

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

2024 • 3



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«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

БАС РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЫМ Анна, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

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

Меніңктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № КЗ93 ВРҰ00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

АБНЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЫМ Анна, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нургали Жабгаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстано-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

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 о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

EDITOR IN CHIEF:

BENBERIN Valery Vasilievich, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

EDITORIAL BOARD:

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

SANG-SOO Kwak, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

ABIYEV 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), H = 14

LOKSHIN Vyacheslav Notanovich, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

SEMENOV Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

MALM Anna, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

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. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

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

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 3. Number 351 (2024), 96–107

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.300>

UDC.644.2-404;665.74/75

L.D. Volkova¹, **N.A. Zakarina**¹, **O.K. Kim**¹, **A.K. Akurpekova**¹,
A.V. Gabdrakipov², **T.V. Kharlamova**³, 2024

¹ “D.V. Sokolskiy IFCE” JSC, Almaty, Kazakhstan;

² Scientific chemical analytical center, Almaty, Kazakhstan;

³JSC A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: volkova_ld@rambler.ru akurpekova@mail.ru

INFLUENCE OF MODIFICATION OF KAOLINITES BY ALUMINUM OXIDE ON THE CRACKING ACTIVITY OF PETROLEUM RESIDUE

Volkova L.D. - Candidate of Chemical Sciences, the Leading Researcher of laboratory of oil processing catalysts of JCS “D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: volkova_ld@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8017-5059>;

Zakarina N. A. – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the laboratory of oil processing catalysts of JCS “D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan. <https://orcid.org/0000-0002-5895-8110>;

Kim O.K. - Candidate of Chemical Sciences, the Leading Researcher of laboratory of oil processing catalysts of JCS “D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan. e-mail: kimolya82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5110-2523>;

Akurpekova A.K.- Candidate of Chemical Sciences, the Senior Researcher of laboratory of oil processing catalysts of JCS “D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan. Tel. +77476737782, e-mail: akurpekova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8021-4644>;

Gabdrakipov A.V. - Candidate of Chemical Sciences, Director of Scientific chemical analytical center”, Almaty, Kazakhstan. e-mail: avgab@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-8016-4819>

Kharlamova T.V. - Candidate of Chemical Sciences, the Chief Researcher Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov, Almaty, Kazakhstan. e-mail: kharlamovatv@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6508-9104>

Abstract. The preparation of matrices of zeolite-containing catalysts using acid-treated (20% H₂SO₄) kaolinites from the Pavlodar region of Kazakhstan (NPK-1, NPK-2 and NPK-3) with subsequent modification with aluminum hydroxo complexes of different concentrations (2.5, 5.0 and 7.5 mmol Al³⁺/g) was studied. and aluminum hydroxide gel prepared by the ammonia method for activity in cracking residual petroleum feedstock.

In the experimental part of the article for kaolinites of the Pavlodar region of Kazakhstan - PK-1, PK-2 and PK-3, the values of the SiO₂/Al₂O₃ molar ratios in the original samples, the change in these ratios during acid activation and subsequent modification with aluminum hydroxo complexes are considered. It has been shown

that the criterion for choosing kaolinites as matrices for zeolite catalysts can be the increased content of aluminum oxide in the original kaolinite. From the analysis of data on the matrix activity of kaolinites in the cracking of vacuum gas oil, it follows that in order to achieve optimal yields of gasoline and light gas oil for samples with lower Al₂O₃ content, the introduction of a higher concentration of hydroxo complex is required.

Using the example of the Al(2.5)NPK-1 sample, it is shown that the additional introduction of aluminum hydroxide gel (5% Al₂O₃ by weight of the catalyst) obtained by the ammonia method into the modified kaolinite matrix, followed by drying and heat treatment leads to the production of a catalyst with high activity. The catalyst was tested in the cracking of fuel oil, a mixture of vacuum gas oil (VG) with fuel oil (30%).

For comparison, data on cracking of heavy vacuum gas oil are presented. Gasoline yields for these types of raw materials at 500°C are 26.8; 31.9 and 39.1%; respectively, with raw material conversion of 88.4% and 92.1%. Cracking gasolines are characterized by a high content of iso-paraffin and aromatic hydrocarbons. Al(2.5)NPK-1+Al₂O₃ can be an economically beneficial and environmentally friendly catalyst and adsorbent.

Keywords: catalytic cracking, kaolinite, vacuum gas oil, modification.

Л.Д. Волкова¹, Н.А. Закаринна,¹ О.К. Ким¹, А.К. Акурпекова,¹
А.В. Габдракипов² Т.В.Харламова³

¹Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты АҚ, Алматы, Қазақстан;

²Ғылыми химико-аналитикалық орталық, Алматы, Қазақстан;

³А.Б.Бектуров атындағы Химия ғылымдары институты АҚ,
Алматы, Қазақстан.

E-mail: volkova_ld@rambler.ru akurpekova@mail.ru

КАОЛИНИТТЕРДІ АЛЮМИНИЙ ОКСИДІМЕН ТҮРЛЕНДІРУДІҢ ҚАЛДЫҚ МҰНАЙ ҚОРЫМДАРЫНЫҢ КРЕКИНГТЕГІ БЕЛСЕНДІЛІККЕ ӘСЕРІ

Волкова Л.Д. - химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты. 050010. Алматы, Қазақстан, E-mail: volkova_ld@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8017-5059>;

Закаринна Н.А. – химия ғылымдарының докторы, профессор, Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты. 050010. Алматы, Қазақстан, <https://orcid.org/0000-0002-5895-8110>;

Ким О.К. - химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты. 050010. Алматы, Қазақстан, E-mail: kimolya82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5110-2523>;

Акурпекова А.К.- химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты. 050010. Алматы, Қазақстан, E-mail: akurpekova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8021-4644>;

Габдракипов А.В. - химия ғылымдарының кандидаты, Ғылыми химиялық талдау орталығының директоры, Алматы, Қазақстан, E-mail: avgab@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-8016-4819>;

Харламова Т.В. - химия ғылымдарының кандидаты, А.Б. Бектуров атындағы химия ғылымдарының институты, Алматы, Қазақстан, E-mail: kharlamovativ@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6508-9104>

Аннотация. Қышқылмен өңделген (20% H₂SO₄) Қазақстанның Павлодар облысы каолиниттерін (НПК-1, НПК-2 және НПК-3) пайдаланып, кейіннен көмірсутекті шикізаттың крекингіндегі белсенділігін түрлі концентрациядағы алюминий гидроксокешендерімен (2.5; 5.0 және 7.5 ммоль Al³⁺/г) және аммиак әдісімен дайындалған алюминий гидроксиді гелімен түрлендіре отырып, цеолитті катализаторлардың матрицаларын дайындау зерттелді.

