

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 2



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Aygazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of Information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No.KZ31VPY00111215 issued 31. 01. 2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Құнтай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабиатындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

Бүркітбаев Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арслан Зайнуталлаұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі 31.01.2025 ж. берген № KZ31VPY00111215 Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САИГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Кунтайт Авгазыевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

БҮРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жаббагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Мелеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

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

Свидетельство №**KZ31VPY0011215** о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **31.01.2025**

Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

PHYSICS

A.A. Gazizova, D.M. Nasirova, V.O. Kurmangaliyeva, Sh.I. Khamraev DISTRIBUTION OF PRESSURE AND TEMPERATURE IN NEUTRON STARS: NUMERICAL ANALYSIS.....	11
A. Dalelkhankyzy, G. Baimbetova, N. Koilyk, S. Toktarbay, A. Beisebayeva QUASISPIN FORMALISM OF INTERACTION BETWEEN BOSONS AND ITS APPLICATION IN NUCLEAR THEORY.....	22
N.K. Zhusupova, V.N. Zhumabekova, A.A. Zhadyranova DETERMINATION OF ANTINEUTRON-NUCLEAR SCATTERING AMPLITUDE.....	34
V. Mukamedenkyzy, B. Akberdiyev INVESTIGATION OF CONCENTRATION FIELDS IN BINARY GAS MIXTURES IN THE PRESENCE OF CONVECTIVE FLOWS.....	46
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S.Sittykova, D. Kadyrova SEARCHING FOR INNER-EARTH ASTEROIDS.....	62
G.B. Suliyeva, M.A. Makukov, E.G. Mychelkin TWO TYPES OF SCALAR BACKGROUND VISUALIZATION.....	79
U.A. Ualikhanova, A.M. Konys, A.B. Altaibayeva, Zh.M. Beisekeyeva DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF $f(R,T) = R + \beta T^m$ COSMOLOGY.....	94
Zh.S. Umbetova, U.U. Abdizhalilova DYNAMICS OF THE EVOLUTION OF ANISOTROPIC COMPACT STARS IN $f(\tau)$ TELEPARALLEL GRAVITY.....	105
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyuk DESTRUCTION OF SMALL BODIES COMPOSED OF SILICATES BY THERMAL STRESSES.THERMAL EMISSION OF DISRUPTION PRODUCTS.....	121
S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.V. Reva, L. Aktay, V.Y. Kim STUDIES OF THE MRK 766 GALAXY IN THE OPTICAL RANGE.....	138

CHEMISTRY

D.T. Altynbekova, B.K. Massalimova, B.E. Begenova, A. Darmenbayeva, M.D. Akanova SYNTHESIS AND STUDY OF PROTON CONDUCTIVITY OF NANOCOMPOSITES BASED ON COMPLEX OXIDES (LaNbO ₄) AND ALLOYS (NiCoOx, CuCoOx, NiCuOx).....	152
--	-----

D.Zh. Amantayeva, M.A. Dyusebayeva, B.K. Kopzhassarov, A.E. Berganayeva, G.E. Berganayeva PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ULMUS PUMILA LEAVE.....	164
A. Assanov, S.A. Mameshova, G.S. Tatykhanova, T.A. Savitskaya CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN CLAYS AND STUDY OF THEIR HYDRODISPERSIVE PROPERTIES.....	182
G.S. Akhmetova, U.B. Issayeva, K.D. Praliyev, M.T. Omyrzakov, T.M. Seilkhanov TECHNOLOGY OF PRODUCING 1-(2-ETHOXYETHYL)-4- ADAMANTANECARBONYLOXY-PIPERIDINE HYDROCHLORIDE AND STUDY OF ITS CYTOTOXICITY.....	206
G.Zh. Baisalova, G.K. Token, B.B. Torsykbaeva, A.D. Dukenbayeva, N. Rakhmetova STUDYING THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PHRAGMITES COMMUNIS PLANT BY GAS CHROMATOGRAPHY–MASS–SPECTROMETRY.....	218
A. Yedilova, Z. Inelova, N. Kurbatova, B. Turalin PHYTOCHEMICAL STUDY OF MEDICINAL PLANT - HUMULUS LUPULUS L., FOR THE PURPOSE OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....	229
A. Kuandykova, B. Taimasov, E. Potapova, B. Zhakipbayev, N. Zhanikulov STUDY OF THE MICROSTRUCTURE OF CLINKERS OBTAINED FROM METALLURGICAL SLAG.....	242
X.A. Leontyeva, G.M. Khussurova, D.S. Puzikova, A.N. Nefedov, M. Zhurynov PERFORMANCE AND APPLICATION OF ORGANIC CORROSION INHIBITORS IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY OF THE CIS COUNTRIES. REVIEW.....	258
L.K. Orazzhanova, Zh.S. Kassymova, Zh.Zh. Nurtazina, D.K. Asserzhanov, K.K. Kabdulkarimova SYNTHESIS AND APPLICATION OF IRON NANOPARTICLES FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CHLORELLA VULGARIS.....	275
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova SOLID CARBON DIOXIDE ADSORBENT BASED ON ALKALI METAL CARBONATES WITH PROMOTER ADDITIVES.....	291

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А.А. Ғазизова, Д.М. Насирова, В.О. Құрманғалиева, Ш.И. Хамраев. НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ҚЫСЫМ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ТАРАЛУЫНА САНДЫҚ ТАЛДАУ.....	11
А. Дәлелханқызы, Г. Баймбетова, Н. Қойлық, С. Тоқтарбай, А. Бейсебаева БОЗОНДАР АРАСЫНДАҒЫ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУДІҢ КВОЗИСПИНДІК ФОРМАЛИЗМІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЯДРОЛЫҚ ТЕОРИЯДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛУЫ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова АНТИНЕЙТРОНДАРДЫҢ ЯДРОДАН ШАШЫРАУ АМПЛИТУДАСЫН АНЫҚТАУ.....	34
В. Мукамеденқызы, Б. Ақбердиев КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАР КЕЗІНДЕ БИНАРЛЫ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ІШКІ ЖЕР ОРБИТАСЫНДА АСТЕРОИДТАРДЫ ІЗДЕУ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин СКАЛЯРЛЫ ФОННЫҢ ЕКІ ТҮРЛІ ВИЗУАЛИЗАЦИЯСЫ.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Қоныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ТАЛДАУЫ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ АНИЗОТРОПТЫ КОМПАКТТЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк СИЛИКАТТЫ ҚҰРАМДЫ ШАҒЫН ДЕНЕЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРДЕН БҰЗЫЛУЫ. БӨЛШЕКТЕНУ НӘТИЖЕСІНДЕ ПАЙДА БОЛАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ ЖЫЛУЛЫҚ ЭМИССИЯСЫ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким MRK 766 ГАЛАКТИКАСЫН ОПТИКАЛЫҚ ДИАПАЗОНДА ЗЕРТТЕУ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова КҮРДЕЛІ ОКСИДЕР (LaNbO_4) МЕН ҚҰЙМАЛАРДЫҢ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x) НЕГІЗІНДЕГІ НАНОКОМПОЗИТТЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ПРОТОНӨТКІЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ.....	152
Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ULMUS PUMILA ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ҚАЗАҚСТАН САЗДАРЫНЫҢ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГИДРОДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пірәлиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4-АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИН ГИДРОХЛОРИДІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЦИТОУЫТТЫЛЫҚ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.Қ. Төкен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ГАЗ ХРОМАТОГРАФИЯ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН PHRAGMITES COMMUNIS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Күрбатова, Б. Туралин ДӘРІЛІК HUMULUS LUPULUS L. ӨСІМДІГІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	229
А. Қуандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ШЛАКТАРДАН АЛЫНАТЫН КЛИНКЕРЛЕРДІҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Жұрынов ТМД ЕЛДЕРІНІҢ МҰНАЙ-ХИМИЯ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ОРГАНИКАЛЫҚ ИНГИБИТОРЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ. ШОЛУ.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.Қ. Әсержанов, К.К. Кабдулкаримова CHLORELLA VULGARIS БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН АЛУ ҮШІН ТЕМІР НАНОБӨЛШЕКТЕРІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ПРОМОУТЕРЛІК ҚОСПАЛАРЫ БАР СІЛТІЛІ МЕТАЛЛ КАРБОНАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТІ.....	291

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А.А. Газизова, Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, Ш.И. Хамраев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗДАХ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ.....	11
А. Далелханкызы, Г. Баймбетова, Н. Койлык, С. Токтарбай, А. Бейсебаева КВАЗИСПИНОВЫЙ ФОРМАЛИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БОЗОНОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЯДЕРНОЙ ТЕОРИИ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АНТИНЕЙТРОН-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ.....	34
В. Мукамеденкызы, Б. Акбердиев ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БИНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ПОИСК АСТЕРОИДОВ ВНУТРИ ЗЕМНОЙ ОРБИТЫ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин ДВА ТИПА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СКАЛЯРНОГО ФОНА.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Коныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИИ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова ДИНАМИКА ЭВОЛЮЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗД В $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ГРАВИТАЦИИ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ МАЛЫХ СИЛИКАТНЫХ ТЕЛ ТЕПЛОВЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ. ТЕПЛОВАЯ ЭМИССИЯ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЛАКТИКИ MRK 766 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (LaNbO_4) И СПЛАВОВ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x).....	152
---	-----

Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ULMUS PUMILA.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН КАЗАХСТАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пралиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОХЛОРИДА 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4- АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ЦИТОТОКСИЧНОСТИ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.К. Токен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ PHRAGMITES COMMUNIS МЕТОДОМ ГАЗ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИИ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Курбатова, Б. Туралин ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ – HUMULUS LUPULUS L. С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	229
А. Куандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛИНКЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Журинов ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРАН СНГ. ОБЗОР.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.К. Асержанов, К.К. Кабдулкаримова СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ CHLORELLA VULGARIS.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ТВЁРДЫЙ АДсорбЕНТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРОМОТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ.....	291

© A. Assanov¹, S.A. Mameshova^{1*}, G.S. Tatykhanova², T.A. Savitskaya³, 2025.

