

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

2023 • 3



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ

HALYK

CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»
ЧФ «ХАЛЫҚ»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

Б А С Р Е Д А К Т О Р :

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

Р Е Д А К Ц И Я Л Ы Қ А Л Қ А :

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, Корея 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 Хамдар 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 Hernando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСНОВ 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)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 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 Асава 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, Казахстанско-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 347 (2023), 210–243

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.237>

UDC 541.18:502.21

© **A.A. Shinibekova**¹, **J.L. Diaz de Tuesta**², **B.K. Massalimova**^{3*}, 2023

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

²Rey Juan Carlos University, Madrid, Spain;

³M.Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan.

E-mail: massalimova15@mail.ru

REVIEW: DEVELOPMENT OF CARBON-BASED MATERIALS FROM NATURAL RESOURCES

Shinibekova Assem Abdula-khaimovna — M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz.
Department of Chemistry and Chemical Engineering, Taraz 080012, Kazakhstan
E-mail: a.s.e.m@list.ru. ORCID: 0000-0001-7541-0117;

Jose Luis Díaz de Tuesta — PhD, Rey Juan Carlos University, Madrid, Spain
E-mail: joseluis.diaz@urjc.es. ORCID: 0000-0003-2408-087X;

Massalimova Bakytgul Kabykenovna — Professor at the Department of Chemistry and
Chemical Technology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan
E-mail: massalimova15@mail.ru, bkmasalimova@ku.edu.kz. ORCID: 0000-0003-0135-9712.

Abstract. Chemical deposition, electrochemical method, ion exchange, membrane filtration and adsorption are currently used to remove heavy metals from water, and these technologies have their advantages and disadvantages in real conditions. The adsorption method is the most acceptable process, considering the removal capacity, energy consumption, sensitivity to conditions of use and secondary pollution. Conventional adsorbents include cheap materials, carbon-containing materials and modified materials, and the variety and sources of origin of these adsorbents are extensive, they can be selected according to local conditions in different countries and regions in water treatment. The main characteristics of adsorption are: ease of use, renewable adsorbent and low toxicity, indicating the effectiveness of the use of adsorption when removing heavy metals from water. Annual crops produce a large amount of agricultural waste. The use of agricultural by-products as a raw material for the production of a sought-after adsorbent, such as activated carbon, increases the value of the harvested crop. The high cost of importing activated carbon in most developing countries accounts for the limitations of their ability to produce sufficiently safe drinking water for their population. Worldwide, emphasis is placed on the use of inexpensive and appropriate technologies for the purification of drinking water. Previous research has focused on using local

agricultural waste to produce local water treatment materials. The most suitable parameters for the production of activated carbon are large materials with a high carbon content, low content of inorganic substances, high content of volatile substances, high density, low decomposition during storage, tendency to activation, microstructures within themselves and high performance during activation.

Keywords: activated carbon, carbonization, agricultural waste, heavy metal ions, water treatment

© А.А. Шинибекова¹, Х.Л. Диаз де Туеста², Б.К. Масалимова^{3*}, 2023

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

²Король Хуан Карлос университеті, Мадрид, Испания;

³М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Петропавл, Қазақстан.

E-mail: massalimova15@mail.ru

ТАБИҒИ РЕСУРСТАРДАН КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ: ШОЛУ

Шинибекова Асем Абдула-хаимовна — постдокторант, М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан

E-mail: a.s.e.m@list.ru. ORCID: 0000-0001-7541-0117;

Хосе Луиз Диаз де Туеста — PhD, Король Хуан Карлос университеті, Мадрид, Испания

E-mail: joseluis.diaz@urjc.es. ORCID: 0000-0003-2408-087X;

Масалимова Бакытгуль Кабыкеновна — «Химия және химиялық технология» кафедрасының профессоры, М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан

E-mail: massalimova15@mail.ru, bkmasalimova@ku.edu.kz. ORCID: 0000-0003-0135-9712.

Аннотация. Қазіргі таңда судан ауыр металдарды жою үшін химиялық тұндыру, электрохимиялық әдіс, ион алмасу, мембраналық сүзу және адсорбция қолданылады және бұл технологиялар нақты жағдайларда артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Жою сыйымдылығын, энергияны тұтынуды, пайдалану жағдайларының сезімталдығын және екіншілік ластануды ескерсек, адсорбция әдісі ең жақсы процесс болып табылады. Кәдімгі адсорбенттерге арзан материалдар, көміртегі бар материалдар және түрлендірілген материалдар жатады және бұл адсорбенттердің әртүрлілігі мен шығу көздері ауқымды болып табылады, оларды суды тазартуда әртүрлі елдер мен аймақтардағы жергілікті жағдайларға сәйкес таңдауға болады. Адсорбцияның негізгі сипаттамаларының маңыздысы: пайдаланудың қарапайымдылығы, жаңартылатын адсорбент және төмен уыттылық болып табылады, бұл судағы ауыр металдарды жою кезінде адсорбцияны қолданудың тиімділігін көрсетеді. Жыл өткен сайын жиналған дәнді дақылдар көп мөлшерде ауыл шаруашылығы қалдықтарын шығарады. Белсендірілген көмір сияқты сұранысқа ие адсорбентті өндіру үшін бастапқы материал