Мақаланың эксперименттік бөлігінде Қазақстанның Павлодар облысы – ПК-1, ПК-2 және ПК-3 каолиниттері үшін бастапқы үлгілердегі SiO₂/Al₂O₃ моль арақатынасының шамасы қышқылды активтендіргенде және кейіннен алюминий гидроксокешендерімен түрлендіру кезінде осы арақатынастардың өзгеруі қаралды. Каолиниттерді цеолит катализаторларының матрицалары ретінде таңдау критерийі бастапқы каолиниттегі алюминий оксидінің жоғарылауы болуы мүмкін екендігі көрсетілген. Мәліметтерді талдағанда вакуумдық газойль крекингіндегі каолиниттердің матрицалық белсенділігі бойынша бензин мен жеңіл газойльдің оңтайлы шығымын алу үшін Al₂O₃ құрамы аз үлгілерге алюминий концентрациясы көп гидрокешендерді енгізу талап етілетінін көреміз.

Al(2.5)НПК-1 үлгісі мысалында аммиакты әдіспен алынған алюминий гидроксиді гелінің модификацияланған каолинитті матрицасына (катализатордың салмағынан 5% Al₂O₃ қосымша енгізілуі, сосын кептіру және термиялық өңдеу арқылы крекингтегі белсенділігі бойынша үлгісіне жақын активтілігі жоғары катализаторды алуға болатыны көрсетілген. Катализатор ВГ мазутпен (30%) қоспасының, мазуттың және вакуумдық газойльдың крекингінде сынақатн өткізілді.

500 °С кезінде көрсетілген шикізат түрлері үшін бензин шығымы 39.1; 31.9 және 26.8%, ал шикізат конверсиясы тиісінше, 92.1 және 88.4% құрайды. Крекинг бензиндері изопарафинді және ароматты көмірсутектердің көптігімен ерекшеленеді. Al(2.5)НПК-1+Al₂O₃ экономикалық тиімді және экологиялық қауіпсіз катализатор және адсорбент болуы мүмкін.

Кілт сөздер: катализдік крекинг, каолинит, вакуумдық газойль, түрлендіру.

Л.Д. Волкова¹, Н.А. Закарина,¹ О.К. Ким¹, А.К. Акурпекова¹,
А.В. Габдракипов², Т.В. Харламова³

¹АО Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского,
Алматы, Казахстан;

²Научный химико-аналитический центр, Алматы, Казахстан;

³АО Институт Химических наук им. А.Б. Бектурова, Алматы, Казахстан.
E-mail: volkova_ld@rambler.ru akurpekova@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ КАОЛИНИТОВ ОКСИДОМ АЛЮМИНИЯ НА АКТИВНОСТЬ В КРЕКИНГЕ ОСТАТОЧНОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

Волкова Л.Д. - кандидат химических наук, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Сокольского», Алматы, Казахстан, E-mail: volkova_ld@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8017-5059>;

Закарина Н.А. – доктор химических наук, профессор, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Сокольского», Алматы, Казахстан, <https://orcid.org/0000-0002-5895-8110>;

Ким О.К. - кандидат химических наук, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Сокольского», Алматы, Казахстан, E-mail: kimolya82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5110-2523>;

Акурпекова А.К. - кандидат химических наук, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Сокольского», Алматы, Казахстан, E-mail: akurpekova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8021-4644>;

Габдракипов А.В. - Кандидат химических наук, директор Научного химико-аналитического центра, Алматы, Казахстан, E-mail: avgab@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-8016-4819>

Харламова Т.В. – кандидат химических наук, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, Алматы, Казахстан, E-mail: kharlamovtv@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6508-9104>

Аннотация. Исследовано приготовление матриц цеолитсодержащих катализаторов с использованием кислотно-обработанных (20% H₂SO₄) каолинитов Павлодарской области Казахстана (НПК-1, НПК-2 и НПК-3) с последующим модифицированием гидроксиокомплексами алюминия разных концентраций (2.5; 5.0 и 7.5 ммоль Al₃⁺/г) и гелем гидроксида алюминия, приготовленным аммиачным способом, на активность в крекинге углеводородного сырья.

В экспериментальной части статьи для каолинитов Павлодарской области Казахстана – ПК-1, ПК-2 и ПК-3 рассмотрены величины мольных соотношений SiO₂/Al₂O₃ в исходных образцах, изменение этих соотношений при кислотной активации и последующем модифицировании гидроксиокомплексами алюминия. Показано, что критерием выбора каолинитов в качестве матриц цеолитных катализаторов может служить повышенное содержание в исходном каолините оксида алюминия. Из анализа данных по матричной активности каолинитов в крекинге вакуумного газойля следует, что для достижения оптимальных выходов бензина и легкого газойля для образцов с меньшим содержанием Al₂O₃ требуется введение гидроксиокомплекса с большей концентрацией.

