Yu.Ya.Kantselson, O.M.Aleksanyan, A.M.Voloshina // Mineralogy and geochemistry of glauconite. Novosibirsk, 1981. P. 80-89.
- [11] Grigorieva E.A., Antoshkina E.G., Features structure and sorption properties of glauconite of Karin deposits // Young scientist. 2012. N 5. P. 121-124.
- [12] Anisimov B.V., Potato production in the Russian Federation / B.V. Anisimov, V.S. Chugunov, O.N. Schatiloff // Potatoes and vegetables. 2007. N 2. P. 4-6.
- [13] Kolyagin Yu.S., Environmentally friendly sunflower growing technology and sugar beet / Yu.S. Kolyagin, V.V. Kondusov, Yu.V. Korol'kov // Collection of achievements of agricultural science at the beginning of the XXI century. Section 3. Voronezh: VGAU, 2002. P. 16-22.

**С. К. Құрбаниязов, Н. Ә. Әбдімүтәліп,
Э. К. Ибрагимова, О. Альчинбаева, Г. Б. Тойчибекова**

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН АЙМАҒЫНДАҒЫ ГЛАУКОНИТТІ КЕННІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ҚОЛДАНЫЛУЫН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Бүгінгі таңда ауылшаруашылық өндірісіндегі орныққан нарықтық қарым-қатынасындағы жағдайға байланысты, әр түрлі егін өсімдіктеріне қымбат минералды тыңайтқыштардың жоғары мөлшерінің орнына олардың аз ғана мөлшерімен қатар табиғи минерал глауконитті пайдалану әлдеқайда ұтымды болып келеді, себебі, глаукониттің құрамында өсімдіктердің минералды қоректенуіне қажетті бірқатар химиялық

қосылыстар және микроэлементтер кездеседі. Бұл жұмыс, ауылшаруашылықта глаукониттерді қолдану үшін глауконитті кендердің жалпы геологиялық-экологиялық сипаттамаларын анықтауға бағытталған зерттеу жұмыстарын жүргізуге бағытталған. Зерттеу барысында глаукониттердің топырақ микрофлорасына қажетті қалпына келтіруші, өнімді жоғарлатушы, зиянды заттарды сіңіретін жоғары адсорбциялық және катион-алмастырушы қасиеттері бар екендігі айқындалған. Глауконитті ауылшаруашылық астықты өсіру және өндірістік орындарының техногендік жүктеменің нәтижесінде зақымданған топырақ жүйесіне геохимиялық кедергілерді жасау үшін оларды аудан бойынша ендіріп, топырақ үшін реабилитациялық қасиеті қарастырылған.

Түйін сөздер: глауконит, микроэлементтер, техногенді жүктеме, топырақ, адсорбция, монтмориллонит, жем, мәдени өсімдік.

**С. К. Курбаниязов, Н. А. Абдимуталип,
Э. К. Ибрагимова, О. Альчинбаева, Г. Б. Тойчибекова**

Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави, Туркестан, Казахстан

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ ГЛАУКОНИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА С ДАЛЬНЕЙШИМ ИХ ПРИМЕНЕНИЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. В связи со сложившимися в сельскохозяйственном производстве рыночными отношениями, можно отказаться от использования высоких доз дорогостоящих минеральных удобрений и вносить их в меньших количествах под различные культуры совместно с природным минералом глауконитом, который характеризуется целым набором химических соединений и микроэлементов, необходимых для минерального питания растений. Данная работа направлена на выявление общей геолого-экологической характеристики глауконитовых месторождений с целью проведения научных исследований по применению глауконитов в сельском хозяйстве. В ходе исследований выявлено стимулирующее действие глауконитов на развитие полезной микрофлоры почв, определяющих их плодородие, изучены стороны глауконитов обладающих высокими адсорбционными и катионообменными свойствами, которые могут использоваться в качестве адсорбента загрязняющих веществ. С помощью площадного внесения глауконита при выращивании сельскохозяйственных культур и создания геохимических барьеров, выявлено реабилитационное свойство почвы, имеющую высокую техногенную нагрузку в результате деятельности промышленных предприятий.

Ключевые слова: глауконит, микроэлементы, техногенная нагрузка, почва, адсорбция, монтмориллонит, корм, культура.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 245 – 251

A. A. Genbach, N. O. Jamankulova

Almaty university of power engineering & telecommunications, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: dnellya@mail.ru

**DEVELOPMENT OF THE HIGH-FORCED CAPILLARY-POROUS
HEAT-REMOVING SYSTEMS**

Abstract. The capillary-porous cooling system of caissons of flowing furnaces is developed. As the main reason of accidents, is associated with the stress raisers, the problem of definition of the destructive heat fluxes is solved. The decision is given for the porous coatings and metallic materials. The heat fluxes causing destruction of material by stretching, compression and melting are defined. Time effect of action of heat fluxes is revealed. Various depth of penetration of a thermal wave in the neighborhood of stress raisers and the size of the coming-off particles of the porous coating is considered. The constructive scheme of a capillary - porous cooling system of a caisson with z-shaped plates of rigidity is submitted and installation of an evaporative and condensation capillary - porous cooling system of details (caissons) of a flowing furnace is shown.

Key words: capillary-porous structure; stress raisers; cooling system of caissons; heat flux.

УДК 536.248.2

А. А. Генбач, Н. О. Джаманкулова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОФОРСИРОВАННЫХ
КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕПЛОТВОДЯЩИХ СИСТЕМ**

Аннотация. Разработана капиллярно-пористая система охлаждения кессонов плавильных печей. Поскольку главная причина аварий, связана с концентраторами напряжений, то решается задача по определению разрушающих тепловых потоков. Решение дано для пористых покрытий и металлических материалов. Определены тепловые потоки, вызывающие разрушение материалов растяжением, сжатием и плавлением. Выявлено влияние времени действия тепловых потоков. Рассмотрена различная глубина проникновения тепловой волны в окрестностях концентраторов напряжений и размер отрывающихся частиц пористого покрытия. Представлена конструктивная схема капиллярно-пористой системы охлаждения кессона с z-образными пластинами жесткости и показана установка испарительно-конденсационной капиллярно-пористой системы охлаждения деталей (кессонов) плавильной печи.

Ключевые слова: капиллярно-пористая структура; концентраторы напряжений; система охлаждения кессонов; тепловой поток.

Концентраторы напряжений, имеющие место в высокофорсированных капиллярно-пористых системах и в самих структурах, являются источником многих аварий и несчастных случаев. Данный вопрос особенно актуален для создаваемых взрывобезопасных систем охлаждения металлургических печей, поскольку концентратор напряжения способствует прогару охлаждаемого элемента, когда происходит попадание теплоносителя в расплав агрегата. Хрупкие разрушения являются наиболее опасными, они влекут за собой полное разрушение кессона и повреждения другого оборудования, а иногда и человеческие жертвы. Такие поломки происходят внезапно.

Трещины в металле кессона могут образовываться вследствие усталости или цикловой (термической) усталости материала.

Поскольку в концентраторах напряжений, в конечном счете, сосредотачивается теплота, то представляет интерес произвести оценку удельных тепловых потоков q_i , вызывающих различные виды напряжений σ_i в элементах кессона. Следует ожидать, что удельные тепловые потоки могут достигать величин порядка (10^6 - 10^7) Вт/м² и более.

Это предположение следует из того, что выделение теплоты может происходить под одиночными паровыми пузырями. Особо опасные тепловые потоки возникают в режимах пуска и останова печи, происходят фазовые изменения теплоносителя (рабочего тела). При этом возникают взрывообразно за (10^6 - 10^7) паровые пузыри на поверхности кессона, либо происходит схлопывание пузырей в процессе концентрации пара [1]. Возникает предельное состояние поверхности нагрева и пористого покрытия, которое исследовано методом термоупругости [2]. За счет совместного действия капиллярных и массовых сил в пористых структурах создается недогрев и вынужденная скорость потока, что расширяет пределы отвода тепловых нагрузок [3-4]. Наличие избытка охладителя позволяет управлять интегральными характеристиками теплообмена [5]. На основе теории подобия, моделирования и аналогий получено критериальное уравнение для расчета отводимых удельных тепловых потоков [6]. Обобщение произведено для кипящего теплоносителя и для пенного многофазного потока, который применяется для пылеподавления и пылеулавливания микроскопической пыли [7]. Интенсификации теплообмена и пеногенерации способствуют управление внутренними (термогидравлическими) характеристиками [1, 8]. Это делает предлагаемую пористую систему охлаждения не узкоцелевой, а также эффективной при разработке условий охраны труда и окружающей среды в металлургической промышленности [9]. Расчет отводимых тепловых потоков кессоном можно произвести на основе физико-математических моделей теплопередачи [10]. Управление процессами тепломассопереноса производится за счет разделения энергии кипящего теплоносителя на энергию тепловой волны и энергию парового потока [11], применения интенсификаторов пограничного слоя [12] и изменения геометрии капилляров и пор структуры [13].

При термическом воздействии на концентратор, через некоторое время часть поверхности нагревается до определенной температуры, в других же частях элемента сохраняется начальная температура. Поэтому внутри металла и пористого покрытия возникает градиент температуры, вследствие чего металл расширяется неравномерно. Окружающие ненагретые слои оказывают сопротивление этому расширению. В результате возникают термические напряжения, как в нагретой части, так и в окружающем ненагретом массиве. Эти напряжения могут достигать разрушающих значений.

В работе [2] приведено решение задачи о термоупругих напряжениях для идеализированных процессов. Доминирующую роль в процессе разрушения играли нормальные сжимающие напряжения. Разрушение концентратора происходило в результате потери устойчивости в тонком слое, прилежащем к свободной поверхности. Поэтому рассматривалось напряженное состояние верхнего слоя, толщина которого зависит от коэффициента теплоотдачи и структуры металла и пористого покрытия.