¹Taraz Regional University named after M.D. Dulaty, Taraz, Kazakhstan;

²Kazakh National Research Technical University named after K. Satpayev,
Almaty, Kazakhstan;

³Belarusian State University, Minsk, Belarus.

E-mail: saya8383@mail.ru

CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN CLAYS AND STUDY OF THEIR HYDRODISPERSIVE PROPERTIES

A. Assanov — candidate of chemical sciences, professor at M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan,

E-mail: asanovamankait@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>;

S.A. Mameshova — senior lecturer at M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan,

E-mail: saya8383@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>;

G.S. Tatykhanova — associate professor, deputy head of the laboratory of engineering profile, Satbayev University (Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev), Almaty, Kazakhstan,

E-mail: gulnur-ts81@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4457-1705>;

T.A. Savitskaya — Professor at Belarusian State University, Minsk, Belarus,

E-mail: savitskayaTA@bsu.by, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4151-3614>.

Abstract. Relevance. This scientific study presents a comprehensive investigation of the chemical and mineralogical composition of natural bentonite clays from various regions of Kazakhstan, along with a systematic analysis of their hydrodispersive properties. The primary research objects were natural clay samples from the Tagan, Urangai, Keles, and Kyzylorda deposits. A detailed examination was carried out on their physical properties (density, particle size distribution), chemical composition (major and trace elements), mineralogical structure (dominant phases), and rheological behavior (viscosity, thixotropy, structural stability). Mineral composition was identified using advanced techniques such as X-ray fluorescence (XRF) and X-ray diffraction (XRD). The results revealed significant differences in mineralogical composition across the clay samples, directly affecting their dispersion stability, sedimentation tendencies, and practical applicability. Rheological tests showed that bentonite clays from the Tagan deposit have high structural stability and clear thixotropic properties, making them effective components for drilling fluids. In contrast, samples from Keles, Urangai, and Kyzylorda displayed higher sedimentation, limiting their use. Additionally, the study examined the impact of hydrophilic, amide-functional polymers on clay hydrodispersions. Their introduction altered interparticle

interactions and improved both rheological and structural characteristics. These findings offer new possibilities for extending their practical use and developing innovative solutions. Practical Value. This research provides a solid scientific basis for the efficient application of bentonite clays in industries such as drilling, construction, and environmental protection.

Keywords: clay, hydrodispersion, bentonite, rheology, drilling fluids

© А. Асанов¹, С.А. Мамешева^{*1}, Г.С. Татыханова², Т.А. Савицкая³, 2025.

¹М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан;

²Қ. Сатпаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы, Қазақстан;

³Беларусь мемлекеттік университеті, Минск, Беларусь.

E-mail: saya8383@mail.ru

ҚАЗАҚСТАН САЗДАРЫНЫҢ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГИДРОДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

А. Асанов — химия ғылымдарының кандидаты, М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің профессоры, Тараз, Қазақстан,

E-mail: asanovamankait@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>;

С.А. Мамешева — М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің аға оқытушысы, Тараз, Қазақстан,

E-mail: saya8383@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>;

Г.С. Татыханова — Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің Инженерлік профильді зертхана меңгерушісінің орынбасары, қауымдастырылған профессор, Алматы, Қазақстан,

E-mail: gulnur-ts81@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4457-1705>;

Т.А. Савицкая — Беларусь мемлекеттік университетінің профессоры, Минск, Беларусь,

E-mail: savitskayaTA@bsu.by, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4151-3614>.

Аннотация. Өзектілігі. Бұл ғылыми жұмыс Қазақстан аумағындағы табиғи бентонитті саздардың химиялық және минералогиялық құрамын жан-жақты зерттеуге, сонымен қатар олардың гидродисперсиялық қасиеттерін жүйелі түрде талдауға арналған. Басты зерттеу нысандары ретінде Таған, Уранғай, Келес және Қызылорда кен орындарынан алынған табиғи саз үлгілері алынды. Саздардың физикалық қасиеттері (тығыздық, түйіршік құрамы), химиялық құрамы (негізгі және ілеспе элементтердің мөлшері), минералогиялық құрылымы (басым фазалар) және реологиялық қасиеттері (тұтқырлық, тиксотропия, құрылымдық тұрақтылық) егжей-тегжейлі зерттелді. Минералдық құрамды анықтау үшін заманауи рентгенфлуоресценттік (РФА) және рентгенфазалық (РФТ) талдау әдістері қолданылды. Нәтижесінде зерттелген саз үлгілерінің минералогиялық құрылымында айтарлықтай айырмашылықтар анықталды. Бұл айырмашылықтар олардың дисперсиялық тұрақтылығына, тұнба түзу қабілетіне және қолдану тиімділігіне тікелей әсер ететіні дәлелденді. Реологиялық зерттеулер нәтижесінде Таған кен орнының бентонитті саздары жоғары

құрылымдық тұрақтылық пен айқын тиксотропиялық қасиеттерге ие екендігі байқалды. Бұл көрсеткіштер оларды бұрғылау ерітінділерінің тиімді компоненті ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Керісінше, Келес, Уранғай және Қызылорда кен орындарынан алынған саз үлгілерінде тұнбалану үрдісі жоғары болып, олардың қолдану шеңберін шектейтін фактор ретінде анықталды. Сонымен қатар, зерттеу барысында гидрофильді, амид функционалды полимерлердің саз гидродисперсияларына әсері де талданды. Полимерлерді енгізу саз бөлшектері арасындағы өзара әрекеттесулерді өзгертіп, дисперсиялардың реологиялық және құрылымдық қасиеттерін жақсартты. Бұл олардың қолдану аясын кеңейтіп, жаңа технологиялық шешімдерге жол ашады. Практикалық құндылық. Алынған нәтижелер бентонитті саздарды бұрғылау, құрылыс, экология және басқа да салаларда тиімді қолдану стратегияларын жасауға маңызды ғылыми-тәжірибелік негіз бола алады.

Түйін сөздер: саз, гидродисперсия, бентонит, реология, бұрғылау ерітінділері

© А. Асанов¹, С.А. Мамешева^{*1}, Г.С. Татыханова², Т.А. Савицкая³, 2025.

¹Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан;

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени

К. Сатпаева, Алматы, Казахстан;

³Белорусский государственный университет, Минск, Белоруссия.

E-mail: saya8383@mail.ru

ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН КАЗАХСТАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ

А. Асанов — кандидат химических наук, профессор Таразского университета имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан,

E-mail: asanovamankait@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>;

С.А. Мамешева — старший преподаватель Таразского университета имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан,

E-mail: saya8383@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>;

Г.С. Татыханова — доцент, заместитель заведующего лабораторией инженерного профиля Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

E-mail: gulnur-ts81@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4457-1705>;

Т.А. Савицкая — профессор Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь,

E-mail: savitskayaTA@bsu.by, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4151-3614>.

Аннотация. Актуальность. Данное научное исследование посвящено всестороннему изучению химического и минералогического состава природных бентонитовых глин, распространённых на территории Казахстана, а также систематическому анализу их гидродисперсионных свойств. В качестве основных объектов исследования были выбраны природные образцы глин, отобранные на месторождениях Таган, Урангай, Келес и Кызылорда. Подробно изучены физические свойства глин (плотность, гранулометрический состав), их химический состав (содержание основных и сопутствующих элементов), минералогическая



структура (доминирующие фазы) и реологические характеристики (вязкость, тиксотропия, структурная стабильность). Для определения минерального состава применялись современные методы рентгенофлуоресцентного (РФА) и рентгенофазового (РФТ) анализа. В результате были выявлены существенные различия в минералогической структуре исследуемых образцов, что, как было доказано, напрямую влияет на их дисперсионную стабильность, способность к образованию осадка и эффективность применения. Реологические исследования показали, что бентонитовые глины Таганского месторождения обладают высокой структурной устойчивостью и выраженными тиксотропными свойствами, что делает их эффективным компонентом буровых растворов. В то же время глины из месторождений Келес, Урангай и Кызылорда характеризуются повышенной склонностью к осаждению, что ограничивает возможности их практического применения. Кроме того, в ходе исследования была проанализирована и оценена эффективность воздействия гидрофильных амидофункциональных полимеров на поведение глинистых гидродисперсий. Введение полимеров изменяло межчастичные взаимодействия, улучшая реологические и структурные свойства дисперсий, что открывает перспективы их более широкого применения и внедрения в технологические процессы нового поколения. Практическая значимость. Полученные результаты могут служить научно-практической основой для разработки эффективных стратегий использования бентонитовых глин в бурении, строительстве, экологии и других отраслях.