На примере Al (2.5) НПК-1 образца показано, что дополнительное введение в модифицированную каолинитовую матрицу геля гидроксида алюминия (5% Al_2O_3 от веса катализатора), полученного аммиачным способом, с последующим высушиванием и термической обработкой приводит к получению катализатора с высокой активностью. Катализатор испытан в крекинге мазута, смеси вакуумного газойля (ВГ) с мазутом (30%). Для сравнения приведены данные по крекингу утяжеленного вакуумного газойля. Выходы бензина для указанных видов сырья при 500°C составляют 26.8; 31.9 и 39.1%; соответственно, с конверсией сырья 88.4% и 92.1%. Бензины крекинга отличаются повышенным содержанием изо-парафиновых и ароматических углеводородов. Al (2.5) НПК-1+ Al_2O_3 может быть экономически выгодным и экологически безопасным катализатором и адсорбентом.

Ключевые слова: каталитический крекинг, каолинит, вакуумный газойль, модифицирование.

INTRODUCTION

One of the main components of zeolite-containing cracking catalysts is a matrix that provides thermal stability, bulk density and formability of the contact. Bentonite and kaolinite clays are widely used as matrices for modern cracking catalysts [1-3]. For Kazakhstan, which has large reserves of clays, their use is an urgent task.

Clay mineral catalysts have been used commercially since the 1930s. Recent years, an increasing number of studies have appeared on the use of kaolinite as precursors for the synthesis of zeolites of the faujasite structure, high-silica zeolites and adsorbents. The research carried out has become a breakthrough in the technology of obtaining of catalysts in petrochemical processes. The availability, efficiency and environmental safety of natural clays (Murray, 2000; Hettinger, 1991; Alaba, 2015) determine the attractiveness of this type of raw material. It was calculated that the cost of catalysts based on natural clays is more than an order of magnitude lower than the cost of catalysts based on synthetic aluminosilicates.

The widespread use of kaolinite is hampered by the presence of impurities, low specific surface area and low acidity. Kaolinite is known to be a hard aluminosilicate. It has a low cation exchange capacity. No noticeable isomorphous substitutions of aluminum by atoms of other metals are observed in it. Changes in the properties of kaolinite are promoted by activation and modification. Materials based on modified kaolinite (Miranda-Trevino, 2003; Shapkin, 2016; Silva-Valenzuela, 2013) have found practical application in the synthesis of microspherical cracking catalysts (Zheng, 2005; Rong, 2002; Belver, 2002; Ribero, 2013; Panda, 2010), as adsorbents in water treatment, in cosmetics (Silva-Valenzuela, 2013) and other fields.

There are a number of methods for enhancing of the activity of kaolinite: mechanochemical activation, leading to particle fragmentation, with an increase of surface area and pore volume, thermal heating, chemical (acid and alkaline) activation. Thermal heating in the temperature range from 450 to 1200°C leads to dehydroxylation of kaolinite with destruction of hydrogen bonds between dioctahedral layers with the formation of metakaolin, which is more reactive than

kaolin. This opens the way to increasing the efficiency of chemical activation of natural raw materials. Treatment of kaolinite with acid, like sequential treatment with acid and alkali, leads to dealumination of the material, disaggregation of kaolinite particles, and dissolution of its outer layer. With such treatment, the structure and composition of the kaolinite material change, the specific surface area, acidity, and the ratio of acid sites increase with the formation of stronger acid sites (Lenarda, 2007; Valaskova, 2011).

Based on the analysis of the physicochemical characteristics of modified kaolinite with varying processing conditions, conclusions were made about the possibility of synthesizing zeolites on their basis and methods were developed for obtaining of zeolites of faujasite structure from kaolinite (Johnson, 2014; Salahudeen, 2016; Novembro, 2011; Krishnandy, 2019; Melaningtyas, 2019) and high-silica zeolites (Subagio, 2015; Hartanto, 2016; Mohiuddin, 2018). The number of works on the synthesis of zeolites from kaolinite is constantly growing, which indicates the attractiveness of the process. The synthesized zeolites can be used in cracking reactions (Liu, 2016; Makaou 2021) and other catalytic processes not only as carriers, but also as stand-alone catalysts.

In works (Liu, 2016; Makaou 2021) it is shown that kaolinite of different geological places of occurrence differ in composition. Variations in the structure and composition of kaolinite can affect its subsequent reactivity. One of the fundamental principles of kaolinite modification is control over the $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ molar ratio. Interesting data on the activity of catalysts for cracking residual petroleum feedstock based on Nigerian kaolinites are given in (Makaou 2021). Catalysts prepared included La_2O_3 (1) and Cr_2O_3 (2). In order to increase acidity, the catalysts were prepared with addition of silica and subjected to acid treatment. The authors managed to significantly increase surface area, porosity and acidity of the catalysts. The degree of fuel oil conversion exceeded 74.5%. In (Liu, 2016), the ability of kaolinites to undergo ion exchange due to the presence of various impurities in them was noted. This possibility of kaolinite activation we used when modifying kaolinite with hydroxo complexes of aluminum, iron and other metals (Volkova, 2020; Volkova, 2014; Zakarina, 2010). One of the fundamental principles for controlling changes in the characteristics of modified kaolinite is the $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ molar ratio. We took this characteristic of modified kaolinites into account when synthesizing catalysts.

The aim of this work was to establish the regularities of changes in the chemical composition of H-kaolinite at its modification with aluminum hydroxo complexes to obtain effective matrixes for cracking catalysts and to determine the possibility of additional activation of kaolinite in the cracking of petroleum feedstock with the introduction of aluminum hydroxide gel obtained by the ammonia method (5% Al_2O_3).

Experimental part

The objects of study were kaolinites of the Pavlodar region of Kazakhstan PK-1, PK-2 and PK-3, differing in their chemical composition. The H-form of kaolinite

was obtained by treating the initial kaolinite clays by boiling in 20% H_2SO_4 solution for 6 hours with following washing from SO_4^{2-} ions, drying and calcination. Due to decationation and dealumination, it is desirable to introduce additional amounts of aluminum to increase the catalytic, adsorption, and acidic characteristics (Alaba, 2015; Liu, 2016). The loss of aluminum during acid treatment was compensated by introducing additional amounts of aluminum in the form of aluminum hydroxo complexes with concentrations of 2.5; 5.0 and 7.5 mmol Al^{3+}/g according to the methods described in (Volkova, 2020; Volkova, 2014; Zakarina, 2010).