В нагреваемом металле и покрытии бурно возрастает плотность вакансий, которые быстро объединяются в полости, так как интенсивность процесса объединения вакансий пропорциональна квадрату их плотности. Если полости вакансий могут превращаться в дислокации, то материал приобретает пластические свойства и не разрушается под действием теплоты. Таковы все металлы. Этим свойством обладают также и некоторые капиллярно-пористые структуры.

Если же в материале дислокации не образуются, то растущие полости вакансий концентрируют на своих краях напряжения и ведут к разрушению структуры в то время, когда термические напряжения еще не достигают предела пластической текучести. Происходит хрупкое термическое разрушение.

Для познания механизма процесса разрушения проведены опыты с применением методов фотоупругости и голографии [2, 11]. Оценка напряженного состояния моделей в сходственные моменты времени производилось путем фотографической регистрации картин изохром и подсчета порядка полос в различных точках исследуемых направлений.

Модели изготавливались квадратной формы из листового материала ЭД-6М толщиной $5 \cdot 10^{-3}$ м. На поверхность пластин наносилась координатная сетка, а в модели выполнялись канавки, имитировавшие пористую структуру концентратора и имеющие различные заглабления, и радиусы закругления. Нагревательные элементы представляли нихромовую фольгу с шириной полосы $5 \cdot 10^{-3}$ м и клеивались в модели клеем холодного отверждения.

Решение задачи термоупругости позволяет определить предельное состояние пористой среды и металлической парогенерирующей поверхности [2].

При термическом разрушении пористой структуры и металлической стенки требуется выяснить влияние величины удельного теплового потока, подводимого к поверхности, и времени его воздействия на создание разрушающих напряжений, размеры отрывающихся частиц от покрытия и глубину проникновения температурного возмущения (глубину захолаживания).

При возрастании величины q_1 за очень короткий промежуток времени динамические эффекты становятся весьма значительными, напряжения сжатия достигают больших значений, часто в несколько раз превышающих предел прочности материала на сжатие. Поэтому необходимо учесть эти напряжения в механизме термического разрушения материала. Требуется выяснить, какой вид напряжений достигает раньше своих предельных значений. Рассмотрим пластину толщиной $2h$. К поверхности $z=+h$, начиная с момента времени $t=0$, подводится постоянный удельный тепловой поток. Нижняя поверхность $z=-h$ и боковые края пластины – теплоизолированы.

Для пластин, выполненных из пористых материалов, меди и нержавеющей стали функциональные зависимости q_1 q_2 q_3 рассчитывались на ПК. Термомеханические характеристики структур и металлов представлены в [2]. Результаты расчетов показаны на рисунке 1.2.

В случае пористой гранитной пластины (покрытия) тепловые потоки подсчитаны для широкого интервала времени – (10^{-4} - 10^4) с. Нижний предел этого интервала (10^{-4} с) – время релаксации. Для интервала времени 10^{-4} - 10^{-3} с соотношения для величин q_1 , q_2 и q_3 описывают микропроцессы динамики процессов паровых пузырей. Поскольку терморазрушение это макропроцесс, принимаем его протекающим за время $5 \cdot 10^{-3}$ - 10^4 с.

Участки кривых сжатия, определяющие глубину проникновения металла или размер отрывающихся частиц покрытия $\delta > 0,3 \cdot 10^{-2}$ м и для больших величин q и малых t , экранируются кривой плавления II, а случае малых тепловых потоков и значительных интервалов времени – кривой растяжения I. Кривая плавления пористой поверхности с пористостью $\varepsilon=5\%$ проходит значительно выше, чем у поверхности с $\varepsilon=30\%$, что объясняет ее устойчивое хрупкое терморазрушение.

Для металлов кристаллы разрушаются при напряжениях до $10^{-5} \cdot E$, где E – модуль Юнга. Процесс состоит из стадий зарождения трещин и их развития. В результате термического воздействия возникают микротрещины в области концентраторов напряжений (включений, неоднородностей). Высокие внутренние напряжения также могут появляться вследствие неоднородного протекания пластической деформации, после чего наступает хрупкое разрушение, аналогичное пористому материалу. Пластическая деформация при этом рассматривается как первопричина разрушения, хотя она может задерживать рост трещин.

В основе разрушения, с одной стороны лежат разрывы межатомных связей, обусловленные тепловыми флуктуациями, а с другой – разрушение есть кинетический термоактивационный процесс, когда происходит перемещение вакансий к трещинам, рост которых определяет кинетику разрушения. В окрестности острия концентратора возникает высокая интенсивность напряжений и наступает пластическое течение материала или распространение хрупкой трещины. Устанавливается предельное равновесие хрупких тел с трещинами.

Таким образом, механизм разрушения металлов принципиально отличается от механизма разрушения пористых материалов. Ряд термомеханических свойств также различен. Несмотря на это, на основе решения уравнения нестационарной теплопроводности при граничных условиях второго рода проведена аналогия в поведении материалов в предельном состоянии. Выявлены зависимости тепловых потоков от времени их действия и глубины проникновения температурных возмущений либо от размера отрывающихся частиц покрытия, что позволяет предсказывать и предотвращать возникновение таких состояний для металлической парогенерирующей поверхности и подбирать оптимальные тепловые нагрузки для пористых материалов из естественных минеральных сред (горных пород).

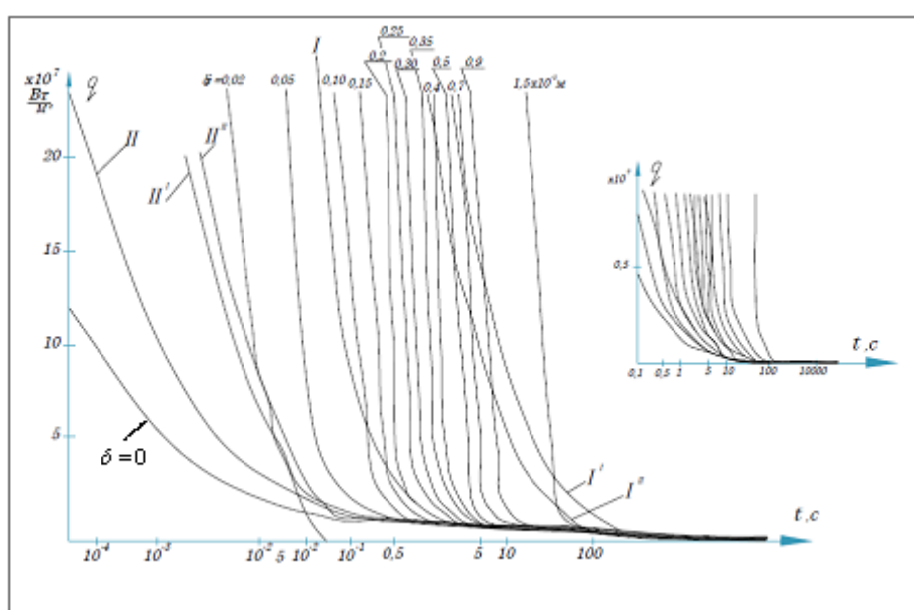


Рисунок 1 – Зависимость тепловых потоков q , вызывающих напряжения сжатия в области концентраторов напряжений пористого гранитного покрытия в зависимости от времени действия для различной глубины проникновения тепловой волны δ или толщины отрывающихся частиц:

I – напряжения растяжения, достаточные для разрушения (I', I'' – медь и нержавеющая сталь, $h = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м),
 II – оплавление поверхности (II', II'' – медь и нержавеющая сталь, $h = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м), h – толщина стенки

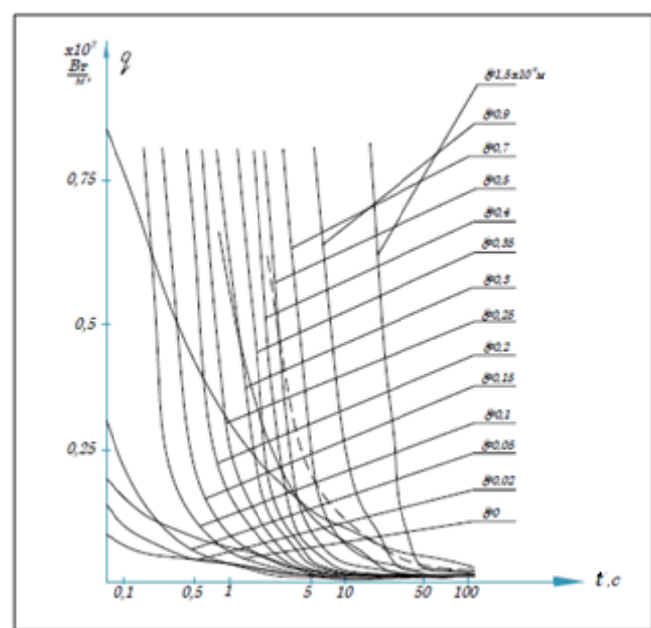


Рисунок 2 – Зависимость $q = f(t)$, представленная на рисунке 1 в диапазоне $q = (0,25 - 0,75) \cdot 10^7$ Вт/м²

Нами разработана конструктивная схема капиллярно-пористой системы охлаждения кессона с пластинами жесткости (рисунок 3).