Ключевые слова: глина, гидродисперсия, бентонит, реология, буровые растворы

Введение. В современном мире невозобновляемые источники энергии, включая метан, нефть и уголь, остаются ключевыми компонентами энергетического обеспечения общества. Анализ показывает значительный рост глобального спроса на углеводородную энергию - почти на 10% в период между 2004 и 2012 годами (Aftab, et al., 2017). Согласно прогнозам учёных, эта тенденция сохранится, причём до 2040 года около 75% энергетических потребностей будет удовлетворяться за счёт ископаемого топлива (IEO, 2016). В настоящее время структура мирового энергопотребления демонстрирует доминирование невозобновляемых источников: нефть составляет 31%, метан - 21%, уголь - 29%, ядерная энергия - 4,8%, что в совокупности превышает 86%. При этом доля возобновляемых источников энергии достигает лишь 11% от общего первичного энергоснабжения (IEA, et al., 2014). Для преодоления растущего разрыва между спросом и предложением энергоресурсов необходимо совершенствование методов разведки и интенсификация бурения нефтяных и газовых скважин (Qadri, et al., 2021; Islam, et al., 2021; Qadri, et al., 2021; Radwan, et al., 2022; Haque, et al., 2022). В этом контексте особую значимость приобретают буровые растворы (Hossain, et al., 2015), основными функциями которых являются очистка ствола скважины, транспортировка бурового шлама и обеспечение смазки бурового долота при минимизации расхода (Aftab, et al., 2017; Sehly, et al., 2015; Radwan, et

al., 2019). Следует отметить, что затраты на сложные буровые растворы составляют около 20% от общих расходов на бурение нефтегазовых скважин (Khodja, et al., 2010). Несмотря на существование различных подходов к изучению характеристик и составов буровых растворов, традиционные растворы, состоящие из воды и глины, часто демонстрируют неудовлетворительные показатели по стабильности системы, фильтрации и реологическим свойствам. В связи с этим современные исследования направлены либо на улучшение характеристик буровых растворов на водной основе, либо на разработку буровых растворов на масляной основе с добавлением биоразлагаемых материалов (Khodja, et al., 2010).

Нестабильность глинистых пород в стволе скважины представляет собой одну из серьезнейших проблем в геологоразведочной отрасли, приводящую к таким осложнениям, как прихват бурильных труб вследствие обвалов и сужение ствола скважины из-за накопления твердых частиц, что снижает скорость циркуляции бурового раствора. Эти непроизводительные временные затраты (НВЗ) влекут за собой многомиллионные убытки для нефтегазовой промышленности ежегодно.

Особо следует отметить, что основные проблемы нестабильности ствола скважины возникают преимущественно при бурении мелкозернистых глинистых отложений и их литифицированных разновидностей (сланцев), которые составляют до 75% пробуренных пластов в разведочных скважинах. При этом взаимодействие между буровым раствором и глинистыми породами может существенно влиять на характеристики самого бурового раствора, приводя к диспергированию глины до коллоидных частиц (Charlez, et al., 2020). Основными механизмами взаимодействия сланцев с буровыми растворами являются адсорбция воды, осмотическое набухание и катионный обмен (Van Oort, 2003).

Для эффективного использования сланцевых пород в составе буровых растворов критически важно понимание их физических характеристик, особенно концентрации и типа содержащихся в них глинистых минералов. Хотя буровые растворы на углеводородной основе обеспечивают превосходную устойчивость ствола скважины, отличные смазывающие свойства и термическую стабильность, их применение существенно ограничено экологическими нормами. Эти ограничения создают потребность в разработке экологически безопасных буровых растворов на водной основе, которые должны обеспечивать эксплуатационные характеристики, сопоставимые с растворами на углеводородной основе (Khodja, et al., 2010). В настоящее время многие исследования направлены на поиск возможностей замещения буровых растворов на углеводородной основе растворами на водной основе (Van Oort, 2003; Simpson, et al., 1995).

В научном сообществе значительное внимание уделяется исследованиям, направленным на совершенствование характеристик буровых растворов и снижение рисков неустойчивости ствола скважины (Aftab, et al., 2017; ИЕО, 2016; ИЕА, et al., 2014). Таким образом, в статье особое внимание уделяется исследованиям свойств бентонитовых глин различных месторождений Казахстана в качестве компонентов буровых растворов. Цель этих исследований —

определить физико-химические и реологические характеристики бентонитовых глин Казахстана, оценить их эффективность в буровых растворах и проверить их пригодность для применения в различных геологических условиях.

Основными задачами проведенного исследования являлись сравнительная оценка эффективности применения бентонитовых глин различных месторождений Казахстана в буровых растворах на водной основе и определение их оптимальных концентраций (Асанов, et al., 2023). В ходе исследования уделялось особое внимание изучению влияния различных модификаций этих глин на реологические характеристики бурового раствора, включая показатели вязкости, предельного напряжения сдвига и тиксотропных свойств (Mameshova, et al., 2024). На основе комплексного анализа физико-химических и реологических свойств бентонитовых глин Казахстана были разработаны рекомендации по оптимизации состава буровых растворов с использованием комбинаций этих глин для повышения их эффективности в различных геологических условиях и улучшения эксплуатационных характеристик.

Материалы и основные методы. В качестве объектов исследования были использованы образцы природных глин из четырех месторождений Республики Казахстан:

- Таганское месторождение (ТМ, Восточно-Казахстанская область);
- Урангайское месторождение (УМ, Туркестанская область, Сауранский район);
- Келесское месторождение (КМ, Туркестанская область, Келесский район);
- Кызылординское месторождение (КЗМ, Кызылординская область).

В исследовании применялись следующие полимерные материалы:

- Полиакриламид (ПАА) с молекулярной массой 150000 г/моль и химической формулой мономерного звена $C_9H_{12}NNaO_5$;
- Гидроксипропилцеллюлоза (ГПЦ, торговая марка Klucel EF PHARM) с молекулярной массой 80000 г/моль;
- Натрий карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ) с молекулярной массой 250000 г/моль.

Для проведения исследований образцы глин предварительно высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали через сито с размером ячеек 0,25 мм согласно ГОСТ 21216-2014. Химический состав исследуемых глин определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре S2 PUMA (Bruker, Германия). Минералогический состав образцов изучали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре D6 PHASER (Bruker, Германия) с использованием $CuK\alpha$ -излучения при следующих условиях: напряжение 40 кВ, ток 40 мА, шаг сканирования $0,02^\circ$, время набора 0,5 с. Морфологию и размеры частиц глин исследовали методом оптической микроскопии с помощью микроскопа AXIOSKOP 40 (Carl Zeiss, Германия) при различных увеличениях. Микрофотографии обрабатывали с использованием программного обеспечения AxioVision.

$$m_{\max} = \frac{(V - \pi d_{\text{ш}}^2 h_{\text{ш}}/4) m_0 S_{\text{ш}}}{V S_{\text{ш}}} = \frac{(V - \pi d_{\text{ш}}^2 h_{\text{ш}}/4) m_0 d_{\text{ш}}^2}{V d_{\text{ш}}^2}$$

Седиментационный анализ проводили на весовом седиментометре СВ-1 при температуре $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Параметры измерительной системы: расстояние от дна чашечки для накопления осадка до дна цилиндра ($h_{\text{ш}}$) – 3,0 см, внутренний диаметр цилиндра ($d_{\text{ц}}$) – 6,5 см, внутренний диаметр чашечки ($d_{\text{ч}}$) – 4 см, расстояние от уровня жидкости в цилиндре до чашечки седиментометра (H) – 19 см, объем жидкости в цилиндре (V) – 600 мл, масса глины (m_0) – 3 г. С учетом этих параметров можно рассчитать массу глины (m_{\max}), которая должна оказаться на чашечке после полного оседания частиц:

где, $S_{\text{ц}}$ и $S_{\text{ч}}$ – соответственно площади внутреннего основания цилиндра и чашечки. По нашим расчетам, значение $m_{\max} = 0,95$ г.

Для анализа готовили водные суспензии с концентрацией твердой фазы 1 масс.%. Измерения проводили в течение 24 часов с регистрацией массы осадка через определенные промежутки времени. Реологические свойства водных дисперсий глин исследовали на ротационном вискозиметре VT550 (Haake, Германия, Thermo Fisher Scientific) с системой коаксиальных цилиндров при температуре $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Измерения проводили при концентрации твердой фазы до 20 масс.% в диапазоне скоростей сдвига $0,1\text{--}100\text{ с}^{-1}$. Определяли зависимости эффективной вязкости от скорости сдвига и строили полные реологические кривые течения.

Результаты и обсуждение. В данном разделе представлены результаты исследования и их интерпретация в контексте существующих научных данных о физико-химическом взаимодействии глинистых минералов и полимеров. Полученные результаты по адсорбционным и реологическим характеристикам согласуются с ранее опубликованными исследованиями в данной области.

В результате проведенных исследований глинистых минералов из четырех месторождений Республики Казахстан были установлены их основные физико-химические свойства, структурные особенности и геологические условия формирования (Рис. 1). Цвет глин напрямую определяется их минералогическим и химическим составом, в частности, степень окисления и концентрация железа ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) играют ключевую роль: так, ионы Fe^{3+} придают глинам красновато-коричневые или желтые оттенки, тогда как преобладание Fe^{2+} обуславливает зеленоватую или синеватую окраску. Существенное влияние на цвет также оказывают сопутствующие компоненты, такие как органические вещества, марганец, кальций и углерод, а также кристаллическая структура глинистых минералов и степень их дисперсности, поскольку они изменяют характер рассеяния и поглощения света. Указанные особенности подтверждаются результатами рентгенофазового и химического анализа. При этом глинистые минералы исследуемых месторождений характеризуются типичной для алюмосиликатов слоистой структурой, основу которой составляют тетраэдрические кремнекислородные и октаэдрические алюмокислородные

слои; образцы различаются по характеру упаковки этих слоёв, типу межслоевых промежутков и наличию изоморфных замещений в кристаллической решётке, что в совокупности влияет как на их цвет, так и на физико-химические свойства.