Chemical analysis of the composition of kaolinites was carried out by X-ray fluorescence spectroscopy (Nitron XRF – analyzer of Thermo – Scientific company).

For cracking heavy and residual petroleum feedstocks, zeolite-free $Al(2.5)HPK-1 + Al_2O_3$, obtained by mixing $Al(2.5)HPK-1$ with aluminum hydroxide gel, was also prepared and tested. The gel was prepared by mixing $Al(NO_3)_3$ salt with NH_4OH , followed by thermal decomposition to Al_2O_3 .

The process was carried out in a flow-type installation with a fixed catalyst bed according to the method described in (Volkova, 2014).

Three types of raw materials were used: fuel oil grade M-100, vacuum gas oil (VG) from the Pavlodar petrochemical plant with a boiling point of $532^\circ C$ and a mixture of fuel oil (35%) with VG. The activity of the catalysts was assessed by the yield of gasoline obtained from cracking in accordance with ASTM D3907-13. We studied the change in process activity depending on the cracking temperature, the volumetric feed rate of raw materials, and the catalyst: raw material ratio. It should be noted that feeding fuel oil into the reactor is difficult due to its increased viscosity, which is determined by the presence of paraffin hydrocarbons, resins, and asphaltenes in it. To supply fuel oil, the temperature in the feed tank was maintained within $60-70^\circ C$.

Reactors with a volume of 40 and 100 cm^3 of catalyst were used. Cracking of fuel oil and mixtures of fuel oil with VG was carried out at 500 and $550^\circ C$, VG - at 470 and $500^\circ C$. The cracking products and feedstock were analyzed by chromatography. To analyze gasoline and the gas phase in cracking products, a Chromos GC-100 chromatograph with a 100 m capillary column with a stationary phase HP-1 (ASTM D 6729-04) was used. The carrier gas is helium. The hydrocarbon composition of the cracked raw material was determined in accordance with ASTM D 2887-95 and ASTM D 3710-95 Auto-System XL SIMIDIS with a PE ELITE column 60 m long at a helium feed rate of 1 ml/min with a programmable thermostat operating temperature. X-ray fluorescence analysis data show that the mineral part of the used M-100 fuel oil includes 2.5% sulfur, 0.07 vanadium and 0.02 nickel, 0.3 iron. Certain elements include calcium, potassium, phosphorus, silicon, zinc.

Results and discussion

According to chromatographic analysis of the hydrocarbon composition of the original gas oil, a mixture of gas oil with 30% fuel oil and M-100 fuel oil (Table 1) VG contains the most paraffin, isoparaffin and

Table 1 - Hydrocarbon composition of VG, mixture of VG with masut (30%) and masut aromatic hydrocarbons, naphthenic hydrocarbons and heavy residues - fuel oil.

Hydrocarbon composition	VG	VG+Masut	Masut
Paraffins	34.139	28.730	28.346
Isoparaffins	24.345	23.475	22.487
Olefins	3.727	4.632	5.445
Aromatic hydrocarbons	9.440	7.860	6.396
Naphthenic hydrocarbons	3.441	3.952	5.046
Oxygen containing compounds	1.902	2.197	2.459
Resins + coke	23.0	29.15	29.82

As follows from the data on the fractional composition of the raw material (Table 2), vacuum gas oil contains lower-boiling fractions. At 200°C, for example, 6.984% of VG, 5.819 mixtures of VG with fuel oil and 5.775% of fuel oil are distilled. In general, the difference between the three types of raw materials used is the higher content of resins and asphaltenes in the fuel oil and the higher boiling points of its components.

Table 2 - Fractional composition of VG, mixtures of VG + masut and masut

T _{boil} , °C	VG	VG+Masut	Masut
100	6.2	5.279	5.138
150	6.768	6.663	5.842
200	6.984	5.819	5.775
250	8.247	7.478	6.403
300	11.247	8.328	6.981
350	13.675	10.516	7.848
400	14.469	11.809	10.030
450	32.0	26.944	25.373

After the experiment the liquid phase was subjected to distillation. Fraction n.c. - 205°C was attributed to gasoline, 205-350°C - to light gas oil, > 350°C - to heavy gas oil. Previously, we [24-26] showed that modification of kaolinites with aluminum hydroxo complexes leads to an increase in pore volume, the number of mesopores, and an increase in acidity. The data obtained suggested that the Al₂O₃ content in the initial kaolinite is one of the factors of the possible initial (matrix) activity of the contact.

The chemical composition of the initial kaolinites, H-forms, and samples of modified kaolinites and so the calculation of the molar ratios of SiO₂/Al₂O₃ are given in the table 3.

Table 3 - Chemical composition of PK-1, PK-2, PK-3, their H- and aluminum-modified forms

Sample	Amount, weight %								
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
PK-3	28.44	57.4	0.83	2.14	1.50	0.70	0.72	8.20	2.02
HPK-3	27.22	60.7	0.64	2.10	0.69	0.12	0.70	7.83	2.23