ретінде ауылшаруашылық қосалқы өнімдерін пайдалану жиналған дақылдың құндылығын арттырады. Дамушы елдердің көпшілігінде белсендірілген көмір импортының жоғары құны олардың өз халқы үшін жеткілікті қауіпсіз ауыз су өндіру мүмкіндігінің шектеулілігін түсіндіреді. Бүкіл әлемде ауыз суды тазарту үшін арзан және қолайлы технологияларды қолдануға баса назар аударылып отыр. Алдыңғы зерттеулер суды тазарту үшін жергілікті материалдарды өндіру үшін жергілікті ауылшаруашылық қалдықтарын пайдалануға бағытталған. Құрамында көміртегі мөлшері жоғары, бейорганикалық заттардың мөлшері аз, ұшқыш заттардың мөлшері жоғары, тығыздығы жоғары, сақтау кезінде ыдырауы аз, активтенуге бейім, өз ішінде микроқұрылымдары бар және белсендірілген кезде жоғары өнімділік беретін үлкен материалдар ретінде белсендірілген көмірді алу үшін ең қолайлы параметрлар болып табылады.

Түйін сөздер: белсендендірілген көмір, карбонизация, ауылшаруашылық қалдықтары, ауыр металл иондары, суды тазарту

© А.А. Шинибекова¹, Х.Л. Диаз де Туеста², Б.К.Масалимова^{3*}, 2023

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

²Университет Короля Хуана Карлоса, Мадрид, Испания;

³Северо-Казахстанский университет М.Козыбаева,
Петропавловск, Казахстан.

E-mail: massalimova15@mail.ru

ОБЗОР: РАЗРАБОТКА УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Шинибекова Асем Абдула-хаймовна — Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан, Тараз, Казахстан
E-mail: a.s.e.m@list.ru. ORCID: 0000-0001-7541-0117;

Хосе Луиз Диаз де Туеста — PhD, Университет Короля Хуана Карлоса, Мадрид, Испания
E-mail: joseluis.diaz@urjc.es. ORCID: 0000-0003-2408-087X;

Massalimova Bakytgul Kabukenovna — профессор кафедры «Химия и химическая технология», Северо-Казахстанский университет М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан
E-mail: massalimova15@mail.ru, bkmasalimova@ku.edu.kz. ORCID: 0000-0003-0135-9712.

Аннотация. В настоящее время для удаления тяжелых металлов из воды применяются химическое осаждение, электрохимический метод, ионообмен, мембранная фильтрация и адсорбция – эти технологии имеют свои преимущества и недостатки в реальных условиях. Метод адсорбции является наиболее оптимальным, учитывая емкость удаления, потребление энергии, чувствительность к условиям использования и вторичное загрязнение. Обычные адсорбенты включают дешевые углеродсодержащие и модифицированные материалы, а разнообразие и источники происхождения этих адсорбентов обширны, их можно выбрать в соответствии с местными условиями в разных странах и регионах при очистке воды. Основными характеристиками

адсорбции являются: простота использования, возобновляемый адсорбент и низкая токсичность, что свидетельствует об эффективности использования адсорбции при удалении тяжелых металлов из воды. Ежегодные зерновые культуры производят большое количество сельскохозяйственных отходов. Использование сельскохозяйственных побочных продуктов в качестве исходного материала для производства востребованного адсорбента, такого как активированный уголь, увеличивает ценность собранного урожая. Высокая стоимость импорта активированного угля в большинстве развивающихся стран объясняет ограниченность их способности производить достаточно безопасную питьевую воду для своего населения. Во всем мире упор делается на использование недорогих и безопасных технологий для очистки питьевой воды. Предыдущие исследования были сосредоточены на использовании местных сельскохозяйственных отходов для производства материалов для очистки воды. Наиболее подходящими параметрами для получения активированного угля являются материалы с высоким содержанием углерода, низким содержанием неорганических веществ, высоким содержанием летучих веществ, высокой плотностью, низким разложением при хранении, склонностью к активации, микроструктурами внутри себя и высокой производительностью при активации.