Рисунок 1 - Глины различных месторождений Казахстана
(ТМ – Таганский, УМ – Урангайский, КМ – Келесский и КЗМ - Кызылординский)

Результаты рентгенофазового анализа (РФА) показали, что исследуемые образцы бентонитовых глин представляют собой полиминеральные системы со схожим минеральным составом. Основной фазой во всех образцах является монтмориллонит смектитовой группы, однако также выявлены примеси в виде нонтронита, мусковита, кварца, кальцита, полевых шпатов и слюд, присутствующих в различной степени.

По данным РФА, характерные рефлексы монтмориллонита зафиксированы на интервалах 14,73 - 14,56 Å; 6,43 - 6,48 Å; 2,54 - 2,60 Å, что соответствует 2:1 слоистой структуре алюмосиликатов. Кварц идентифицирован по пикам при 2,46; 3,36 - 3,34; 2,29; 2,24 - 2,25 Å. Ортотклаз (полевой шпат) - на интервалах 3,80; 3,20 - 3,18; 2,92; 2,53 Å. Рефлексы мусковита и других слюд наблюдаются при 5,03; 3,50; 3,20; 2,34 - 2,35 Å, что подтверждает их участие в фазовом составе.

Бентониты Таганского месторождения характеризуются высоким содержанием монтмориллонита (до 85 мас. %) и выраженными тиксотропными свойствами, что делает их особенно перспективными для применения в качестве основ для буровых растворов. В отличие от них, образцы из Урангайского месторождения содержат лишь около 30 мас. % монтмориллонита и классифицируются как бейделлитовые глины. Низкое содержание активной смектитовой фазы ограничивает их способность к набуханию и диспергированию. Бентониты Келесского месторождения содержат монтмориллонит в пределах 55 - 60 мас. %, при незначительном присутствии кварца и кальцита, что обеспечивает хорошие коллоидные и адсорбционные характеристики. Образцы из Кызылординского месторождения характеризуются монтмориллонитовой фазой на уровне ~50 мас. % и относительно высоким содержанием кальцита и кварца, что повышает их прочность при высыхании, но несколько снижает тиксотропность и дисперсность.

Таким образом, полученные данные рентгенофазового анализа позволяют дифференцировать бентонитовые глины по минералогическому и фазовому составу и обосновать их дальнейшее технологическое применение с учётом

геологического происхождения и структурных особенностей. Реологические свойства бентонитовых глин определяются их химическим составом и минералогической структурой (Трофимова, et al., 2006). В рамках исследования был проведен анализ химического состава бентонитовых глин из различных месторождений Казахстана (Табл. 1).

Анализируя химический состав и физико-химические свойства гидродисперсий глин различных месторождений Казахстана, можно дать следующую характеристику:

Таблица 1. Химический состав глин различных месторождений Казахстана

Состав, масс.%	Таган	Келес	Урангай	Кызылорда
SiO ₂	55,48	60	51,26	51,84
Al ₂ O ₃	19,38	14	14,85	12,9
Fe ₂ O ₃	4,4	6	5,58	5,5
CaO	1,98	9	4,9	9,62
MgO	2,18	2	2,58	2,58
TiO ₂	0,3	1	-	0,72
Na ₂ O	1,24	1,5	1,88	1,65
K ₂ O	0,51	1,5	1,88	2,21
п.п.п др.	11,31	6	6,48	0,15

Образцы глинистых пород Таганского месторождения содержат диоксид кремния (SiO₂) в количестве 55,48%, что указывает на их высокую силикатную природу. Содержание оксида алюминия (Al₂O₃) составляет 19,38%, что является самым высоким показателем по сравнению с другими месторождениями. Содержание оксида железа (Fe₂O₃) относительно низкое - 4,4%. В минеральном составе Келесского месторождения наблюдается самое высокое содержание SiO₂ (60%). Концентрация оксида кальция (CaO) достигает 9%, что является достаточно высоким показателем. Помимо этого, глинистые породы данного месторождения характеризуются содержанием диоксида титана (TiO₂) в количестве 1%.

Глинистые минералы Урангайского месторождения характеризуются средним содержанием SiO₂ (51,26%). Концентрация оксидов натрия (Na₂O) и калия (K₂O) одинакова - 1,88%, что является высоким показателем по сравнению с другими месторождениями. Глинистые отложения Кызылординского месторождения отличаются наивысшим содержанием оксида кальция (9,62%). Концентрация оксида калия также достигает высокого значения - 2,21%. По сравнению с другими месторождениями, данные образцы демонстрируют наименьшее содержание дополнительных примесей - 0,15%. Эти различия в химическом составе отражают особенности геологических условий каждого месторождения и определяют их различные возможности промышленного применения. Результаты исследования физико-химических свойств гидродисперсий глинистых минералов позволяют определить их структурно-реологические характеристики и расширить области применения.

Бентонитовые глины обладают уникальными характеристиками, которые определяются особенностями их состава и структуры. В частности, их отличительные свойства обусловлены значительным содержанием тонкодисперсной фракции и специфическим строением минералов, относящихся к монтмориллонитовой группе (Асанов, et al., 2023). Данные глины демонстрируют выдающиеся адсорбционные способности, что делает их эффективными при очистке различных сред. Важной характеристикой является их способность формировать устойчивые суспензии, что особенно ценно в промышленных применениях. Кроме того, бентонитовые глины характеризуются значительной степенью набухаемости при взаимодействии с водой и ярко выраженными коллоидными свойствами. В ходе исследования были проанализированы физические и коллоидно-химические характеристики гидродисперсий изучаемых образцов. Проведены измерения следующих параметров во времени (t , мин): объем осадка (V , мл), высота слоя жидкости над осадком (h , мл) (Рис.2 а), оптическая плотность (D) и степень осветления жидкости ($D_{\text{сож}}$) (Рис.2 б) для гидродисперсий глины (ГДГ).

Результаты измерений показали существенные различия в динамике изменения исследуемых параметров. С увеличением времени отстаивания наблюдались следующие закономерности: объем осадка (V , мл) и оптическая плотность (D) постепенно уменьшались, в то время как высота жидкости над осадком (h , мл) и степень осветления жидкости ($D_{\text{сож}}$) возрастали (Рис.2).

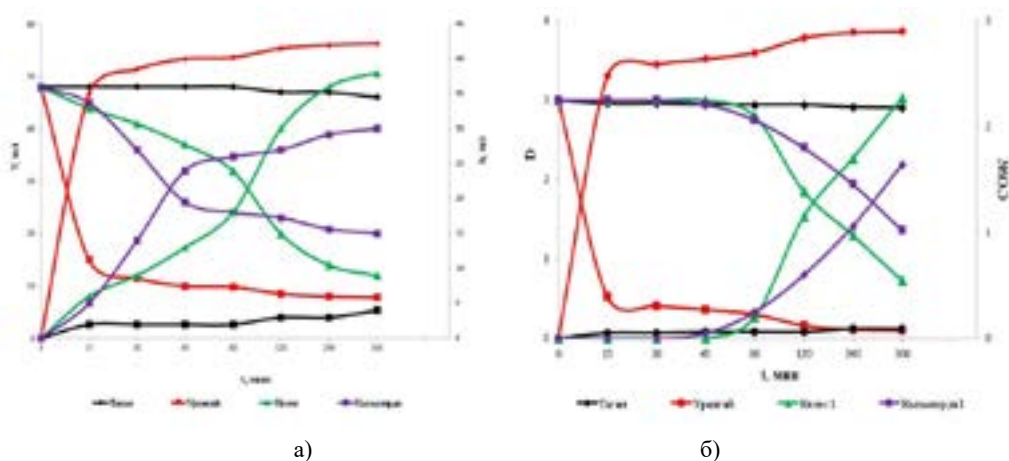


Рисунок 2 - Временная зависимость (t , мин) параметров гидродисперсий глины:
(а) объема осадка (V , мл) и высоты жидкости над осадком (h , мл); (б) оптической плотности (D) и степени осветления жидкости ($D_{\text{сож}}$)

Скорость изменения исследуемых параметров существенно зависит от типа глинистого минерала и места его добычи. Особенно заметны различия при анализе динамики объема осадка (V , мл) во времени. Наибольшие значения объема осадка (V , мл) и наименьшие значения высоты жидкости над осадком

(h, мл) показали гидродисперсии глин (ГДГ) месторождений Таган, Кызылорда и Келес. В то же время, гидродисперсия Урангай характеризуется наименьшим объемом осадка (V, мл) и наибольшей высотой осветленной жидкости над осадком (h, мл). Гидродисперсии месторождений Таган, Кызылорда и Келес также демонстрируют более высокие значения оптической плотности (D) и меньшую степень осветления ($D_{\text{сож}}$). Примечательно, что оптическая плотность (D) зависит не только от типа глины, но и от места отбора образца и времени отстаивания. Это подтверждается сравнением значений оптической плотности (D) и объема осадка (V, мл), измеренных после 60 минут отстаивания для ГДГ месторождений Таган, Кызылорда и Келес. Аналогичные закономерности наблюдаются при сравнении изменений объема осадка (V, мл) и оптической плотности (D) жидкости над осадком для образцов глин месторождения Урангай с остальными образцами (Рис.2 а, б).