Конструктивное исполнение кессонов представляет коробчатую форму. Они состоят из корпуса 1 и съемной крышки 2, герметично скрепляемые по периметру болтами 3. Внутренняя поверхность стенки 4 покрыта капиллярно-пористой структурой 5, прижатой перфорированными пластинами 6. Артерии 7 соединены с верхними концами структуры, через торец которой к охлаждаемой поверхности подается жидкость массовыми и капиллярными силами. Нижние концы структуры обычно свободны и погружены в корытца 8, где скапливается жидкость за счет утечек,

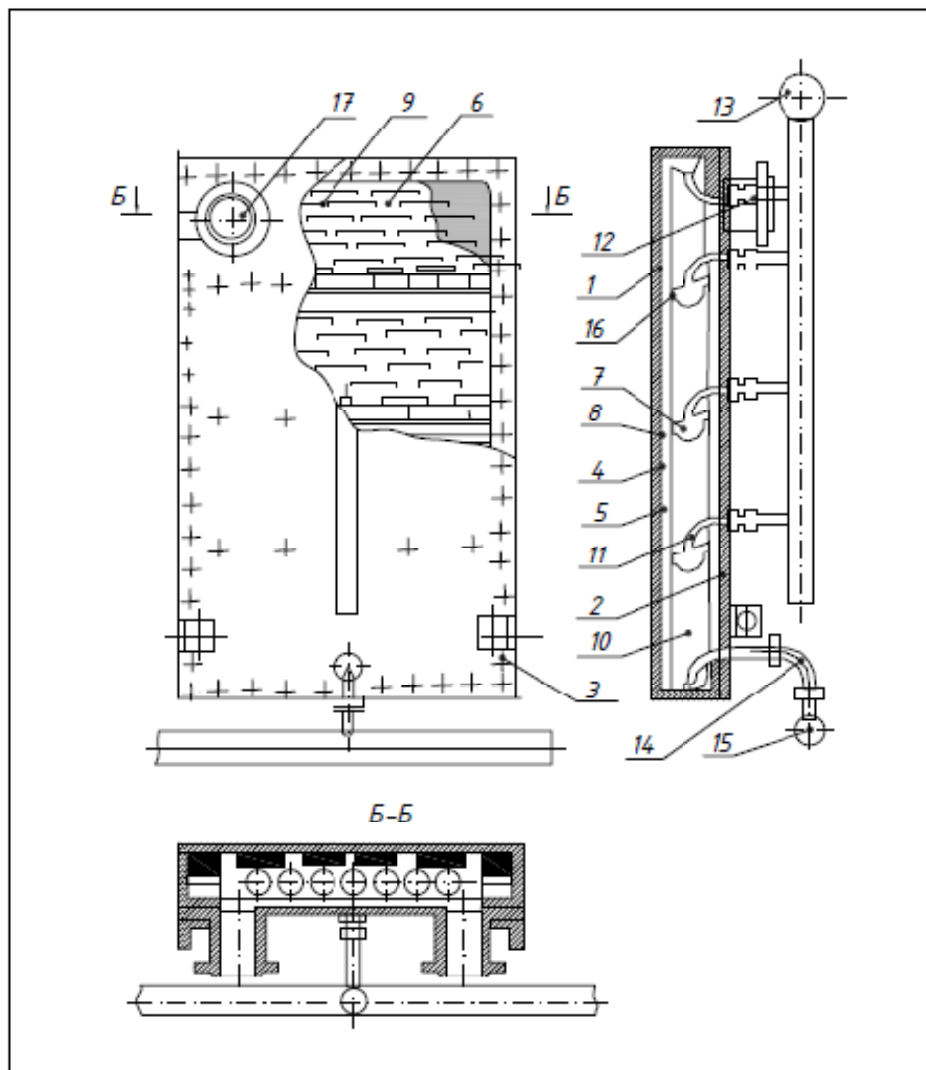


Рисунок 3 – Схема охлаждения кессона капиллярно-пористой системы охлаждения кессона с пластинами жесткости:
 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – болт; 4 – стенка; 5 – капиллярно-пористая структура; 6 – пластина; 7 – артерия; 8 – корытце;
 9 – отверстие; 10 – канал; 11,17 – патрубок; 12 – труба; 13,15 – коллектор; 14 – сифон; 16 – пластины жесткости

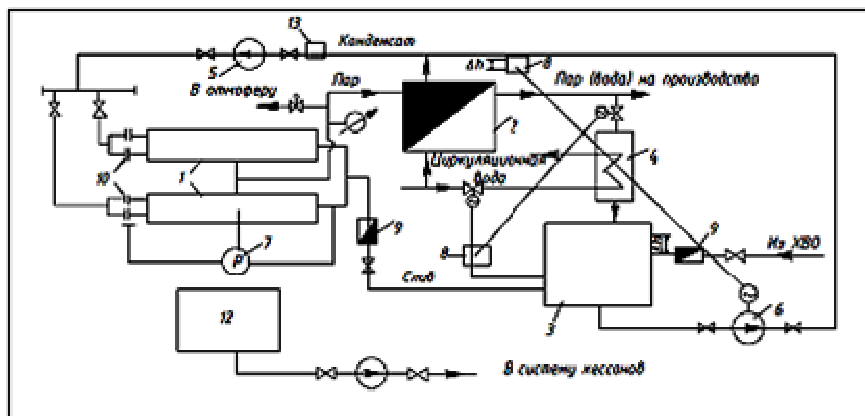


Рисунок 4 – Установка испарительно-конденсационной капиллярно-пористой системы охлаждения деталей (кессонов) плавильной печи: 1 – охлаждаемая деталь; 2 – паро-паровой теплообменник; 3 – бак питания; 4 – конденсатор линии подпитки; 5 – конденсатный насос; 6 – насос подпитки; 7 – контактный манометр; 8 – регулятор уровня; 9 – обратный клапан; 10 – регулирующий вентиль; 11 – манометр; 12 – аварийно-ремонтный бак; 13 – охладитель конденсата

каплеуноса или избытка. На поверхности пластин выштампованы углубления с отверстиями 9, которые обеспечивают выход пара из структуры в канал 10, а также служат уловителями выбрасываемых из структуры капель и стекающей избыточной жидкости по внешней поверхности пластины. Артерия соединена с патрубком 11, с разводящими трубами 12 и коллектором 13. Избыток охлаждающей жидкости скапливается в нижней части кессона и сифоном 14 удаляется в нижний коллектор 15 и далее в накопитель для возврата в систему. С целью облегчения конструкции и сохранения достаточной жесткости кессона снабжаются распорками 16, выполненными в виде Z-образных перфорированных пластин или ребрами жесткости. Ребра могут располагаться снаружи или внутри корпуса и крышки кессона. На крышке, в верхней ее части, приварены патрубки 17 с фланцами для соединения с паропроводом. Структура может быть вытянутой в вертикальном или горизонтальном направлении, верхний или нижний концы которой (либо оба) соединены с артерией. Перфорированные пластины изготавливаются по форме и размерам в соответствии со структурой. Выштампованные перфорированные углубления в них могут иметь форму усеченного конуса, либо продольных пазов с отверстиями, обращенных кверху.

На рисунке 4 показана установка капиллярно-пористой системы охлаждения деталей (кессонов) плавильной печи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Поляев В.М., Генбач А.А. Скорость роста паровых пузырей в пористых структурах // Известия вузов. Машиностроение. – 1990. – № 10. – С. 56-61.
- [2] Поляев В.М., Генбач А.Н., Генбач А.А. Предельное состояние поверхности при термическом воздействии // ТВТ. – 1991. – Т. 29, № 5. – С. 923-934.
- [3] Polyayev V., Genbach A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System // Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – 1991. – Dubrovnik, Yugoslavia, 23-28 June. – P. 639-644.
- [4] Поляев В.М., Генбач А.А. Области применения пористой системы. // Известия вузов. Энергетика. – 1991. – № 12. – С. 97-101.
- [5] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт. – 1992. – Т. 38, № 6. – С. 105-110.
- [6] Поляев В.М., Генбач А.А. Теплообмен в пористой системе, работающей при совместном действии капиллярных и гравитационных сил // Теплоэнергетика. – 1993. – № 7. – С. 55-58.
- [7] Генбач А.А., Кульбакина Н.В. Пылеподавление и пылеулавливание с помощью циркуляционного пеногенератора с пористой структурой // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 62-65.
- [8] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление внутренними характеристиками кипения в пористой системе // Криогенная техника и кондиционирование: Сб. трудов МГТУ. – 1991. – С. 224-237.
- [9] Поляев В.М., Генбач А.А. Применение пористой системы в энергетических установках // Промышленная теплоэнергетика. – 1992. – № 1. – С. 40-43.
- [10] Поляев В.М., Генбач А.А. Расчет тепловых потоков в пористой системе охлаждения // Известия вузов. Авиационная техника. – 1992. – № 2. – С. 71-74.
- [11] Polyayev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. Methods of Monitoring Energy Process // Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics, avenue of the Americas. – New York, 1995. – Vol. 10, april. – P. 273-286.
- [12] Генбач А.А., Гнатченко Ю.А. Системы охлаждения теплонагруженного элемента детонационного горелочного устройства – Камеры сгорания, диффузора, конфузора // Вестник Каз НТУ. – Алматы, 2007. – № 4(61) июль. – С. 87-91.
- [13] Генбач А.А., Пионтковский М.С. Пористый пылегазоуловитель с управляемой геометрией микроканалов // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 59-61.

REFERENCES

- [1] Polyayev V.M., Genbach A.A. Skorost' rosta parovyh puzyrej v poristyh strukturah // *Izvestija vuzov. Mashinostroenie*. 1990, N 10, P. 56-61 (in Russ.).
- [2] Polyayev V. M., Genbach A.N., Genbach A.A. Predel'noe sostojanie poverhnosti pri termicheskom vozdejstvii // *Teplofizika vysokikh temperatur (TVT)*. 1991, Vol. 29, N 5, P. 923-934 (in Russ.).
- [3] Polyayev V.M., Genbach A.A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System, *Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics*. 1991, Dubrovnik, Yugoslavia, 23-28 June, P. 639-644 (in Eng.).
- [4] Polyayev V.M., Genbach A.A. Oblasti primenenija poristoj sistemy. // *Izvestija vuzov. Energetika*. 1991, N 12, P. 97-101 (in Russ.).
- [5] Polyayev V.M., Genbach A.A. Upravlenie teploobmenom v poristyh strukturah // *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Energetika i transport*. 1992, Vol. 38, N 6, P. 105-110 (in Russ.).
- [6] Polyayev V.M., Genbach A.A. Teploobmen v poristoj sisteme, rabotajuschej pri sovmestnom dejstvii kapilljarnyh i gravitacionnyh sil // *Teploenergetika*. 1993, N 7, P. 55-58 (in Russ.).