Al(2.5)HPK-3	29.61	58.84	0.42	2.16	0.34	0.10	0.78	7.75	1.99
Al(5.0)HPK-3	31.36	57.66	0.36	2.15	0.37	0.10	0.78	7.28	1.84
Al(7.5)HPK-3	33.38	54.29	0.81	2.44	0.41	0.10	0.88	7.69	1.63
PK-2	29.52	59.07	0.00	1.58	0.71	0.84	0.82	7.46	2.01
HPK-2	28.46	62.12	0.00	1.56	0.21	0.10	0.71	6.84	2.19
Al(2.5)HPK-2	31.24	59.34	0.00	1.58	0.15	0.10	0.75	6.84	1.90
Al(5.0)HPK-2	32.62	57.94	0.00	1.58	0.19	0.10	0.76	6.85	1.78
Al(7.5)HPK-2	32.75	57.26	0.00	1.67	0.23	0.10	0.79	7.20	1.75
PK-1	34.86	59.52	0.08	0.10	0.15	0.18	1.25	3.83	1.71
HPK-1	32.81	63.10	0.03	0.08	0.10	0.03	1.28	2.57	1.93
Al(2.5)HPK-1	35.00	59.80	0.12	0.14	0.14	0.12	1.20	4.50	1.71
Al(5.0)HPK-1	35.80	59.26	0.10	0.12	0.10	0.10	1.25	3.27	1.66
Al(7.5)HPK-1	36.10	58.76	0.10	0.10	0.10	0.10	1.27	3.47	1.63

As follows from the data in the table, PK-1 - kaolinite - 34.86% with $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 = 1.71$ has the largest amount of aluminum in the initial sample. Acid activation leads to decationation and dealumination of the samples. Subsequent modification with aluminum leads to an increase in the Al_2O_3 content, as a result of which the $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ molar ratios become close for all three studied samples.

The figure 1 shows data on the yield of the main products of the cracking of vacuum gas oil - gasoline and the sum of light products (of gasoline and light gas oil).

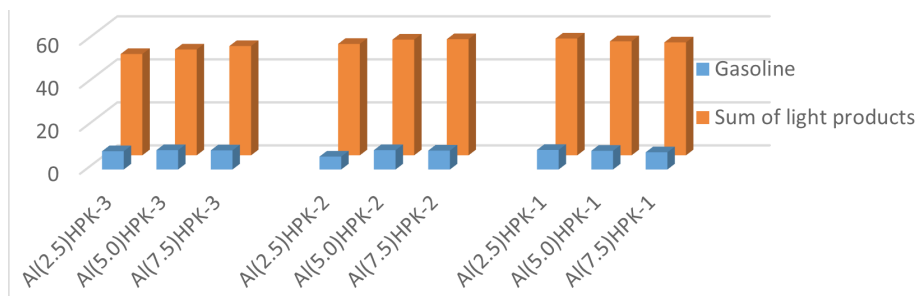


Figure 1 - The yields of gasoline and light products in an amount cracking of VG on kaolinites modified with aluminum depending on the concentration of aluminum hydroxocomplexes at 500°C

Modified by aluminum kaolinites exhibit a fairly close matrix activity. The highest yields of gasoline (9.1%) and the amount of light products (54.3%) are obtained on the Al(2.5)HPK-1 sample with the maximum initial Al_2O_3 content. The maximum yields of gasoline and light gas oil are observed on Al(5.0)HPK-2 and Al(5.0)HPK-3 contacts.

Previously (Volkova, 2020; Volkova, 2014; Zakarina, 2010) it was shown by us that the modification of kaolinites by aluminum hydroxocomplexes leads to an increase of pore volume, the number of mesopores and an increase of acidity. The data obtained suggest that the Al_2O_3 content in the initial kaolinite is one of the factors of the possible matrix activity of the sample.

As noted above, an additional modification of the Al (2.5) HPK-1 sample was carried out with an aluminum hydroxide gel. Table 4 shows data on the cracking of vacuum gas oil, a mixture of VG with 30% fuel oil and fuel oil on the Al(2.5) HPK-1 + Al₂O₃ (5%) catalyst.

Table 4 - Cracking of masut, mixtures of masut with VG and VG on the Al(2.5)HPK-1 + Al₂O₃ catalyst

Name of products	Masut		Masut + VG		VG	
	500°C	550°C	500°C	550°C	470°C	500°C
Gas	28.1	28.0	23.4	26.4	15.2	17.0
Gasoline (to 205°C)	23.8	26.8	29.6	31.9	36.7	39.1
Coke	15.1	13.3	10.0	9.0	8.5	7.8
Light gas oil (205 ⁰ – 350 ⁰ C)	19.3	20.3	25.7	21.1	28.3	28.2
Heavy gas oil	13.7	9.6	9.4	9.6	9.3	5.9
Losses	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Conversion	84.3	88.4	88.7	88.4	82.7	92.1
Sum of light products	43.1	47.1	55.3	53.0	65.0	67.3
Octane number	78	78	78	78	78	78
Total	100	100	100	100	100	100

In the cracking of VG on this modified contact at 500°C, the gasoline yield is 39.1% at 500°C. In the cracking of masut the yield of gasoline was 26.8% at 550°C, in the cracking of a mixture of masut with VG - 31.9%. The conversion of raw materials is the highest (92.1%) in VG cracking at 500°C, in masut cracking - 88.4% at 550°C. Thus, there is an economic feasibility of using a zeolite-free activated Al(2.5)HPK-1+Al₂O₃ contact in the cracking of all three types of raw materials.

Table 5 - Hydrocarbon compositions of the gasoline fraction on the Al(2.5)HPK-1 + Al₂O₃ catalyst

Raw	T, °C	Paraffins	Isoparaffins	Aromatic hydrocarbons	Naphthenes	Olefins
VG	470	14.1	26.8	29.4	11.0	17.7
VG	500	12.6	27.9	33.6	8.7	17.3
VG+M	500	12.1	25.9	27.5	10.6	23.7
VG+M	550	13.2	34.1	38.1	6.1	8.5
Masut	500	12.4	25.6	30.7	8.3	23.0
Masut	550	12.5	27.3	38.3	5.6	16.3

The gasolines of cracking are characterized by a significant content of isoparaffinic and aromatic hydrocarbons, the content of which increases with increasing temperature (table 5). Cracking on the matrix by comparison with zeolite contacts proceeds with the release of significant amounts of dry gas (table 6), which is optimal in the cracking of masut, the ratio of ethylene and propylene is close to 1.0 at the cracking of mixture and masut. In VG cracking, the propylene: ethylene ratio is 1.33. A significant amount of butylenes is formed on this catalyst (up to 13.1% in VG cracking).