Особенно наглядно эти различия проявляются при сравнении скорости разделения твердой фазы гидродисперсий во времени. Наибольшая скорость разделения, образования осадка и осветления жидкости над осадком наблюдается у образцов Урангай. Напротив, самый медленный процесс разделения твердой и жидкой фаз характерен для образцов глин месторождений Таган, Кызылорда и Келес. Обнаруженные различия обусловлены преимущественно размером частиц твердой фазы и взаимодействующей способностью дисперсной среды. С увеличением дисперсности твердой фазы возрастает площадь поверхности частиц, что усиливает процесс их контакта с дисперсной средой и приводит к повышению гидрофильности (Мифтахова, et al., 2019). В результате замедляется образование осадка, снижается его объем (V, мл) и высота осветленной жидкости над ним, при этом сохраняется относительно высокая оптическая плотность (D) жидкости над осадком при заданном времени отстаивания (Рис.2 а, б). Это подтверждается сравнительными данными изменения объема осадков образцов ГДГ через 4, 6 и 24 часа отстаивания. Наблюдается различное изменение объема осадки во времени для образцов гидродисперсии глин (ГДГ) одинаково с содержанием твердой фазы. В целом объем оседания выводится с переходом по времени, однако степень этой разницы изменяется в зависимости от типа приведенных примеров. Данная закономерность характерна для всех изученных образцов ГДГ.

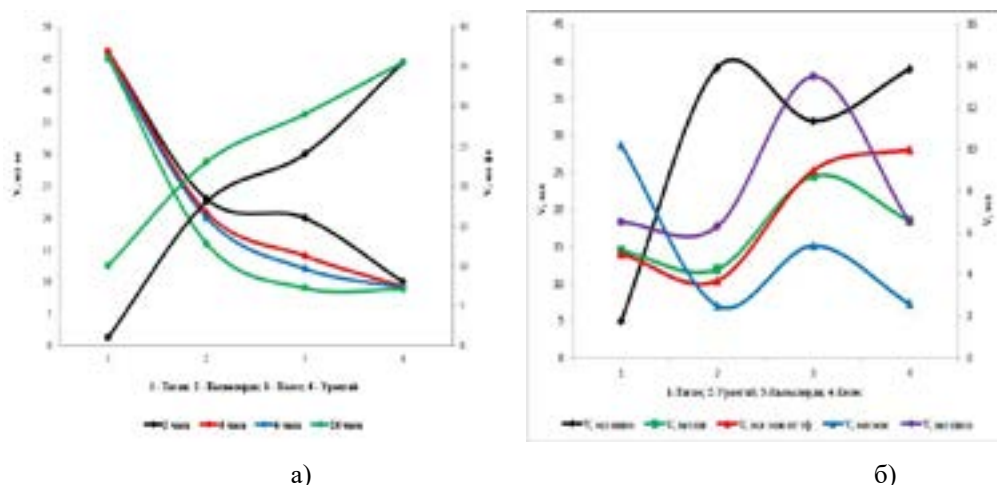


Рисунок 3 - Изменения в образцах ГДГ: (а) объема осадка твердой фазы и фильтратов; (б) объема жидкости над осадками (V , мл ожс), объема поглощенной жидкости (V , мл пж), объема жидкости, закрепленной на поверхности твердой фазы (V , мл зож пт тф) и объема закрепленной жидкости через сутки (V , мл зож)

Объем фильтра через 24 часа варьируется в зависимости от вида глины, что обусловлено различиями в химическом составе, дисперсности и гидрофильности образцов. Это подтверждается тем, что для образца глины месторождения Урангай процесс изменения объема осадки ГДГ продолжается медленно даже через 2 часа и продолжается до 24 часов, пока не сохраняется постоянный объем осадки. В образцах глины месторождения Келес объем осадка значительно меняется при отстаивании до 24 часов. Глины месторождения Кызылорда отличаются тем, что через 4 часа их объем осадка и его высота почти вдвое больше, причем эта разница сохраняется даже после 24 часов отстаивания. Аналогичные различия наблюдаются и в скорости фильтрации. Для достижения одинакового объема фильтрата образцам глин Урангай требуется 2 часа, Келес - 4 часа. Образцы глин Таган и Кызылорда фильтруются крайне медленно: для Кызылорда максимальный объем фильтрата достигается через 4 часа и далее остается неизменным даже через 24 часа.

Различия в объеме осадка и скорости фильтрации указывают на неодинаковую гидрофильность изученных образцов глины, что подтверждается данными по количеству фильтрата (V , мл фт) и объему осадка (V , мл ос) (Рис. 3 а). Дополнительную информацию о различиях в гидрофильности образцов можно получить из анализа параметров, рассчитанных по приведенной формуле:

$$V_{\text{мл пж}} = V_{\text{мл дж}} - V_{\text{мл фт}}$$

количеством поглощенной жидкости. А также рассчитанные по формуле:

$$V_{\text{мл ожно}} = V_{\text{мл ГДГ}} - V_{\text{мл ос тф}}$$

количество объема жидкой среды над поверхностью осадкой (V , мл ожпо). Здесь приведенное $V_{\text{мл гдг}}$ – объем жидкости гидродисперсии глины, $V_{\text{мл ос тф}}$ – объем осадка твердой фазы. Кроме этого на отличие взаимодействующие способности образцов глин с дисперсной средой свидетельствует установленные параметры по отношению объема осадка гидродисперсии глин через суток ($V_{\text{мл ос гдг (ч.с.)}}$) и масса сухой твердой фазой ($m_{\text{г тф}}$),

$$V_{\text{мл зож}} = V_{\text{мл ос гдг (ч.с.)}} / m_{\text{г тф}} - 1$$

количество прочно закрепленной объем жидкости ($V_{\text{мл зож}}$) на поверхности твердой фазы. А также разница найденное численное значение закрепленной объем жидкости над поверхностью твердой фазы ($V_{\text{мл зож пт тф}}$) равно

$$V_{\text{мл зож пт тф}} = V_{\text{мл ожпо}} - V_{\text{мл фт (ч.с.)}}$$

объема жидкости над поверхностью осадки ($V_{\text{мл ожпо}}$) и объема фильтрата через сутки ($V_{\text{мл фт (ч.с.)}}$). По мимо этого объем жидкости в составе осадка ($V_{\text{мл ожсо}}$) найденного

$$V_{\text{мл ожсо}} = V_{\text{мл одж}} - V_{\text{мл оспо}}$$

которые вычисленные на основании объем добавленной жидкости ($V_{\text{мл одж}}$) и объема среды над поверхностью осадки ($V_{\text{мл оспо}}$). Физико-химический анализ ГДГ выявил существенные различия в значениях удельной электропроводности ($\chi_{\text{уд}}$), солесодержания и pH фильтратов (Табл. 2). В данном исследовании были изучены физико-химические характеристики фильтратов глинистых гидродисперсий, включая оптическую плотность, удельную электропроводность, солесодержание и pH. Полученные результаты позволяют оценить растворимые свойства исследуемых систем и их возможные механизмы формирования.

Оптическая плотность ($D_{\text{ф}}$) отражает степень мутности фильтрата и косвенно характеризует содержание в нем коллоидных и взвешенных частиц. Наименьшее значение (0,01) зафиксировано для Таганской глины, тогда как для остальных образцов (Келес, Кызылорда, Урангай) этот параметр выше (0,02). Более низкая оптическая плотность может свидетельствовать о лучшей коагуляции и осаждении частиц, что приводит к меньшему содержанию взвесей в фильтрате.

Таблица 2. Физико-химические характеристики фильтратов глинистых гидродисперсий

№	Образцы глины	$D_{\text{ф}}$	$\chi_{\text{уд}}$ мкСм/см	Солесодержания, мг/дм ³	pH
1	Таган	0,01	989,2	680,2	8,78
2	Келес	0,02	511,0	255,5	7,81
3	Кызылорда	0,02	251,8	120,1	7,56
4	Урангай	0,02	1039	511,0	7,32

Наибольшее значение удельной электропроводности (1039 мкСм/см) наблюдается у Урангайской глины, тогда как минимальное (251,8 мкСм/см) - у Кызылординской глины. Высокая электропроводность свидетельствует о большем количестве растворенных ионов в растворе. Это также подтверждается данными по солесодержанию: максимальная минерализация зафиксирована у Таганской глины (680,2 мг/дм³) и Урангайской глины (511,0 мг/дм³). Наименьшее содержание растворенных солей у Кызылординской глины (120,1 мг/дм³), что согласуется с ее низкой электропроводностью. Значения электропроводности и солесодержания показывают, что фильтраты глин содержат различное количество растворимых соединений, что может быть связано с природными примесями и минералогическим составом сырья.

Значения pH варьируются от 7,32 до 8,78, что указывает на преобладание щелочной среды. Наиболее высокое значение pH зарегистрировано для Таганской глины (8,78), а наиболее низкое - для Урангайской глины (7,32). Более высокая щелочность может быть связана с наличием карбонатных примесей или процессов гидролиза растворимых компонентов глины.