- [7] Genbach A.A., Kulbakina N.V. Pylepodavlenie i pyleulavlivanie s pomosh'ju cirkuljacionnogo penogeneratora s poristoj strukturoj // Energetika i toplivnye resursy Kazakhstana. **2010**, N 4, P. 62-65 (in Russ.).
- [8] Polyayev V.M., Genbach A.A. Upravlenie vnutrennimi harakteristikami kipenija v poristoj sisteme // *Kriogennaja tehnika i kondicionirovanie: Sbornik trudov MGTU*. Moscow, **1991**, P. 224-237 (in Russ.).
- [9] Polyayev V.M., Genbach A.A. Primenenie poristoj sistemy v energeticheskix ustanovkax // *Promyshlennaja teploenergetika*. **1992**, N 1, P. 40-43 (in Russ.).
- [10] Polyayev V.M., Genbach A.A. Raschet teplovyh potokov v poristoj sisteme ohlazhdenija // *Izvestija vuzov. Aviacionnaja tehnika*. **1992**, N 2, P. 71-74 (in Russ.).
- [11] Polyayev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. Methods of Monitoring Energy Process // *Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics, avenue of the Americas*. New York, **1995**. Vol. 10, april. P. 273-286 (in Eng.).
- [12] Genbach. A.A., Gnatchenko. Y.A. Sistemy ohlazhdenija teplonagruzhennogo elementa detonacionnogo gorelochnogo ustrojstva – Kamery sgoranija, diffuzora, konfuzora // *Vestnik Kaz NTU*. Almaty, **2007**, N 4(61), July, P. 87-91 (in Russ.).
- [13] Genbach A.A., Piontkovskiy M.S. Poristyj pylegazoulovitel' s upravljaemoj geometriej mikrokanalov // *Energetika i toplivnye resursy Kazakhstana*. **2010**. N 4. P. 59-61 (in Russ.).

А. А. Генбач, Н. О. Джаманкулова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

ЖОҒАРЫ ӨНІМДІ КАПИЛЛЯРЛЫҚ-КЕУЕКТІ ЖЫЛУ ШЫҒАРАТЫН ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУ

Аннотация. Балқыту пештерінің кессондарын салқындатудың капиллярлы кеуекті жүйесі құрастырылған. Апаттардың басты себебі кернеулерді шоғырлатқыш болғандықтан қиратушы жылу ағынын анықтау бойынша сұрақтар қарастылады. Шешім кеуекті қаптамалар мен металлдық материалдарға арналып берілген. Созылу, сығу және балқу әсерінен материалдың бұзылуын туындататын анықталған. Жылу ағындарының әсер ету уақыты айқындалды. Кернеулерді шоғырлағыштың маңайында жылу ағындарының әртүрлі ену тереңдігі мен кеуекті қаптың ыдырау бөлшектерінің өлшемдері қарастырылған. z-пішінді қатандық пластиналары бар кессонды салқындатудың капиллярлы кеуекті жүйесінің конструкторлық сұлбасы ұсынылған және балқыту пешінің бөлшектерін (кессондарын) капиллярлы кеуекті салқындату жүйесінің буландыру конденсациялық қондырғысы көрсетілген.

Түйін сөздер: капиллярлы кеуекті жүйесі; кессондарды салқындату жүйесі; кернеулер шоғырлатқыш; жылу ағыны.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 252 – 256

T. K. Salikhov

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

E-mail: salikhov_tk@enu.kz

**THE CURRENT STATE OF SOIL FERTILITY GEOECOSYSTEMS
THE WEST KAZAKHSTAN**

Abstract. As a result of researches the morphological characteristics and soil fertility indicators geosystems: the volume and density of solids, bulk density, soil moisture, mechanical and microaggregational composition, the smallest and the total moisture content, moisture stable wilting plant available moisture, water supplies and soil air, structure arable layer and the structural composition of soil, humus content of soil available elements, battery reserves absorbed by the base, the content of ions in the aqueous extract.

Keywords: geoecosystem, meadows dark kastanozems soil, fertility and soil properties, density, humidity and composition of soil, humus content and reserves of nutrients, the content of absorbed bases and ions in the aqueous extract.

ӘОЖ 910.3:631.4 (574)

Т. Қ. Салихов

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

**БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ГЕОЭКОЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ
ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫНЫҢ
ҚАЗІРГІ КЕЗДЕГІ ЖАҒДАЙЫ**

Аннотация. Зерттеу нәтижесінде геоэкожүйелерде топырақ жамылғысының морфологиялық белгілері және оның құнарлылығының көрсеткіштері анықталды: қатты фазасының көлемі мен тығыздығы, топырақтың көлемдік салмағы, топырақтың ылғалдылығы, механикалық және микроагрегаттық құрамы, төменгі және толық су сыйымдылығы, өсімдіктердің тұрақты солу ылғалдылығы, тиімді ылғалдылығы, топырақтағы су және ауа қоры, өңделетін қабатының құрылысы және топырақтың құрылымдық құрамы, қарашірік мөлшері, топырақтағы тиімді элементтері, оның қорек қоры, жұту сыйымдылығы, су сүзіндісіндегі сіңірілген иондардың мөлшері.

Түйін сөздер: геоэкожүйе, шалғындық күнгірт кара қоңыр топырақ, топырақтың құнарлылығымен қасиеттері, топырақтың тығыздығы, ылғалдығы және құрамы, топырақтың қарашірік мөлшерімен қорек қоры, жұту сыйымдылығы және су сүзіндісіндегі сіңірілген иондар мөлшері.

Геоэкожүйенің негізгі мәселесінің бірі – топырақ құнарлылығын сақтау және оны көтеру. Әртүрлі себептермен топырақтың бұзылуы және оның құнарлылығының төмендеуі бүкіл әлемге алаңдаушылық тудыруда. Жыл сайын әлемдегі 7-10 млн. га егістік, орман алқаптарындағы жерлердің 15-20% адамдар іс-әрекетінің нәтижесінде бұзылады [1, 2].

Қазақстанның барлық егістік жерлерінің қарашірік құрамы азайған. Қарашіріктің төмендеу себебі, негізінен, топырақты қарқынды түрде өңдеуден, минерализациялаудан, өсімдік қалдықтары мен тыңайтқыштардың егістікке жеткілікті мөлшерде енгізілмеуінен. Соның себебінен, топырақ қорларының көпшілігі әр-түрлі дәрежеде тозған. Қазіргі кезде егістіктегі топырақтың басым бөлігі

құнарлылығын жоғалтқан, топырақ құрамындағы қарашірік мөлшері орта есеппен 25-30%-ға дейін кеміп, оның құрамы едәуір өзгерген, оның жыл сайын жоғалу деңгейі 0,6-1,2 т/га құрайды [3, 4].

Батыс Қазақстан облысында да жоғарыда айтылған мәселе маңызды болып саналады. Сондықтан, Батыс Қазақстан облысында орналасқан Шыңғырлау өзен аңғарларында шалғынды топырақтардың жағдайын білу қызығушылық тудырып отыр.

Зерттеудің мақсаты – Батыс Қазақстан облысы Лубен ауылында орналасқан қазіргі кездегі Шыңғырлау өзен аңғарларында топырақ жамылғысының құнарлылық көрсеткіштерін, су, ауа және коректік жүргілерінің жай-күйін зерттеу.

Тәжірибедегі келесі көрсеткіштер анықталды (сурет): топырақтың морфологиялық белгілері; топырақтың ылғалдылығы; қатты фазаның көлемі мен тығыздығы; топырақтың көлемдік салмағы мен қуыстылығы; су-физикалық константтары; топырақтағы су және ауа қоры; топырақтың механикалық және микроагрегаттық құрамы; жұту сыйымдылығы мен сіңірілген иондардың мөлшері; қарашірік мөлшері Тюрин; жалпы азот Кьелдаль; жылжымалы фосфор Мачигин; жылжымалы калий Протасов әдістері бойынша зерттелді [5-7].



Зерттейтін территорияда топырақ кескінің жасау және топырақ үлгілерін алу

Зерттеу нәтижелері және оны талдау. Біздің егістік тәжірибе деректерінен алынған морфологиялық белгілер төмендегідей болды:

- $A_{\text{жырт}}$ 0-28 Қара-қоңыр, кесекті-түйіршікті, орташа саздақты (орташа құмбалшық), қопсыған, 28 ылғалды, келесі қабатқа өту шекарасы жақсы байқалады, физикалық саздың (балшықтың) мөлшері 43,6%, өсімдік тамырлары көп кездеседі, тығыздығы 1,15 г/см³, жалпы қуыстылығы (кеуектілігі) 55,1%, қарашірік мөлшері 4,6%, 100 г топырақта азоттың, фосфордың, калийдің тиімді мөлшері сәйкесінше 5,8; 1,4 және 86,0 мг, ең төменгі су сыйымдылығы 895 м³/га, өсімдіктердің тұрақты солу ылғалдылығы 374 м³/га, суару мөлшері 261 м³/га.
- B_1 28-51 Сұрғылт-қоңыр, орташа саздақты, ылғалданған, ірі кесекті, ұсақ қуысты, тығыздалған, келесі қабатқа біртіндеп көшеді. 23
- B_2 51-70 Сұрғылт-қоңыр, кесекті-призмалы, ылғалданған, тығыз, ауыр саздақты, қарашірік дақтар түрінде кездеседі, қабаттың төменгі бөлігінде карбонаттар тұз қышқылынан (HCl) қайнайды. 20
- B_k 70-100 Қоңырқай сарғыш, аздап дымқылданған, тығыз, призмалы-жаңғақты, карбонаттар ақ көз түрінде кездеседі, ауыр саздақты, келесі қабатқа біртіндеп көшеді. 30
- C 100-150 Сарғыш, ұсақ призмалы, аздап дымқылданған, гипс кристалдарымен әк кездеседі, тығыз, ауыр саздақты. 50

Геоэкожүйедегі топырақты объективті бағалау үшін пайыздық қарашірік мөлшерін әрбір генетикалық қабатындағы оның қорын т/га айналдыру қажет (1-кесте).