Table 6 - Hydrocarbon composition of the gas phase in the cracking of masut, a mixture of masut with VG and VG on the Al(2.5)HPK-1 + Al₂O₃ catalyst at 500°C

Name of products	VG	VG+Masut	Masut
	500°C	500°C	500°C
Dry gas:	35.0	40.5	43.7
methane	15.9	25.2	26.3
ethane	19.1	15.3	17.4
Ethylene	15.1	15.9	18.1
Propane	10.1	9.8	7.0
Propylene	20.2	18.3	19.4
Iso-butane	3.5	2.9	2.5
Butane	3.0	3.5	2.7
Butylenes	13.1	9.1	6.6
Σ C ₂ + C ₃ -alkenes	35.3	34.2	37.5
ΣC ₂ + C ₄ -alkenes	48.4	43.3	44.1

CONCLUSION

On the obtained experimental data, the following conclusions are made:

1 The optimal activity in cracking is showed on Pavlodar kaolinite with the highest Al₂O₃ content and the lowest SiO₂/Al₂O₃ ratio.

2 Acid activation leads to decationing and dealumination of contacts and the convergence of SiO₂/Al₂O₃ values.

Thus, aluminum-modified acid-activated kaolinites having an initial matrix activity can be proposed as catalysts and components of cracking catalysts.

Acknowledgment

This work was supported by a grant of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (project no. AP05132064).

References

- Murray HH (2000) Traditional and new applications for Kaolin, smectite, and polyqorskite: a general overview, *Appl. Clay Sci.*, 17:207-221. DOI: 10.1016/S0169-1317(00)00016-8 (in Eng.).
- Hettinger IWP (1991) Contribution to catalytic cracking in the petroleum industry, *Appl. Clay Sci.*, 5: 445-468. DOI: 10.1016/0169-1317(91)90017-4 (in Eng.).
- Alaba PA, Sani GM, Daud WMA (2015) Kaolinite properties and advances for solid acid and basic catalyst synthesis, *RSC Advances*, 5:101127-101147. DOI: 10.1039/C5RA18884A (In Eng.).
- Miranda-Trevino JC, Coles CA (2003) Kaolinite properties, structure and influence retention on pH, *Appl. Clay Sci.*, 23(1):133-139. DOI: 10.1016/SO169-1317(03)00095-4 (in Eng.).
- Shapkin NP, Razov VI, Mayorov VI, Khalchenko IG, Shkuratov AL, Korochentsev VV (2016) Study of natural kaolinite and its modified forms [*Zh. neorg. ximii*] 61: 1519-1528. DOI: 1078681S0044457X17090124. (In Russ.)
- Silva-Valenzuela M G, Matos Z M, Shach L A, Carvalho F M C, Sayeg L J, Diaz-Valenzuela F R (2013) Engineering Properties of Kaolinite Clay with potencial Use in Drugs Cosmetics, *Int. Journ. of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3: 163-165 (in Eng.).
- Zheng ShQ, Sun ShH, Wang ZhF, Gao XH, Xu XL(2005) Suzhou kaolin as a FCC catalyst, *Clay minerals*, 40:303-310. DOI:10.1180/0009855054030175 (in Eng.).
- Rong TJ, Xiao J (2002). The catalytic cracking activity of the kaolin-group minerals, *Mater. Lett.*, 57: 297-301. DOI: 10.1016/S0167-577X(02)00781-4 (in Eng.)

Belver C, Munor MA, Vicente MA (2002) Chemical Activation of a Kaolinite under Acid and Alkaline Conditions, *Chemistry of Materials*, 14: 2033-2043. DOI: 10.1021/cm0111736 (in Eng.).

Ribero AM, Machado JHF, Costa DA (2013) Kaolin and commercial FCC catalysts in the cracking of loads of polypropylene under refinery conditions, *Brazilian J. of Chemical Engineering*, 3: 825-834. DOI 10.1590/SO104-66322013000400014. (in Eng.).

Panda AK, Mishra BG, Mishra DK, Singh RK (2010) Effect of sulphuric acid treatment on the physic-chemical characteristics of kaolin clay, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 363: 98-104. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2010.04.22. (in Eng.).

Lenarda M, Storaro L, Talona A, Moretti E, Riello P (2007) Solid Acid Catalysts from Clays: Preparation of Mesoporous Catalysts by Chemical activation of Metakaolin under Acid Conditions, *J. of Colloids and Interface Science*, 311:537-543. DOI: 10.1016/j.jcis.2007.03.015. (in Eng.).

Valaskova M, Barabaszova K, Hundakova M, Ritz M, Plevova E (2011) Effects of Brief Milling and Acid Treatment on Two Ordered and Disordered Kaolinite Structures, *Appl. Clay Sci.*, 54:70-76. DOI: 10.1016/j.clay.2011.07.014. (in Eng.).

Johnson EBG, Arshad SE.B, Asik J (2014) Hydrothermal Synthesis of Zeolite A Using Natural Kaolin from KG Gading Bongawan Sabah, *J. Appl. Sciences*, 14(23):3282-3287. DOI: 10.3923/jas.2014.3282-3287. (in Eng.).

Salahudeen N, Ahmed SA(2016) Synthesis of hexagonal zeolite Y from Kankara Kaolin using a split technique, *J. of Inclusion Phenomena and macrocyclic chemistry*, 87(1). DOI: 10.1007/s 10847-016-0686-0. (in Eng.).

Novembro D, Sabatino B, Gimeno D, Pace C (2011) Synthesis and characterization of NaX, NaA and NaP zeolites and hudroxysodalite from metacaolinite, *Clay Minerals*, 46(3):339-354. DOI: 10180/Clay min.2011.046.339. (in Eng.).