Сравнение полученных данных позволяет выявить следующие закономерности: образцы с высокой электропроводностью и солесодержанием (Таган, Урангай) демонстрируют более выраженную щелочную реакцию среды, что указывает на наличие растворимых солей. Оптическая плотность фильтрата (D_{ϕ}) у Таганской глины ниже, что может говорить о более эффективном осаждении частиц, несмотря на высокую концентрацию растворенных ионов. Кызылординская глина характеризуется минимальными значениями электропроводности и солесодержания, что может указывать на низкое содержание растворимых примесей. Результаты эксперимента показали, что фильтраты различных глинистых гидродисперсий значительно различаются по физико-химическим свойствам. Основные различия обусловлены концентрацией растворимых соединений и их влиянием на электропроводность и pH. Оптическая плотность фильтрата служит важным параметром, отражающим наличие коллоидных частиц в растворе, и может быть использована для оценки устойчивости глинистых суспензий. Эти данные имеют практическое значение для понимания поведения глинистых дисперсий в технологических процессах, включая водоочистку, буровые растворы и керамическое производство.

Для оценки плотности исследуемых гидродисперсий глин, необходимой для обработки кривых накопления осадка при седиментации, была использована методика, описанная в работе (Мордасов, et al., 2004). Кривые накопления осадка для исследованных дисперсий глин в воде приведены на рис. 4 (а, б, в, г). Время наблюдения составляло от 4,2 до 8,9 ч. Из рис. 4 г видно, что на кривой наблюдается точка перегиба, что, как известно, свидетельствует об агрегировании частиц. Это исключает дальнейшие расчеты для оценки индивидуальных размеров частиц. Показано, что за время наблюдения полного оседания частиц глин не произошло. Количество осевших частиц (масс. %) приведено в таблице 3. Таким образом, гидродисперсии глины характеризуются очень широким

распределением частиц по размерам, поскольку для них фиксируется не только наличие седиментации, но и седиментационно-диффузионного равновесие.

Это не позволяет провести полноценный дисперсионный анализ на основе кривых накопления осадка (рис. 3 а,б,в). При этом возможно оценить лишь время (t_{\min}) оседания самых крупных частиц по отрыву касательной, проведенной к кривой седиментации из начала координат (табл. 3). Максимальный радиус частиц (r_{\max}) рассчитывали по уравнению:

$$r_{\max} = [9\eta H / 2(\rho - \rho_o)gt_{\min}]^{1/2},$$

где η и ρ_o – соответственно вязкость и плотность воды при 22°C.

Результаты приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, гидродисперсия глины Таганского месторождения демонстрирует высокую седиментационную устойчивость, о чем свидетельствует низкая степень осаждения частиц (13,7%) за время наблюдения. Это указывает на стабильность дисперсии и возможность ее использования для реологических испытаний, поскольку отсутствие значительной седиментации позволяет получать воспроизводимые данные на ротационном вискозиметре с коаксиальными цилиндрами.

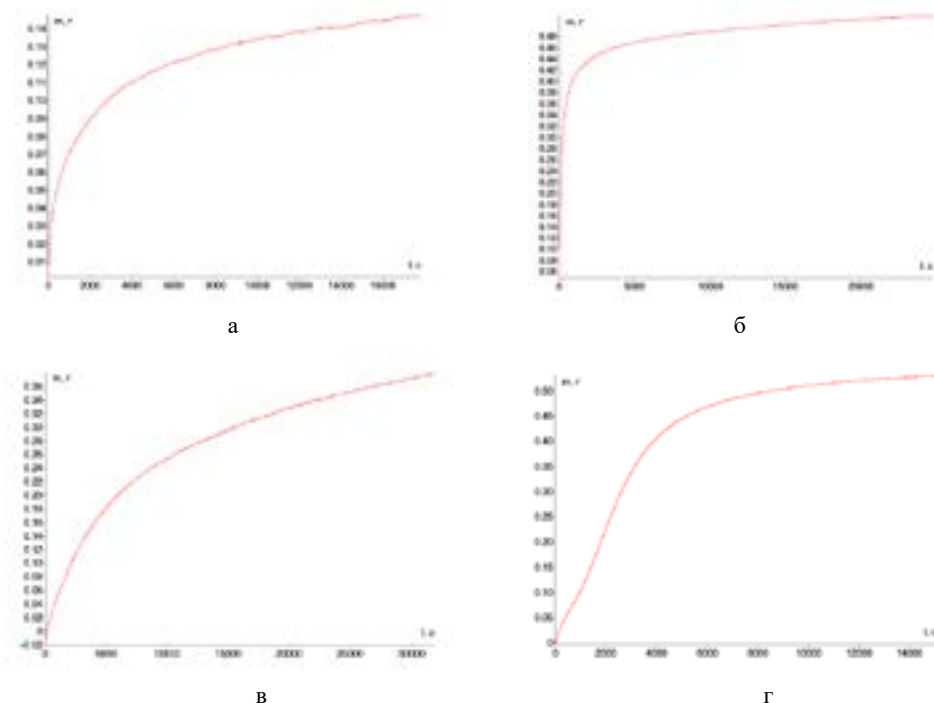


Рисунок 4 – Седиментационные кривые для гидродисперсий глин Таганского (а), Урангайского (б), Келесского (в) и Кызылординского (г) месторождений

В отличие от Таганской глины, гидродисперсии остальных образцов (Келесского, Урангайского и Кызылординского месторождений) характеризуются значительно большей склонностью к седиментации. Для Келесской глины осело 48,0% частиц, для Урангайской – 49,3%, а для Кызылординской – 55,8%, что свидетельствует о низкой седиментационной устойчивости. В результате эти дисперсии не пригодны для реологических испытаний в стандартных условиях, так как оседание частиц приводит к невозможности получения воспроизводимых реологических характеристик. Для образца глины Кызылординского месторождения значение максимального радиуса частиц не представлено, поскольку на седиментационной кривой данного образца наблюдается выраженная точка перегиба, что указывает на интенсивное агрегирование частиц, затрудняющее корректное определение индивидуальных размеров.

Таблица 3. Значения плотности глин и данные седиментационного анализа для их гидродисперсий ($C = 0,5$ масс. %) при 22°C

№	Название месторождения	Плотность, кг/м ³	Время наблюдения, ч	Частицы, седиментировавшие за время наблюдения, масс. %	t_{\min} , с	r_{\max} , мкм
1	Таганское	2000	5,7	13,7	52	41±1
2	Келесское	1670	6,9	48,0	40	58±2
3	Урангайское	1250	8,9	49,3	60	76±2
4	Кызылординское	1250	4,2	55,8	50	—

Таким образом, седиментационная устойчивость исследуемых глин существенно различается, что определяет возможность их дальнейшего использования в реологических исследованиях.

Реологические свойства глин исследовали с использованием ротационного вискозиметра VT 550. Установлено, что таганская глина обладает выраженными тиксотропными свойствами, что подтверждается соответствующими реологическими характеристиками. В отличие от таганской глины, остальные образцы (Келесское, Урангайское и Кызылординское месторождения) частично подвергаются седиментации со временем, что затрудняет их прямое реологическое исследование.

Для гидродисперсий глин Таганского месторождения (5, 7 и 10 масс. %) получены кривые течения (рис. 5) и вязкости (рис. 6). Наблюдается наличие предельного напряжения сдвига (τ^*), возрастающего с увеличением концентрации (рис. 5 и 6). С ростом скорости деформации эффективная вязкость уменьшается более чем в 1000 раз. Эти результаты свидетельствуют о структурировании гидродисперсии. Сформированная структура проявляет ярко выраженные тиксотропные свойства, т.е. способность к быстрому восстановлению (рис. 9).

Тиксотропные зависимости эффективной вязкости получены для 5 и 7% гидродисперсий (рис.5).

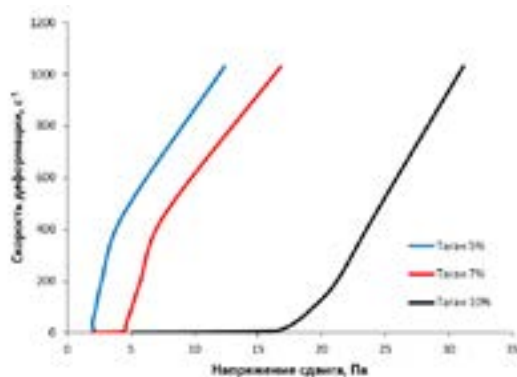


Рисунок 5 - Зависимости скорости деформации от напряжения сдвига для гидродисперсий различными концентрациями глины Таганского месторождения

На рисунке (Рис. 6) представлено изменение скорости деформации в зависимости от приложенного напряжения сдвига для образцов с концентрацией 5, 7 и 10 масс. %. Видно, что увеличение содержания глины приводит к возрастанию предельного напряжения сдвига, что свидетельствует об усилении межчастичных взаимодействий и формировании более жесткой пространственной структуры. Наиболее выраженный нелинейный характер проявляется у 10%-ной дисперсии, что указывает на значительное сопротивление течению.

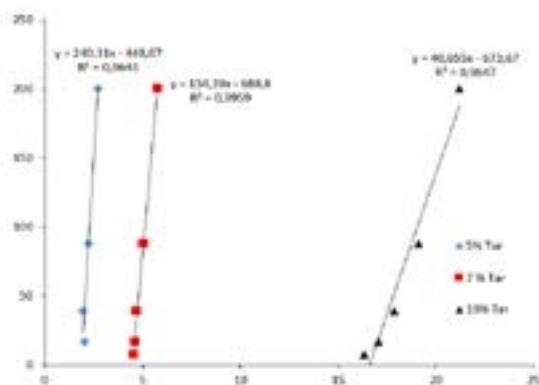


Рисунок 6 - Зависимости эффективной вязкости от скорости деформации для гидродисперсий различными концентрациями глины Таганского месторождения

Рисунок 6 иллюстрирует тиксотропное поведение гидродисперсий: при увеличении скорости деформации наблюдается резкое снижение эффективной вязкости, что связано с разрушением пространственной структуры. Вязкость уменьшается более чем в 1000 раз, что характерно для сильно структурированных систем. Это подтверждает способность системы к обратимому восстановлению при снижении напряжения.