1-кесте – Батыс Қазақстан геоэкожүйелеріндегі шалғынды күңгірт кара қоңыр топырақ жамылғысының құнарлылығының биологиялық және химиялық көрсеткіштері

Генетикалық қабат	Қуаттылығы, см	Қарашірік		Азот		Фосфор		Калий	
		%	т/га	мг/100г	кг/га	мг/100г	кг/га	мг/100г	кг/га
A _{жырт}	0-28	4,6	148,12	5,8	186,76	1,4	45,08	86,0	2769,2
B ₁	28-51	3,4	104,79	3,7	114,03	0,9	27,74	55,0	1695,1
B ₂	51-70	1,9	49,82	2,1	55,06	0,4	10,49	31,0	812,8
B _к	70-100	0,8	35,04	0,7	30,66	белгісі бар	–	13,0	569,4
C	100-150	0,2	14,50	0,1	7,5	–	–	3,0	217,5
A+B	0-70	3,5	302,73	4,1	355,82	1,0	83,31	60,9	5277,0
A+B+C	0-150	1,8	352,27	2,6	393,76	0,6	83,31	40,4	6064,0

Топырақтың 0-28 см жыртынды қабаттағы қарашірік қорының мөлшері 148,12 т/га, ал өсімдіктердің белсенді өсуі 0-70 см топырақ қабатында - 302,73 т/га жетті және өсімдіктердің қоректенуіне қажет макроэлементтер қоры сол топырақ қабатында: азот 355,82 кг/га, фосфор 83,31 кг/га және калий 5277 кг/га болды, ал жалпы топырақ кескіні бойынша калий қоры басқа элементтерден көбірек болып, 0-150 см топырақ қабатында 6064 кг/га жетті, мұнда ең аз элемент - фосфор, оның топырақтағы мөлшері 83,31 кг/га болғаны анықталды.

Ауылшаруашылық дақылдарын суару мөлшерін, тиімді ылғалдылығын, су және ауа қорын анықтау үшін топырақ жамылғысының құнарлылығының физикалық қасиеттерінің көрсеткіштеріне байланысты есептеуге болады (2-кесте).

Топырақтың 0-70 см тереңдікте топырақ тығыздығы 1,27 г/м³, сонымен бірге, топырақ қуыстылығы да төмендеп, сол қабатта 51,2%, ал жалпы 0-150 см топырақ қабаты бойынша топырақ тығыздығы 1,37 г/м³.

2-кесте – Батыс Қазақстан геоэкожүйелеріндегі шалғынды күңгірт кара қоңыр топырақ жамылғысының құнарлылығының физикалық көрсеткіштері

Топырақ қабаты, см	Тығыздық, г/м ³		Жалпы қуыстылығы, %	Су-физикалық константтар, м ³ /га				Ауа қоры, м ³ /га		Суару мөлшері, м ³ /га
	топырақтың	қатты фазаның		өсімдіктердің тұрақты солу ылғалдылығы	өсімдіктердің солу ылғалдылығы	ең төменгі су сыйымдылығы	толық су сыйымдылығы	ең төменгі су сыйымдылығы	өсімдіктердің солу ылғалдылығы	
A _{жырт}	1,15	2,56	55,1	374	634	895	1543	648	909	261
B ₁	1,34	2,61	48,7	342	493	644	1120	476	627	151
B ₂	1,38	2,65	47,9	273	393	514	910	396	517	121
B _к	1,46	2,68	45,5	429	608	788	1365	577	757	180
C	1,45	2,70	46,3	732	1022	1312	2315	1003	1293	290
A+B	1,27	2,60	51,2	989	1520	2053	3573	1520	2053	533
A+B+C	1,37	2,65	48,3	2150	3150	4153	7253	3100	4103	1003

Тиімді ылғал қорына байланысты вегетациялық суару мөлшері есептелді, бұл топырақта, жыртынды қабат үшін суару мөлшері 261 м³/га, ал 0-70 см өсімдіктің белсенді өсу қабатында 533 м³/га мөлшерінде болғаны есептелді.

Шалғынды күңгірт кара қоңыр топырақ орташасаздақты, топырақтың 70-100 см қабатында топырақ тығыздығы 1,46 г/см³, сонымен бірге, топырақтың жалпы қуыстылығы да төмендеп, сол қабатта 45,5% жетті, ал жалпы 0-150 см қабатында топырақ тығыздығы 1,37 г/см³, жалпы

куыстылығы 48,3% болды. Оның нәтижесінде топырақта толық сыйымдылығы 7253 м³/га болды, оның құрамында өсімдіктерге тиімді ылғал мөлшері 2003 м³/га және тиімсіз ылғал мөлшері 2150 м³/га болғаны есептелді. Топырақ тығыздығы тереңдеген сайын арта түседі.

Алынған деректерді геоэкожүйедегі топырақтағы ауылшаруашылық дақылдардың әртүрлі даму фазасына қажет су, ауа, қоректік заттар мөлшерін ескере отырып, шалғынды күңгірт қара қоңыр топырақтан болжанған өнім алуға есептеу үшін қолдануға болады.

Далалық жағдайда топырақтың морфологиялық белгілері арқылы шалғынды күңгірт қара қоңыр топырақтың үлгілерінің механикалық (түйіршік) және микроагрегаттық құрамын талдаудың арқасында оның түрін анықтауға болады. Бұл топырақтың А+В₁ қарашірік қабаты бойынша қуатты, ал жыртынды қабаттың механикалық құрамы бойынша орташасаздақты (3-кесте).

3-кесте – Батыс Қазақстан геоэкожүйелеріндегі шалғынды күңгірт қара қоңыр топырақ жамылғысының механикалық (алымы) және микроагрегаттық (бөлімі) құрамы

Топырақ қабаты, См	Орташа үлгі ылғалдығы, %	НСІ өңдеген-де шығын, %	Фракциялар бөлімі, %; бөлшек көлемі, мм									Дисперстік фактор
			1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001 төмен	0,01 төмен	0,01 жоғары		
А _{жырт}	<u>5,1</u> 5,1	<u>1,4</u> –	<u>0,4</u> 15,6	<u>16,8</u> 33,1	<u>39,2</u> 40,9	<u>7,5</u> 5,7	<u>13,5</u> 3,4	<u>22,6</u> 2,3	<u>43,6</u> 10,4	<u>56,4</u> 89,6	10,2	
В ₁	<u>5,2</u> 5,2	<u>2,1</u> –	<u>0,9</u> 10,0	19,1 33,1	<u>37,1</u> 44,4	<u>6,6</u> 5,8	<u>12,2</u> 3,5	<u>24,1</u> 3,2	<u>42,9</u> 12,5	<u>57,1</u> 87,5	13,3	
В ₂	<u>4,9</u> 4,9	<u>2,5</u> –	<u>1,2</u> 4,5	<u>19,8</u> 40,4	<u>31,5</u> 40,1	<u>8,0</u> 9,0	<u>12,1</u> 2,2	<u>27,4</u> 3,8	<u>47,5</u> 15,0	<u>52,5</u> 85,0	13,9	
В _к	<u>4,5</u> 4,5	<u>3,6</u> –	<u>1,5</u> 16,5	<u>19,9</u> 34,0	<u>28,8</u> 35,6	<u>8,3</u> 7,0	<u>12,0</u> 2,5	<u>29,5</u> 4,4	<u>49,8</u> 13,9	<u>50,2</u> 86,1	14,9	
С	<u>4,3</u> 4,3	<u>6,3</u> –	<u>1,1</u> 15,3	<u>17,6</u> 36,5	<u>29,9</u> 33,4	<u>9,4</u> 5,2	<u>11,6</u> 5,0	<u>30,4</u> 4,6	<u>51,4</u> 14,8	<u>48,6</u> 85,2	15,1	

Талдау нәтижесі бойынша шалғынды күңгірт қара қоңыр топырақ тұнба-шанды орташасаздақ болып, оның жыртынды қабаты құрамында физикалық саз 43,6% жетті, соның ішінде оның көп бөлшегін 22,6% тұнба алып жатыр, ал физикалық құм құрамындағы шаңның ірі көп бөлшектері алып жатыр. Аналық жыныс қабатында физикалық саз мөлшері 51,4% жетіп, ауыр саздақты тұнба-шанды болғаны анықталды.

Топырақтың микроагрегаттық құрылымындағы тұнба фракцияның ұсақ және орташа шандары көлемі 0,25–0,01 мм бөлшектерге кілегейленген, ал механикалық және микроагрегаттық құрылымдарын дисперстік факторы бойынша есептеулер топырақ түйіртпектілігін, суға беріктігін, және шалғынды күңгірт қара қоңыр топырақтың тағы басқа да құнарлылық көрсеткіштерін жақсартқанын көрсетеді.

Сондықтан да, агрометеорологиялық жағдайды ескере отырып, Батыс Қазақстан геоэкожүйелеріндегі шалғынды күңгірт қара қоңыр топырақ жамылғысының құнарлылығының көрсеткіштері арқылы су, ауа және қорек жүргілерін тиімді пайдаланып ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыруға болады.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кененбаев С.Б., Иорганский А.И. Основные итоги НИР по проблеме воспроизводства плодородия неполивных темно-каштановых почв Казахстана // Сб. докладов междунар. научн.-практ. конф. «Перспективные направления стабилизации и развития агропромышленного комплекса Казахстана в современных условиях», посвящ. 90-летию со дня образования Уральской с.-х. станции и 100-летию со дня рождения Н. И. Башмакова. – Уралск, 2004. С. 184-187.

[2] Сапаров А.С., Рамазанова Р.Х. Пути повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и плодородия почв в условиях рынка // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2002. – № 8. – С. 27-29.