Krishnandy YK, Saragi JR, Sihombing R, Ekananda R, Sari IP, Griffiths BE, Hanna JV (2019) Synthesis and characterization of Crystalline NaY zeolite from Belitung Kaolin as Catalyst for n-Hexadecane Cracking, *Crystals*, 9(8):404. DOI: 10.3390/cryst 9080404. (in Eng.).

Melaningtyas GSA, Ekananda R, Krishnandy YK (2019) Synthesis and characterization of HY zeolite from Natural Aluminosilikate for n-Hexadecan Cracking, *Mater. Today Proc.*, 13: 76-81. DOI: 10.1016/j.matpr.2019.03.191 (in Eng.).

Subagio S, Samadhi T, Gunavan M, Rahay ES (2015) Synthesis of NaY Zeolite using Mixed Calcined Kaolins, *J. Engineering and Technology Sciences*, 47(6):633-639. DOI:10/5614/j.eng.technol.sci 2015.47-64. (in Eng.).

Hartanto D (2016) Synthesis of ZSM-5 directly from Kaolin without organic Template, *Asian Journal Chemistry*, 28(1): 211-215. DOI: 10.14233/j.chem. 2016.19348. (in Eng.).

Mohiuddin El Yu M, Mdleny MM, Key D (2018) Synthesis and Application of Porous Kaolin Based ZSM-5 in the Petrochemical Industry, *Flow in Porous media*, 1-25.Doi: 10.5772/intechopen.81375. (in Eng.).

Liu Zh, Shi Ch, Wu D, He Sh, Ren B (2016) A simple Preparative of High Silica Zeolite Y and its Performance in the Catalytic Cracking of Cumene, *J. of Nanotechnology*, 2016: 1- 6. DOI: 10.1155/2016/1486107 (in Eng.).

Makaou O. A. Dan, Gueu S., Gourouza M. ,Yao K. B.(2021) Development of semi-synthetic catalyst based on clay and their use in catalytic cracking of petroleum residue, *Applied Petrochemical Research*, 2021 11:147–154. DOI: 10.1007/s13203-021-00268-w(in Eng.).

Volkova LD, Zakarina NA, Kim OK, Akurpekova AK, Zhumadullaev DA, Yaskevich VI, Grigorjeva VP, Gabdrakipov AV (2020) Kaolinite modified by aluminum in the cracking of vacuum gasoil and its mixture with fuel oil, *News of NAS RK, Chemical Series*, 2:107-114. DOI: 10.32014/2020.2518-1491.31. (in Eng.).

Volkova LD, Zakarina NA, Akurpekova AK (2014) Cracking of heavy gas oils over (HCeY) zeolite containing aluminum pillared montmorillonite and activated caolinite clays, *Petroleum Chemistry*, 54:37-41. DOI:10.1134/S096554411404010113.(in Eng.).

Zakarina NA, Volkova LD, Kim OK, Akulova GV, Chanysheva IS, Latypov IF, Grigor'eva VP (2010) Physicochemical study of layered silicates of Kazakhstan [*Promyshlennost' Kazahstana*] 6: 83-85.(in Russ.).

CONTENTS

PHYSICAL

- B.Zh. Abdikarimov, A.Zh. Seitmuratov, Z.A. Ergalauova**
MATHEMATICAL MODELS OF RELAXATION TIMES OF
INHOMOGENEOUS LIQUIDS ALONG CRITICAL DIRECTIONS.....5
- E.A. Dmitriyeva, E.A. Bondar, I.A. Lebedev, K.K. Yelemessov,
A.E. Kemelbekova**
ANTI-REFLECTIVE COATINGS BASED ON TIN OXIDE.....16
- A.A. Zhadyranova, U. Ismail, Zh. Beisekeyeva, G. Bekova, U. Ualikhanova,**
STUDY OF THE FREEZING QUINTESENCE OF LATE-TIME SPACE
EXPANSION IN $F(R, L_m)$ GRAVITY.....26
- N. Ussipov, A. Akhmetali, M. Zaidyn, A. Akniyazova, A. Sakan,
G. Subebekova**
ENTROPY OF GRAVITATIONAL WAVES.....47

CHEMISTRY

- A.Z. Abilmagzhanov, N.S. Ivanov, I. E. Adelbayev, O.S. Kholkin**
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE PURIFICATION
OF ALKANOLAMINE SOLUTIONS.....57
- A. Auyeshov, K. Arynov, A. Dikanbayeva, A. Tasboltayeva**
INTERACTION OF SERPENTINITE FROM THE ZHITIKARA DEPOSIT
WITH STOICHIOMETRIC AMOUNT OF SULFURIC ACID.....70
- A.S. Dauletbayev, K.A. Kadirbekov, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina,
Zh.S. Mukhatayeva**
PURIFICATION OF WASTE SOLUTIONS GENERATED DURING
URANIUM PRODUCTION WITH POLYMER FLOCCULANTS.....83
- L.D. Volkova, N.A. Zakarina, O.K. Kim, A.K. Akurpekova, A.V.
Gabdrakipov, T.V.Kharlamova**
INFLUENCE OF MODIFICATION OF KAOLINITES BY ALUMINUM
OXIDE ON THE CRACKING ACTIVITY OF PETROLEUM RESIDUE.....96
- Zh. Kairbekov, T.Z. Akhmetov, M.Z. Esenalieva, I.M. Dzheldybaeva,
S.M. Suimbayeva, M.Zh. Zhomart**
SELECTIVE HYDROGENATION OF ISOPRENE, PIPERYLENE AND THEIR
MIXTURES ON SKELETAL NICKEL CATALYSTS.....108

**A.K. Toktabayeva, R.K. Rakhmetullaeva, G.S. Irmukhamedova,
G.O. Rvaidarova, G.D. Issenova**

STUDY OF THE PHYSIC-CHEMICAL PROPERTIES OF
THERMOSENSITIVE COPOLYMERS BASED ON POLYETHYLENE
GLYCOL.....122

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, З.А. Ергалауова
БІРТЕКТІ ЕМЕС СҰЙЫҚТАРДЫҢ КРИТИКАЛЫҚ БАҒЫТТАР
БОЙЫНДАҒЫ РЕЛАКСАЦИЯ УАҚЫТЫ БОЙЫНША МАТЕМАТИКАЛЫҚ
МОДЕЛЬДЕРІ.....5