Таблица 4. Числовые значения рассчитанной вязкости для образцов глины Таганского месторождения при различных концентрациях

Тар, мас %	τ^* , Па	hБ, мПа с	Точность %
5	1,87	4,16	3,6
7	4,47	6,48	0,5
10	16,57	24,60	3,5

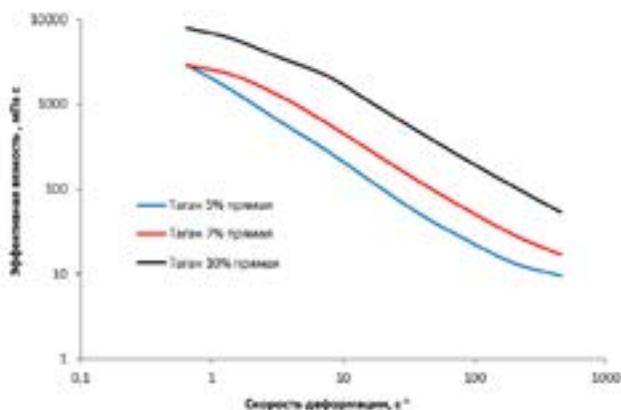


Рисунок 7 - Зависимости эффективной вязкости от скорости деформации для гидродисперсий различными концентрациями глины Таганского месторождения

На рисунке (Рис. 7) отображено поведение вязкости при циклическом изменении скорости деформации. Наблюдается эффект гистерезиса: при уменьшении нагрузки вязкость восстанавливается, но с некоторым запаздыванием, что указывает на динамическую перестройку структуры. Это доказывает тиксотропные свойства дисперсии, важные для практического применения в строительных и технологических процессах.

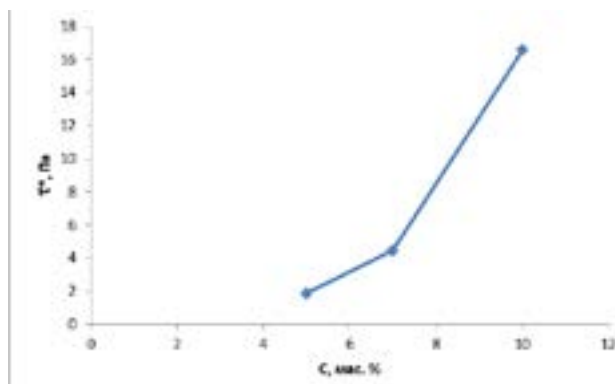


Рисунок 8 - Зависимость предельного напряжения сдвига от концентрации гидродисперсий глины Таганского месторождения

Данный рисунок (Рис. 8) подтверждает рост предельного напряжения сдвига с увеличением концентрации глины. Это обусловлено усилением межчастичных взаимодействий, приводящих к формированию устойчивых пространственных сеток. Такая зависимость характерна для структурированных дисперсий и подтверждает реологические особенности изучаемых систем (Асанов, et al., 2023).

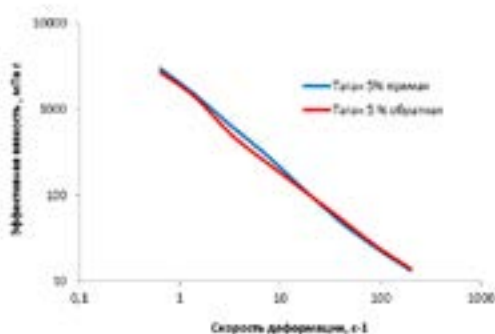


Рисунок 9 - Зависимости эффективной вязкости при увеличении (прямая) и уменьшении (обратная) скорости деформации для 5% гидродисперсии глины Таганского месторождения

На данном рисунке (Рис. 9) представлены прямой и обратный ходы изменения вязкости. При уменьшении нагрузки вязкость возрастает, что подтверждает наличие тиксотропии. Быстрое восстановление структуры указывает на временную коагуляцию частиц, что свидетельствует о высокой структурной стабильности дисперсии.

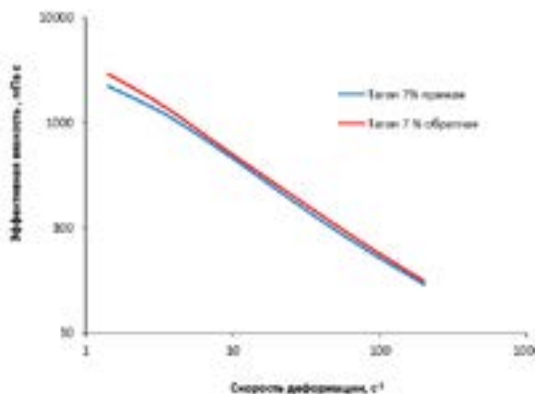


Рисунок 10 - Изменение скорости деформации 7% таганской глины в зависимости от эффективной вязкости

Рисунок (Рис. 10) иллюстрирует тиксотропное поведение 7%-ной дисперсии. Наблюдается аналогичный эффект восстановления структуры после разрушения

при больших скоростях сдвига. Это подтверждает, что увеличение концентрации глины приводит к усилению тиксотропных свойств.

Полученные результаты позволяют предположить, что свойства, выявленные у трех модифицированных образцов, могут быть использованы в различных прикладных направлениях. В связи с этим планируется проведение дополнительных исследований в данном направлении.

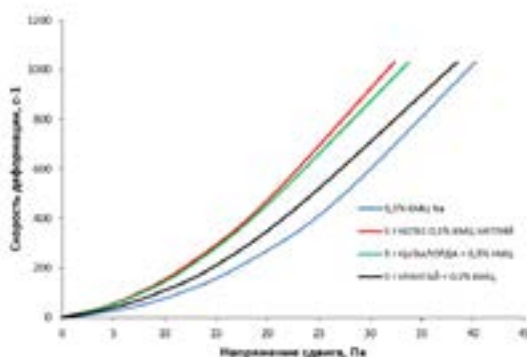


Рисунок 11 - Изменение скорости деформации 5% гидродисперсии глины с 0,5% КМЦ в зависимости от напряжений сдвига

Добавление карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) приводит к изменению характера течения (Рис. 11). Дисперсия теряет тиксотропные свойства и ведет себя ближе к ньютоновским жидкостям. Это связано с адсорбцией полимерных цепей на поверхности частиц глины, что препятствует образованию пространственной структуры.

При добавлении гидроксипропилцеллюлозы (ГПЦ) наблюдается аналогичное поведение (Рис. 12). Дисперсия приобретает свойства ньютоновской жидкости, что делает ее пригодной для использования в технологических процессах, требующих стабильной реологии.

Представленные рисунки подтверждают выраженные тиксотропные свойства глины Таганского месторождения. С увеличением концентрации наблюдается рост предельного напряжения сдвига и снижение вязкости при увеличении скорости деформации. Введение гидрофильных полимеров (КМЦ и ГПЦ) приводит к изменению характера течения дисперсий, что может быть полезно для различных инженерных и технологических приложений. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации реологических характеристик материалов в строительстве, бурении и других отраслях промышленности. А также, с учетом выявленных причин полученных результатов исследуемых образцов, в перспективе поставлена задача изучения всех образцов с использованием различных модифицированных полимерных материалов.

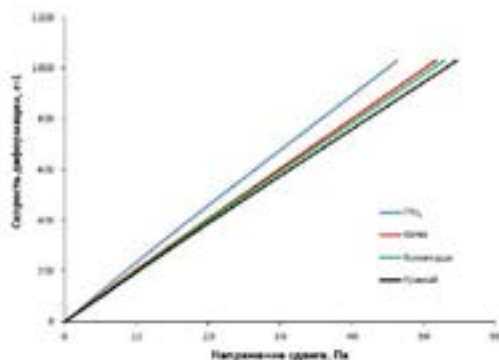


Рисунок 12 – Изменение скорости деформации 5% гидродисперсии глин с 5% ГПЦ в зависимости от напряжений сдвига

Заключение. В ходе проведенного исследования были изучены физико-химические и реологические характеристики бентонитовых глин различных месторождений Казахстана. Полученные результаты позволили установить, что химический состав и минералогическая структура глин существенно различаются в зависимости от месторождения. Эти различия оказывают значительное влияние на их способность к диспергированию и образованию устойчивых суспензий.

Исследование седиментационной устойчивости показало, что образцы глин Таганского месторождения обладают наибольшей стабильностью, в то время как глины Келесского, Урангайского и Кызылординского месторождений характеризуются повышенной склонностью к седиментации. Реологический анализ подтвердил, что гидродисперсии глин Таганского месторождения проявляют ярко выраженные тиксотропные свойства, что делает их перспективными для применения в буровых растворах на водной основе.

Добавление гидрофильных полимеров, таких как карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и гидроксипропилцеллюлоза (ГПЦ), существенно изменяет поведение дисперсий, снижая их тиксотропные свойства и делая их пригодными для использования в различных технологических процессах. Анализ фильтрационных характеристик показал, что степень осветления и электропроводность фильтратов зависят от концентрации растворимых солей, что следует учитывать при разработке составов буровых растворов.