[3] Браун Э.Э., Чекалин С.Г., Лиманская В.Б., Жакселикова Г.К. Выводное поле многолетних трав, как основной фактор повышения плодородия земель. // Сб. докладов междунар. научн.-практ. конф. «Экономическое, социальное и культурное развитие Западного Казахстана: история и современность», посвящ. 180-летию Оружейной палаты Букеевского ханства. – Уралск: ЗКАТУ им. Жангир хана, 2008. – С. 287-288.

[4] Фартушина М.М., Дарбаева Т.Е. К вопросу изменения физических, физико-химических и химических свойств почв при орошении // Сб. докладов междунар. научн.-практ. конф. «Перспективные направления стабилизации и развития

агропромышленного комплекса Казахстана в современных условиях», посвящ. 90-летию со дня образования Уральской с.-х. станции и 100-летию со дня рождения Н. И. Башмакова. – Уральск, 2004. – С. 89-92.

[5] Елешев Р.Е., Елемесов Ж.Е., Мухаметкаримов Қ.М. Топырақтану практикумы. – Алматы: ҚазҰАУ, 2006. – 156 б.

[6] Сулейменова Н.Ш., Әуезов Ә.Ә., Оразымбетова Қ.Н. Егіншілік практикумы. – Алматы, 2006. – 227 б.

[7] Салихов Т.К. Практикум по почвоведению. – Астана: ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2009. – 172 с.

REFERENCES

[1] Kenenbayev S.B., Iorganskiy A.I. The main results of research on the issue of reproductive fertility rainfed dark chestnut soils of Kazakhstan // Proceedings of the international scientific-practical conference "Perspective trends of stabilization and development of the agro-industrial complex of Kazakhstan in modern conditions", is dedicated. 90th anniversary of the founding of the agricultural Uralsk station and the 100th anniversary of the birth of N. I. Bashmakova. Uralsk, 2004. P. 184-187.

[2] Saparov A.S., Ramazanova A.H. Ways to increase crop productivity and soil fertility in the marketplace // Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan. 2002. N 8. P. 27-29.

[3] Brown E.E., Chekalin S.G., Limanskaya V.B., Zhakselikova G.K., Excretory field of perennial grasses as the main factor in increasing the fertility of the land // Proceedings of the international scientific-practical conference "Economic, social and cultural development of Western Kazakhstan: History and Modernity", dedicated. 180th anniversary of the Armory Bukeyev Khanate. Uralsk WKATU named Zhangir khan, 2008. P. 287-288.

[4] Fartushina M.M., Darbaeva T.E. On the question of changes in the physical, chemical and physico-chemical properties of soil under irrigation // Proceedings of the international scientific-practical conference "Perspective trends of stabilization and development of the agro-industrial complex of Kazakhstan in modern conditions", is dedicated. 90th anniversary of the founding of the agricultural Uralsk station and the 100th anniversary of the birth of N. I. Bashmakova. Uralsk, 2004. P. 89-92.

[5] Yeleshev R.E., Yelemesov Zh.E., Muhametkarimov K.M. Workshop on soil science. Almaty: Kazakh National Agrarian University, 2006. 156 p.

[6] Suleimenov N.Sh., Auevov A.A., Orazymbetova K.N. Workshop on agriculture. Almaty, 2006. 227 p.

[7] Salikhov T.K. Workshop on soil science. Astana: L. N. Gumilyov ENU, 2009. 172 p.

Т. К. Салихов

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

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГЕОЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. В результате исследований определены морфологические признаки и показатели плодородия почвенного покрова геоэкосистем: объем и плотность твердой фазы, объемная масса, влажность почвы, механический и микроагрегатный состав, наименьшая и полная влагоемкость, влажность устойчивого завядания растений, продуктивная влага, запасы воды и почвенного воздуха, строение пахотного слоя и структурный состав почв, содержание гумуса, доступные элементы почвы, запасы элементов питания, поглощенные основания, содержание ионов в водной вытяжке.

Ключевые слова: геоэкосистема, лугово-темно-каштановая почва, плодородие и свойства почвы, плотность, влажность и состав почвы, содержание гумуса и запасы элементов питания, содержание поглощенных оснований и ионов в водной вытяжке.

Сведения об авторе:

Салихов Талгат Кумарович – кандидат сельскохозяйственных наук, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, и.о. ассоциированного профессора (и.о. доцент) кафедры физической и экономической географии, salikhov_tk@enu.kz; tuatai_76@mail.ru

МАЗМҰНЫ

Аймақтық геология

<i>Жолтаев Г.Ж., Налибаев М.И.</i> Солтүстік Торғай девон рифтері – жаңа мұнай газ кен орындарын іздеу үшін жоғары перспективті нысан болып табылады.....	5
<i>Скринник Л.И., Иванова Н.И., Коваленко Н.Е.</i> Оңтүстік-Шығыс Қазақстандағы көмір кен шөгінділерінің Қытаймен шекарасы.....	12

Минерогения, болжамдар, перспективалар

<i>Умарбекова З.Т., Дюсембаева К.Ш., Кубашева К.Т.</i> Бақыршық кен орны және қара тақтатас қабаты кенорнының қалыптастыру бойынша түрлері.....	23
---	----

Минералогия

<i>Құдайбергенова Н.Қ., Стецюра М.М., Фазылова О.С., Семашко В.А.</i> Қазақстан кен орындарындағы мыс құрамды минерал куприт.....	31
<i>Байсалова А.О., Долгополова А.В., Seltmann R., Степанов А.В., Бекенова Г.К.</i> Жоғарғы Еспе кенорны гагариниттің химиялық құрамының вариациясы, минерал түзілуі мен метасоматиттік бағанада орналасу көрсеткіші...	37

Мұнай және газ

<i>Фазылов Е.М., Шабалина Л.В., Приходько Д.Е., Мусина Э.С.</i> Жұқа түйіршікті терригенді қалдықтардың жинақталу ерекшелігі серпухов-башкир ярустары, бастапқы және ортаңғы карбон Сырдария шөгінді алабының орталық бөлігі және олардың мұнайлы-газ келешегі.....	46
<i>Түлемисова Ж.С.</i> Салыстырмалы мінездеме және Батыс Сібір, Каспий Маңы, Шу-Сарысу бассейндердегі седиментациялық көмірсутектері тұтқыштардың қалыптасу шарттары.....	56

Геофизика

<i>Борисенко Г.Т., Исағалиева А.К.</i> Оңтүстік Торғай ойысының кенорнындағы бор және юра шөгінділерінде ҮГЗ және кернді кешенді сараптау.....	63
--	----

Сейсмология

<i>Нұрмағамбетов Ә.</i> Қазақстанда сейсмикалық қауіптілікті бағалауда палеосейсмологиялық деректерді пайдаланудың ролі.....	74
<i>Садықова А.Б., Полешико Н.Н.</i> 2015 жылғы Солтүстік Тянь-Шань жер қыртысының сеймотектоникалық деформация параметрлері.....	80

Экология

<i>Романова С.М., Пономаренко О.И., Ниязбаева А.И., Амиргалиев Н.А.</i> Болат Нұржанов атындағы Екібастұз СЭС-1 салқындатқыш-су қоймасындағы судың сапасы.....	90
--	----

Әдістеме

<i>Насиров Р., Слюсарев А.П., Саматов И.Б., Құспанова Б., Насиров А.Р.</i> Мұнайгаз ұңғыларының геологиялық қабаттарын зерттеуге геохимиялық әдістерді қолдану.....	99
<i>Степаненко Н.П., Белоусова Н.П., Кайдаш Т.М.</i> Қазақстанның қабат асты мантиясын және жер қыртысының екі өлшемді тығыздық үлгілерін әзірлеу.....	107

Техникалық ғылымдар

<i>Ракишев Б.Р.</i> Минералды шикізаттар өнімдерінің сапасы мен толықтығын көтерудің технологиялық ресурстары.....	116
<i>Бектенов Н.А., Ергожин Е.Е., Садықов К.А., Рыспаева С.Б.</i> Өндіріс қалдықтары негізінде жаңа бетон материалдарын алу.....	125
<i>Онаев М.И., Ультарақова А.А., Найманбаев М.А., Маркаев Е.К., Касымжанов К.К.</i> Масальское кенорнының титанмагнетитті концентрациясын қайта өңдеудің тиімді параметрін анықтау.....	132
<i>Кенжалиев Б.К., Гладышев С.В., Абдулвалиев Р.А., Омарова С.А., Бейсембекова К.О., Мананова А.И., Иманғалиева Л.М.</i> Күлшлақты қалдықтарды химиялық байытудың алдында белсендіру.....	143