**Е.А. Дмитриева, Е.А. Бондарь, И.А. Лебедев, К.К. Елемесов,
А.Е. Кемелбекова**
ҚАЛАЙЫ ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ШАҒЫЛЫСТЫРУҒА ҚАРСЫ
ЖАБЫНДАР.....16

**А.А. Жадыранова, У. Исмаил, Ж.М. Бейсекеева, Г.Т. Бекова,
У.А. Уалиханова**
 $F(R, L_m)$ ГРАВИТАЦИЯДАҒЫ КЕШ ҒАРЫШТЫҚ КЕҢЕЮДІҢ
МҰЗДАТЫЛҒАН КВИНТЕССЕНЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....26

**Н. Усипов, А. Ахметәлі, М. Зайдын, А. Акниязова, А. Сақан,
Г. Сүбебекова**
ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ЭНТРОПИЯСЫ.....47

ХИМИЯ

А.З. Абильмагжанов, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, О.С. Холкин
АЛКАНОЛАМИН ЕРІТІНДІЛЕРДІ ТАЗАЛАУДЫҢ
АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ.....57

А. Ауешов, К. Арынов, А. Диканбаева, А. Тасболтаева
«ЖІТІҚАРА» КЕНОРНЫНЫҢ СЕРПЕНТИНИТІНІҢ КҮКІРТ
ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ СТЕХИОМЕТРИЯЛЫҚ МӨЛШЕРІМЕН
ӘРЕКЕТТЕСУІ.....70

**Ә.С. Дәулетбаев, К.А. Кадирбеков, С.О. Абилкасова,
Л.М. Калимолдина, Ж.С. Мұқатаева**
УРАН ӨНДІРУ БАРЫСЫНДА ТҮЗІЛЕТІН ҚАЙТАРЫМДЫ
ЕРІТІНДІЛЕРДІ ПОЛИМЕРЛІ ФЛОКУЛЯНТТАРМЕН ТАЗАЛАУ.....83

**Л.Д. Волкова, Н.А. Закарина, О.К. Ким, А.К. Акурпекова,
А.В. Габдракипов Т.В.Харламова**
КАОЛИНИТТЕРДІ АЛЮМИНИЙ ОКСИДІМЕН ТҮРЛЕНДІРУДІҢ
ҚАЛДЫҚ МҰНАЙ ҚОРЫМДАРЫНЫҢ КРЕКИНГТЕГІ
БЕЛСЕНДІЛІККЕ ӘСЕРІ.....96

**Ж. Каирбеков, Т.З.Ахметов, М.З. Есеналиева, И.М. Джелдыбаева,
С. М. Суймбаева, М.Ж. Жомарт**
ИЗОПРЕНДІ, ПИПЕРИЛЕНДІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚОСПАЛАРЫН
ҚАҢҚАЛЫ НИКЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА ТАЛҒАМПАЗДЫ
ГИДРЛЕУ.....108

**А.Қ. Тоқтабаева, Р.Қ. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова,
Г.О. Рвайдарова, Г.Д. Исенова**
ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРДІҢ
ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....122

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, З.А. Ергалауова
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВРЕМЕН РЕЛАКСАЦИИ
НЕОДНОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ВДОЛЬ КРИТИЧЕСКИХ
НАПРАВЛЕНИЙ.....5

**Е.А. Дмитриева, Е.А. Бондарь, И.А. Лебедев, К.К. Елемесов,
А.Е. Кемелбекова**
АНТИОТРАЖАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ОЛОВА.....16

**А.А. Жадыранова, У. Исмаил, Ж.М. Бейсекеева, Г.Т. Бекова, У.А.
Уалиханова**
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМОРОЖЕННОЙ КВИНТЭССЕНЦИИ ПОЗДНЕГО
КОСМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ В $F(R, L_m)$ ГРАВИТАЦИИ.....26

**Н. Усипов, А. Ахметәлі, М. Зайдын, А. Акниязова*, А. Сақан,
Г. Сүбебекова**
ЭНТРОПИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН.....47

ХИМИЯ

А.З. Абилямгажанов, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, О.С. Холкин
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ
РАСТВОРОВ АЛКАНОЛАМИНОВ.....57

А. Ауешов, К. Арынов, А. Диканбаева, А. Тасболтаева
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕРПЕНТИНИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ
"ЖИТИКАРА" СО СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИМ КОЛИЧЕСТВОМ
СЕРНОЙ КИСЛОТЫ.....70

**А.С. Даулетбаев, К.А. Кадирбеков, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина,
Ж.С.Мукатаева**
ОЧИСТКА ОБОРОТНЫХ РАСТВОРОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ УРАНА ПОЛИМЕРНЫМИ ФЛОКУЛЯНТАМИ.....83

**Л.Д. Волкова, Н.А. Закарина, О.К. Ким, А.К. Акурпекова,
А.В. Габдракипов, Т.В.Харламова**
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ КАОЛИНИТОВ ОКСИДОМ
АЛЮМИНИЯ НА АКТИВНОСТЬ В КРЕКИНГЕ ОСТАТОЧНОГО
НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ.....96

**Ж. Каирбеков, Т.З. Ахметов, М.З. Есеналиева, И. М. Джелдыбаева,
С.М. Суймбаева*, М.Ж. Жомарт**
СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ИЗОПРЕНА, ПИПЕРИЛЕНА И ИХ
СМЕСЕЙ НА СКЕЛЕТНЫХ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ.....108

**А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, Г.О. Рвайдарова,
Г.Д. Исенова**
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОПОЛИМЕРОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ.....122

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 12.12.2023.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.

*РОО «Национальная академия наук РК» 050010,
Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-19*