Проведенные исследования позволили расширить представления о свойствах бентонитовых глин Казахстана и их потенциале для применения в нефтегазовой промышленности. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации состава буровых растворов с учетом специфики геологических условий. Они также могут служить основой для дальнейших исследований в области реологии и модификации глинистых материалов.

Литературы

Aftab A., Ismail A.R., Ibupoto Z.H., & Soomro M.I. (2017) Nanoparticles based drilling muds: A solution to drill elevated temperature wells — A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76. — P. 1301-1313. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.020>

Асанов А., Мамешова С.А., Асанов А.А. (2023) Оңтүстік өңір сазды минералдарының коллоидты-химиялық және реологиялық қасиеттері: 2. Доклады НАН РК, 346(2). — Б. 75-93.

Charlez P., & Heugas O. (2020). Evaluation of optimal mud weight in soft shale levels. In *Rock mechanics as a multidisciplinary science*. — P. 1005-1014. CRC Press.

Haque A.E., Islam M.A., Qadri S.M. T., & Radwan A.E. (2022) Integrated wireline log and seismic attribute analysis for the reservoir evaluation: A case study of the Mount Messenger Formation in Kaimiro Field, Taranaki Basin, New Zealand. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 99. — P. 104452. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104452>

Hossain M.E., & Al-Majed A.A. (2015) *Fundamentals of sustainable drilling engineering*. John Wiley & Sons.

International Energy Agency (IEA) (2014) *Key world energy statistics* (Vol. 2011, p. 3). IEA.

International Energy Outlook. (2016) U.S. Energy Information Administration. <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/> (in English)

Islam M.A., Qadri S.M. T., & Radwan A.E. (2021). Three-dimensional structural and petrophysical modeling for reservoir characterization of the Mangahewa Formation, Pohokura Gas-Condensate Field, Taranaki Basin, New Zealand. *Natural Resources Research*, 30(1). — P. 371-394. <https://doi.org/10.1007/s11053-020-09676-z>

Khodja M., Khodja-Saber M., Khelifi R., Canselier J.P., Bergaya F., & Fourar K. (2010) Shale problems and water-based drilling fluid optimisation in the Hassi Messaoud Algerian oil field. *Applied Clay Science*, 49(4). — P. 383-393. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.06.015>

Mameshova S., & Asanov A. (2024). Study of colloidal-chemical properties of clay hydrodispersions obtained from the southern region of Kazakhstan. *Eurasian Science Review: An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal*, 2(1). — P. 36-44.

Міфтахова Г. М., Каримов О. Х., Сулейманов Д. Ф., Кадыров Р. Р., & Загретдинов Р. Б. (2019). Особенности взаимодействия глинистых частиц с водной фазой. *Проблемы научной мысли*, 4(12). — P. 45-47.

Мордасов Д. М., & Мордасов М. М. (2004). *Технические измерения плотности сыпучих материалов*. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та.

Qadri S.M. T., Islam M.A., & Radwan A.E. (2021) Integration of 1D and 3D modeling schemes to establish the Farewell Formation as a self-sourced reservoir in Kupe Field, Taranaki Basin, New Zealand. *Frontiers in Earth Science*, 15(3). — P. 631-648.

Qadri S. M. T., Islam M. A., & Radwan A. E. (2021). Reservoir quality evaluation of the Farewell sandstone by integrating sedimentological and well log analysis in the Kupe South Field, Taranaki Basin-New Zealand. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(1). — P. 11-31.

Radwan A. E. (2022). Three-dimensional gas property geological modeling and simulation. In *Sustainable Geoscience for Natural Gas Subsurface Systems*. — P. 29-49.

Radwan A. E., Qadri S.M.T., & Islam M.A. (2019). Pore and fracture pressure modeling using direct and indirect methods in Badri Field, Gulf of Suez, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 156. — P. 133-143.

Sehly K., Benyounes K., Youcefi A., & Djebbar M. (2015). Stability and ageing behaviour and the formulation of potassium-based drilling muds. *Applied Clay Science*, 104. — P. 309-317.

Simpson J.P., Walker T.O., & Jiang G.Z. (1995). Environmentally acceptable water-based mud can prevent shale hydration and maintain borehole stability. *SPE Drilling & Completion*, 10(4). — P. 242-249.

Трофимова Ф.А., et al. (2006). Влияние механоактивационных процессов на изменение коллоидных и реологических свойств бентонитовых глин. In *Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ*. — P. 99. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН.



Van Oort E. (2003). On the physical and chemical stability of shales. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 38(3-4). — P. 213-235.

References

Aftab A., Ismail A.R., Ibutoto Z.H., & Soomro M.I. (2017) Nanoparticles based drilling muds: A solution to drill elevated temperature wells — A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76. — P. 1301-1313. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.020> (in English)

Asanov A., Mameshova S., & Asanov A. (2023). Ontustik onir sazdı mineraldarynyn kolloidty-khimiyalyk zhane reologiyalyk kasietteri [Colloidal-chemical and rheological properties of clay minerals from the Southern region]: 2. Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan (NAS RK), 346(2). — P. 75-93. (in Kazakh)

Charles P., & Heugas O. (2020) Evaluation of optimal mud weight in soft shale levels. In *Rock mechanics as a multidisciplinary science*. — P. 1005-1014. CRC Press. (in English)

Haque A.E., Islam M.A., Qadri S.M. T., & Radwan A.E. (2022) Integrated wireline log and seismic attribute analysis for the reservoir evaluation: A case study of the Mount Messenger Formation in Kaimiro Field, Taranaki Basin, New Zealand. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 99. — P. 104452. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104452> (in English)

Hossain M.E., & Al-Majed A.A. (2015) *Fundamentals of sustainable drilling engineering*. John Wiley & Sons. (in English)

International Energy Agency (IEA) (2014) *Key world energy statistics* (Vol. 2011, p. 3). IEA. (in English)

International Energy Outlook. (2016) U.S. Energy Information Administration. <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/> (in English)

Islam M.A., Qadri S.M. T., & Radwan A.E. (2021). Three-dimensional structural and petrophysical modeling for reservoir characterization of the Mangahewa Formation, Pohokura Gas-Condensate Field, Taranaki Basin, New Zealand. *Natural Resources Research*, 30(1). — P. 371-394. <https://doi.org/10.1007/s11053-020-09676-z> (in English)

Khodja M., Khodja-Saber M., Khelifi R., Canselier J.P., Bergaya F., & Fourar K. (2010) Shale problems and water-based drilling fluid optimisation in the Hassi Messaoud Algerian oil field. *Applied Clay Science*, 49(4). — P. 383-393. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.06.015> (in English)

Mameshova S., & Asanov A. (2024) Study of colloidal-chemical properties of clay hydrodispersions obtained from the southern region of Kazakhstan. *Eurasian Science Review: An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal*, 2(1). — P. 36-44. (in English)

Miftakhova G.M., Karimov O.Kh., Suleimanov D.F., Kadyrov R.R., & Zagretidinov R.B. (2019). Osobennosti vzaimodeystviya glinistykh chastits s vodnoy fazoy [Features of interaction of clay particles with the aqueous phase]. *Problemy nauchnoy mysli*, 4(12). — P. 45-47. (In Russian)

Mordasov D.M., & Mordasov M.M. (2004) *Tekhnicheskie izmereniya plotnosti sypuchikh materialov* [Technical measurements of bulk material density]. Tambov: Izd-vo Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. (In Russian)

Qadri S.M. T., Islam M.A., & Radwan A.E. (2021) Integration of 1D and 3D modeling schemes to establish the Farewell Formation as a self-sourced reservoir in Kupe Field, Taranaki Basin, New Zealand. *Frontiers in Earth Science*, 15(3). — P. 631-648. (in English)

Qadri S.M.T., Islam M.A., & Radwan A.E. (2021). Reservoir quality evaluation of the Farewell sandstone by integrating sedimentological and well log analysis in the Kupe South Field, Taranaki Basin-New Zealand. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(1). — P. 11-31. (in English)

Radwan A. E. (2022). Three-dimensional gas property geological modeling and simulation. In *Sustainable Geoscience for Natural Gas Subsurface Systems*. — P. 29-49. (in English)

Radwan A. E., Qadri S.M.T., & Islam M.A. (2019). Pore and fracture pressure modeling using direct and indirect methods in Badri Field, Gulf of Suez, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 156. — P. 133-143. (in English)

Schly K., Benyounes K., Youcefi A., & Djebbar M. (2015). Stability and ageing behaviour and the formulation of potassium-based drilling muds. *Applied Clay Science*, 104. — P. 309-317. (in English)

Simpson J.P., Walker T.O., & Jiang G.Z. (1995). Environmentally acceptable water-based mud can prevent shale hydration and maintain borehole stability. *SPE Drilling & Completion*, 10(4). — P. 242-249. (in English)

Trofimova F.A., et al. (2006) Vliyanie mekhanoaktivatsionnykh processov na izmenenie kolloidnykh i reologicheskikh svoystv bentonitovykh glin. In *Rezul'taty fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy po razrabotke metodik tekhnologicheskoy ocenki rud metallov i promyshlennykh mineralov na rannih stadiyakh geologorazvedochnykh rabot* [The influence of mechanoactivation processes on the exchange of colloidal and rheological properties of bentonite clay. In the results of fundamental and appropriate studies on the development of methods of technical evaluation of ore of metallov and promyshlenny minerals at early stages of geological work]. — P. 99. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Scienc (in Russ.).

Van Oort E. (2003). On the physical and chemical stability of shales. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 38(3-4). — P. 213-235. (in English)

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 work described 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 originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 23.06.2025.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 2.