<i>Айтимов М.Ж., Өжікенов Қ.Ә., Айтимова Ұ.Ж., Даутбаева А.О., Баймуратов О.А.</i> Көпатқарымдық датчиктерімен қоршаған ортаны мониторингтеуге арналған жүйенің құрылымын талдау және уақытын анықтау.....	149
<i>Қайым Т.Т., Грибанов В.Ф., Темірбеков Е.С., Каимов С.Т., Каимов Аб.Т., Каимов А.Т., Каимова Г.Т., Абилдабекова Д.Д.</i> Робот манипулятордың инновациялық схват механизмінің динамикалық жүйесінің қатты аса жоғары радиоактивті жылы шығаратын элемент қалдықтарды қайта тиеу кезіндегі жұмыстарының стохастикалық процестердің теориялық және математикалық моделдеу.....	157
<i>Махметова Н.М., Солоненко В.Г., Бекжанова С.Е.</i> Станцияның типтік бөлігіндегі қатпарламасының кернеулі-деформациялық күйінің экспериментальды есептеуі.....	175
<i>Баймұхаметов А.А., Мартынов Н.И., Рамазанова М.А., Тәңірбергенев А.Г.</i> Мұнайгаз саласында тұздық диапирзмді математикалық сұлбелеуді зерттеудің қолданбалы мәселелері.....	185
<i>Тойгожинова Ж.Ж., Даркенбаева Э.Б.</i> Ортадан тепкіш сорғының жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыштан тұратын тұйықталған жүйесінің параметрлерін ЭЕМ арқылы синтездеу.....	194
<i>Нурушев М.Ж., Дияров М.Д., Нурушева А., Юсупова М.</i> Каспий теңізінің қайраңында мұнай кен орындарының дамуы және техногендік апаттардың болу деңгейі.....	201
<i>Дюсембина Ж.К.</i> Биомедициналық жүйелерді квазисызықты басқару модификациясын зерттеу.....	212
<i>Калиева К.Ж., Утешкалиева Л.Ш., Тойгожинова Ж.Ж.</i> Тартылым машиналар окшауламаларының динамикалық жүктемелерге қарсы тұру сұрақтары.....	222
<i>Әбдімүтәліп Н., Абдраимова Қ., Жолмағамбетов Н., Абишова Г., Акешова М.</i> Ластанған топырақты вермикомпосттау әдісімен залалсыздандыру.....	228
<i>Туребекова Г.З., Шапалов Ш.К., Такибаева Г.А., Дайрабаева А.Ж., Сихынбаева Ж.С., Мезиани С., Жарылқасын П.М., Махамбетов М.Ж.</i> Резина қоспаларда мұнай өнеркәсібінде алынған күкіртпен қолдану жолдары.....	234
<i>Құрбаниязов С.К., Әбдімүтәліп Н.Ә., Ибрагимова Э.К., Альчинбаева О., Тойчибекова Г.Б.</i> Оңтүстік Қазақстан аймағындағы глауконитті кеннің экологиялық маңыздылығын және оларды ауылшаруашылығында қолданылуын зерттеу.....	239
<i>Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.</i> Жоғары өнімді капиллярлық-кеуекті жылу шығаратын жүйелерді дамыту.....	245
<i>Салихов Т.Қ.</i> Батыс Қазақстан геоэкожүйелеріндегі топырақ жамылғысының құнарлылығының қазіргі кездегі жағдайы.....	252

СОДЕРЖАНИЕ

Региональная геология

<i>Жолтаев Г.Ж., Налибаев М.И.</i> Девонские рифы Северного Торгая – высокоперспективные объекты для поисков новых месторождений нефти и газа.....	5
<i>Скринник Л.И., Иванова Н.И., Коваленко Н.Е.</i> Каменноугольные отложения пограничных с Китаем районов Юго-Восточного Казахстана.....	12

Минералогия, прогнозы, перспективы

<i>Умарбекова З.Т., Дюсембаева К.Ш., Кубашева К.Т.</i> Бакырчик и взгляды на формирование месторождений в черносланцевых толщах.....	23
--	----

Минералогия

<i>Кудайбергенова Н.К., Стецюра М.М., Фазылова О.С., Семашко В.А.</i> Медьсодержащий минерал куприт в месторождениях Казахстана.....	31
<i>Байсалова А.О., Долгополова А.В., Seltmann R., Степанов А.В., Бекенова Г.К.</i> Вариация химического состава гагаринита Верхнеэспинского месторождения, как индикатор условий минералообразования и положения в метасоматической колонке.....	37

Нефть и газ

<i>Фазылов Е.М., Шабалина Л.В., Приходько Д.Е., Мусина Э.С.</i> Об особенностях накопления тонкозернистых терригенных осадков серпухов-башкирского ярусов раннего и среднего карбона центральной части Сырдаринского осадочного бассейна и перспективы их нефтегазоносности.....	46
<i>Тулемисова Ж.С.</i> Сравнительная характеристика и условия формирования седиментационных ловушек углеводородов в Западно-Сибирском, Прикаспийском и Шу-Сарысуйском бассейнах.....	56

Геофизика

<i>Борисенко Г.Т., Исагалиева А.К.</i> Комплексный анализ керна и ГИС меловых и юрских отложений месторождения Южноторгайской впадины.....	63
--	----

Сейсмология

<i>Нурмагамбетов А.</i> Роль палеосейсмологических данных при оценке сейсмической опасности в Казахстане.....	74
<i>Садыкова А.Б., Полешико Н.Н.</i> Параметры сеймотектонической деформации земной коры Северного Тянь-Шаня в 2015 году.....	80

Экология

<i>Романова С.М., Пономаренко О.И., Ниязбаева А.И., Амиргалиев Н.А.</i> Качество воды водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 имени Булата Нуржанова.....	90
---	----

Методика

<i>Насиров Р., Слюсарев А.П., Саматов И.Б., Куспанова Б., Насиров А.Р.</i> Применение геохимических методов для изучения геологического разреза нефтегазовых скважин.....	99
<i>Степаненко Н.П., Белоусова Н.П., Кайдаш Т.М.</i> Разработка двумерных плотностных моделей земной коры и подкоревой мантии Казахстана.....	107

Технические науки

<i>Ракишев Б.Р.</i> Технологические ресурсы повышения качества и полноты использования минерального сырья.....	116
<i>Бектенов Н.А., Ергожин Е.Е., Садыков К.А., Рыспаева С.Б.</i> Получение новых бетонных материалов на основе промышленных отходов.....	125
<i>Онаев М.И., Ультаракова А.А., Найманбаев М.А., Маркаев Е.К., Касымжанов К.К.</i> Определение оптимальных параметров переработки титаномагнетитового концентрата месторождения Масальское.....	132
<i>Кенжалиев Б.К., Гладышев С.В., Абдулвалиев Р.А., Омарова С.А., Бейсембекова К.О., Манапова А.И., Имангалиева Л.М.</i> Активация золошлаковых отходов перед химическим обогащением.....	143

<i>Айтимов М.Ж., Ожикенов К.А., Айтимова У.Ж., Даутбаева А.О., Баймуратов О.А.</i> Анализ структуры и подсчет времени системы по мониторингу окружающей среды с многопараметровыми датчиками.....	149
<i>Қайым Т.Т., Грибанов В.Ф., Темірбеков Е.С., Каимов С.Т., Каимов Аб.Т., Каимов А.Т., Каимова Г.Т., Абилдабекова Д.Д.</i> Теоретическое и математическое моделирование динамической системы стохастических процессов работы инновационного схвата манипулятора робота при перегрузке твердых высокорadioактивных отходов тепловыделяющего элемента из промежуточного контейнера в основной контейнер.....	157
<i>Махметова Н.М., Солоненко В.Г., Бекжанова С.Е.</i> Расчет свободных колебаний анизотропного массива с трехмерным подземным сооружением..	175
<i>Баймухаметов А.А., Мартынов Н.И., Рамазанова М.А., Танирбергенов А.Г.</i> Прикладные аспекты исследований математического моделирования соляного диапиризма в нефтегазовом деле.....	185
<i>Тойгожинова Ж.Ж., Даркенбаева Э.Б.</i> Синтез параметров замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель центробежного насоса на ЭВМ.....	194
<i>Нурушев М.Ж., Дияров М.Д., Нурушева А., Юсупова М.</i> Развитие нефтяных месторождений на шельфе Каспийского моря и уровне риска несчастных случаев.....	201
<i>Дюсембина Ж.К.</i> Модификация квазилинейной системы управления биомедицины.....	212
<i>Калиева К.Ж., Утешкалиева Л.Ш., Тойгожинова Ж.Ж.</i> Вопросы сопротивляемости изоляции тяговых машин динамическим перегрузкам.....	222
<i>Абдимуталип Н., Абдраимова К., Жолмагамбетов Н., Абишова Г., Акешова М.</i> Обезвреживание загрязненной почвы методом вермикомпостирования.....	228
<i>Туребекова Г.Э., Шапалов Ш.К., Такибаева Г.А., Дайрабаева А.Ж., Сихынбаева Ж.С., Мезиани С., Жарылкасын П.М., Махамбетов М.Ж.</i> Возможности применения серы, получаемой при нефтедобыче в рецептурах резиновых смесей.....	234
<i>Курбаниязов С.К., Абдимуталип Н.А., Ибраимова Э.К., Альчинбаева О., Тойчибекова Г.Б.</i> Изучение экологической значимости глауконитовых месторождений Южно-Казахстанского региона с дальнейшим их применением в сельском хозяйстве.....	239
<i>Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.</i> Разработка высокофорсированных капиллярно-пористых теплоотводящих систем.....	245
<i>Салихов Т.К.</i> Современное состояние плодородия почвенного покрова геоэкосистем Западного Казахстана.....	252

CONTENTS

Regional geology

- Zholtaev G.Zh., Nalibaev M.I.* Devonian reefs of Northern Torgay are highly prospective for prospecting for new oil and gas fields.....5
- Skrinnik L.I., Ivanova N.I., Kovalenko N.E.* Carboniferous deposits of South-East Kazakhstan area frontier to China..... 12

Metallogeny, forecasts, perspectives

- Umarbekova Z.T., Dyusembayeva K.Sh., Kubashev K.T.* The Bakyrchik deposit and views on the formation of the mineral deposits in black shale beds..... 23

Mineralogy

- Kudaybergenova N.K., Stetsyura M.M., Fazylova O.S., Semashko V.A.* Copper-bearing mineral cuprite in the deposits of Kazakhstan..... 31
- Baisalova A.O., Dolgopolova A.V., Seltmann R., Stepanov A.V., Bekenova G.K.* Variations of chemical composition of gagarinite from the Verkhnee Espe deposit, as indicator of mineral forming conditions and position in metasomatic column..... 37

Oil and gas

- Fazylov E.M., Shabalina L.V., Prikhodko D.E., Musina E.S.* About the features of accumulation of fine-grained terrigenous serpukhovian-bashkirian sediments of early and middle carboniferous in central part of Syr-darya sedimentary basin and their oil and gas perspectives..... 46
- Tulemissova Zh.S.* Comparative characteristics and conditions of formation of hydrocarbons sediment traps in the West Siberian, Shu-Sarysu and Caspian basins..... 56

Geophysics

- Borisenko G.T., Issagaliyeva A.K.* Comprehensive analysis of the core and GWL cretaceous and jurassic sediments of South Torgay depression..... 63

Seismology

- Nurmagambetov A.* The role of palaeoseismological data in assessment of the seismic hazard in Kazakhstan..... 74
- Sadykova A., Poleshko N.* The parameters of the seismotectonic deformations of the Northern Tien Shan earth's crust in 2015..... 80

Ecology

- Romanova S.M., Ponomarenko O.I., Niyazbaeva A.I., Amirgaliev N.A.* Quality of water cooler-reservoir of Ekibastuz Power Plant-1 named after Bulat Nurzhanov..... 90

Methods

- Nasirov R., Sljusarev A.P., Samatov I.B., Kusanova B., Nasirov A.R.* Applying of geochemical methods for the study of the geological section of oil and gas wells..... 99
- Stepanenko N.P., Belousova N.P., Kaidash T.M.* Development of the two-dimensional density model of the earth's crust and subcrustal mantle of Kazakhstan..... 107

Engineering sciences

- Rakishev B.R.* Technological resources for improving the quality and completeness of use of the mineral raw materials.. 116
- Bektenov N.A., Ergozhin E.E., Sadykov K.A., Ryspaeva C.B.* Getting new concrete materials based on industrial waste... 125
- Onayev M.I., Ultarakova A.A., Naymanbayev M.A., Markayev Y.K., Kasymzhanov K.K.* Determination of the optimal processing parameters titanomagnetite concentrate Masalskoe deposit..... 132
- Kenzhaliyev B.K., Gladyshev S.V., Abdulvaliyev R.A., Omarova S.A., Beisembekova K.O., Manapova A.I., Imangaliyeva L.M.* Activation of ash slag waste before chemical enrichment..... 143
- Aitimov M.Zh., Ozhikenov K.A., Aitimova U.Zh., Dauitbayeva A.O., Baimuratov O.A.* Analysis of the structure and calculation of time for the environmental monitoring system with multi-parameter sensors..... 149

<i>Kaiym T.T., Griбанov V.F., Temirbekov E.S., Kaimov S.T., Kaimov Ab.T., Kaimov A.T., Kaimova G.T., Abildabekova D.D.</i> The modeling of the theoretical and mathematical system and specifically the stochastic processes of the dynamical system an innovative mechanism for grasping of the robot for overloading the highly radioactive firm waste of fuel element from the secondary container into the main container.....	157
<i>Mahmetova N.M., Solonenko V.G., Bekzhanova S.T.</i> The calculation of free oscillations of an anisotropic three-dimensional array of underground structures.....	175
<i>Baimukhametov A.A., Martynov N.I., Ramazanova M.A., Tanirbergenov A.G.</i> Applied aspects of researches of mathematical modelling of salt diapirism in oil and gas business.....	185
<i>Toigozhinova Zh.Zh., Darkenbayeva E.B.</i> Synthesis of parameters in closed-loop system of frequency converter – asynchronous motor of centrifugal pump on ECM.....	194
<i>Nurushev M.Zg., Diarov M.D., Nurusheva A., Yussupova M.</i> Development of oil fields on the shelf of the caspian sea and the risk level of accidents.....	201
<i>Dyusembina Zh.K.</i> Modification of the quasilinear control system of biomedicine.....	212
<i>Kaliyeva K.Zh., Uteshkaliyeva L.Sh., Toigozhinova Zh.Zh.</i> Questions of resilience of isolation of traction to dynamic overloads.....	222
<i>Abdimutalip N., Abdraimova K., Zholmagambetov N., Abishova G., Akeshova M.</i> Neutralization of the polluted soil by a composting method.....	228
<i>Turebekova G.Z., Shapalov Sh.K., Takibayeva G.A., Dayrabayeva A.Zh., Sihinbayeva Zh.S., Meziani S., Zharylkasyn P.M., Makhambetov M.Zh.</i> Applications of sulphur obtained when oil production in the compounding of rubber mixes.....	234
<i>Kurbaniyazov S.K., Abdimutalip N.A., Ibragimova E.K., Alchinbayeva O., Toychibekova G.B.</i> The study on the environmental significance of glauconite deposits of the South Kazakhstan region with their further application in agriculture.....	239
<i>Genbach A.A., Jamankulova N.O.</i> Development of the high-forced capillary-porous heat-removing systems.....	245
<i>Salikhov T.K.</i> The current state of soil fertility geocosystems the West Kazakhstan.....	252

Требования для авторов журнала НАН РК Серия геологии и технических наук

Уважаемые авторы!

Прошло более семидесятипяти лет, как издается журнал «Известия НАН РК. Серия геологическая», а с 2011 г. «Серия геологии и технических наук». За период существования журнал завоевал широкий круг читателей и стал известен не только в Казахстане, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

В журнале на русском, казахском, английском языках публикуются статьи о результатах исследований по актуальным проблемам обширной геологической науки (региональной геологии, минералогии, нефти и газа, геофизики, сейсмологии, гидрогеологии, экологии, географии), а так же статьи методического характера.

Все эти годы журнал служит источником оперативной информации о новейших достижениях геологической науки Казахстана и призван способствовать повышению эффективности научных исследований.

Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов и актуальность научного содержания работ. Не допускается плагиат.

1. Представленные для опубликования материалы должны удовлетворять следующим требованиям.

Статья сопровождается разрешением на опубликование от учреждения, в котором выполнено исследование и представляется рецензия.

Статья представляется в одном экземпляре. Размер статьи не должен превышать 15 страниц включая аннотацию в начале статьи перед основным текстом, которая должна отражать цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы (**аннотация** не менее 15 предложений – 1/4 стр. (на английском языке) через 1 компьютерный интервал), таблицы, рисунки, список литературы (через 1 компьютерный интервал), напечатанных в редакторе Word, шрифтом Times New Roman, поля – верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см. Количество рисунков не более 10. Название рисунков и подрисуночная подпись, а также название таблиц печатается на русском и английском языках.

СТАТЬЯ НАЧИНАЕТСЯ на английском языке. В начале, посередине страницы, идет название статьи прописными жирными буквами, далее на следующей строчке – инициалы и фамилии авторов обычным жирным шрифтом, затем на следующей строчке – название организации(ий), в которой выполнена работа, город, страна, затем на новой строчке – адреса E-mail авторов. С красной строки идут ключевые слова (**Key words**), и с новой строчке – сама аннотация (**Abstract – не менее 150 слов**).

Далее, после отбивки одной строки, начинается на **русском языке**.

В начале статьи вверху слева следует указать индекс **УДК**. Затем, посередине страницы, пишется: 1) название статьи; 2) авторы; 3) название организации; с красной строки – **Ключевые слова**, затем – **Аннотация** (оформление шрифтов, как на английском языке).

Отбиваем одну строку и начинается сама **статья**. Следом за статьей идет список **Литературы**. Ссылки на литературные источники даются цифрами в прямых скобках по мере упоминания (не менее 20). Список литературы оформляется следующим образом:

[1] Иванов А.А. Процессы протаивания грунта // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2007. – № 1. – С. 16-19.

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации Русского текста в латиницу, используя различные системы. Программа очень простая, ее легко использовать для готовых ссылок. К примеру, выбрав вариант системы Библиотеки Конгресса США (LC), мы получаем изображение всех буквенных соответствий. Вставляем в специальное поле весь текст библиографии на русском языке и

1) убираем транслитерацию заглавия статьи;

- 2) убираем специальные разделители между полями (“/”, “-”);
- 3) выделяем курсивом название источника;
- 4) выделяем год полужирным шрифтом;
- 5) указываем язык статьи (in Russ.).

Пример:

[1] White S.R., Sottos N.R., Geubelle P.H., Moore J.S., Kessler M.R., Sriram S.R., Brown E.N., Viswanathan S. *Nature*, **2001**, 409, 794-797 (in Eng.).

[2] Soldatenkov N.M., Koljadina I.V., Shendrik A.T. Fundamentals of organic chemistry of medicinal substances. M.: Himija, **2001**. 192 p. (in Russ.).

В конце статьи дается резюме на казахском языке. Оформляется аналогично русскому варианту. Посередине страницы пишется: 1) название статьи; 2) авторы; 3) название организации; с красной строки – **Түйін сөздер**, после – **Аннотация**.

Последняя страница подписывается всеми авторами, ставится дата. Прилагается электронный вариант на CD – диске.

2. В случае переработки статьи по просьбе редакционной коллегии журнала датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта. Если статья отклонена, редакция сохраняет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения.

Просьба к авторам статей представлять весь материал в одном документе (одном файле) и точно следовать правилам при оформлении статьи.

Мы приглашаем к сотрудничеству всех заинтересованных лиц, желающих поделиться своими идеями, мыслями и фактическими материалами на страницах нашего журнала. Пишите нам, звоните или присылайте по электронной почте.

Наш адрес:

Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им.К.И.Сатпаева, ком.334.

Контактный телефон: 8 (727) 291-59-38

Факс: 8 (727) 291-56-79

Электронная почта: ignkis@mail.ru

Уважаемые авторы!

В настоящее время около 250 казахстанских вузов и научных организаций имеют доступ к информационным ресурсам авторитетных международных компаний таких как Thompson Reuters и Springer. За последние четыре года обращений казахстанских подписчиков, согласно статистике использования ресурса Web of Science Core Collection компании Thompson Reuters, увеличилось в 4 раза. Доступ к мировым базам научных знаний был определен президентом Нурсултаном Назарбаевым как один из приоритетных инструментов развития науки на Первом форуме ученых в декабре 2011 года.

Публикации казахстанских ученых входят в 1% самых высокоцитируемых статей в мире.

При цитировании опирайтесь на более современные данные, собственные труды по возможности указывать в меньшем количестве, использовать поиск источников информации международных ресурсов.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

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

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 12.04.2017.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
16,7 п.л. Тираж 300. Заказ 2.