Ключевые слова: активированный уголь, карбонизация, сельскохозяйственные отходы, ионы тяжелых металлов, очистка воды

Кіріспе

Тау-кен, металлургия, химия өнеркәсібінің, аккумулятор өндірісінің дамуы және пестицидтер мен тыңайтқыштарды кеңінен қолдану жер үсті және жер асты суларына ауыр металдардың көп мөлшерде шығарылуын тудырды. Pb, Cu, Cr, Cd, Hg, Zn, Ni, As және басқа да ауыр металдар отқа төзімді болуы мүмкін және организмдерде жиналып, улануды немесе созылмалы ауруларды тудыруы мүмкін. Америка Құрама Штаттарында, Жапонияда, Үндістанда және Түркияда кейбір өзендер, сулы-батпақты жерлер немесе шығанақтар ауыр металдардың ластануынан зардап шегіп отырғаны айтылған. Соңғы жылдары Қытайда ауыр металдардың ластануымен байланысты апаттар жиі болды: Тайху көлдері, Чаоху көлдері, Дунтин көлдері, Поянху көлдері, Сунгари өзендерінің салалары, Инжу өзені, Цзюлун өзені және басқа да тұщы су ресурстары әртүрлі дәрежеде ауыр металдармен ластанған. Ауыр металдардың ластануы адам денсаулығына және ауыз су мен суды пайдалану қауіпсіздігіне үлкен қауіп төндірді (Zuo және т.б., 2018).

Белсендендірілген көмірдің қасиеттері көбінесе бастапқы материалдың химиялық және физикалық сипаттамаларына және қолданылатын белсендендіру әдісіне байланысты. Сонымен қатар, температура мен белсендіру уақыты алынған көміртектің сипаттамасына әсер етеді. Бірнеше зерттеушілердің назары кең таралған және жаңартылатын көз болып табылатын ауылшаруашылық қалдықтарынан арзан белсендендірілген көмір алуға

аударылған. Белсендірілген көмір сияқты ауылшаруашылық қалдықтарынан құнды өнімдерді өндіру оның қолданылуын жақсартады, жанама өнімдерді азайтады және халыққа табыс әкеледі. Белсендірілген көмір суды ұзақ уақыт бойы тазарту үшін қолданылған, бірақ соңғы уақытта жеміс-жидек, күріш қабығы, сабан, кокос қалдықтары, кофе қалдықтары, көкөніс қабығы, шлам сияқты ауылшаруашылық қалдықтарының арзан адсорбенттерін жасауға баса назар аударылды.

Жергілікті табиғи өнімдерді қолдану арқылы жалпы тазалау шығындарын азайтатын процестер ұтымды болады, өйткені олар импортталған химикаттармен суды өңдеуге тәуелділікті азайтады, тасымалдауға қойылатын талаптары аздау және су сапасы мәселелеріне жергілікті және қолайлы шешімдерді ұсынады. Белсендендірілген көмір өндіру үшін ауылшаруашылық қалдықтарының мөлшері жергілікті жерде көп және қол жетімді болуы керек.

Белсендірілген көмірге сұраныс жыл сайын артып келеді және нарықтың өсуі жылына 4,6% - ға бағаланады. Бұл сұранысты белсендірілген көмір өндіруге қол жетімді шикізаттың үлкен мөлшерімен қол жеткізуге болады. Малайзияда жыл сайын шамамен 1,2 миллион тонна ауылшаруашылық қалдықтары өндіріледі, осы қалдықтар жағылады, бірақ олар атмосфераны ластауы мүмкін. Үндістанда қалдықтарды өңдеудің кең таралған технологиясы – қалдықтарды жерге көму (70–90 %). Берлинде қалдықтарды жағады және көмеді, бірақ осы технология метанның бөлінуіне әкелуі мүмкін. Нигерияның ауылшаруашылық секторы жүгері, күріш және жержаңғақ қалдықтарының көп мөлшерін шығарады, олардың көпшілігі пайдаланылмайды. Кейінгі алынған көмірдің жарамдылығы оның адсорбциялық қабілетімен және регенерация сипаттамаларымен анықталады.

Көптеген елдердегі ауылдық жерлерде суды тазартудың табиғи процестеріне баса назар аудару судың сапасыздығына байланысты бірқатар мәселелерді шешуге бағытталған, олардың арасында импортталған коммерциялық көміртекті пайдаланбай ластанған су көздерінен микро ластаушы заттарды, дәм мен жағымсыз иістерді кетіруге мүмкіндік беретін жергілікті қол жетімді, арзан және дайындалуы қарапайым, қоршаған ортаға зияндылығы аз болып келетін арзан активтендірілген көмір алу қажеттілігі туындап отыр.

Түрлендірілген және түрлендірілмеген ауыл шаруашылығы қалдықтары нақты өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту кезінде мүмкіндігі анықталды, бірақ мұндай материалдарды өнеркәсіптік ауқымда қолдану әлі де толық зерттелмеген. Шынында да, өнеркәсіптік ауқымда ағынды суларды тазарту үшін шикізат немесе тіпті модификацияланған ауыл шаруашылығы қалдықтарын пайдалану экономикалық тиімділікке, қолжетімділікке және ауқымды талапқа байланысты кейбір мәселелер туындауы мүмкін. Дегенмен, өнеркәсіптік ағынды суларды үшінші реттік тазарту үшін сүзу ортасы ретінде құмның орнына ауылшаруашылық қалдықтарын қолдану олардың жоғары сүзілу жылдамдығына, жылуды жоғалтуға, сүзу уақытының ұзағырақ болуына және кері жууға арналған суды аз пайдалануына байланысты нәтижелер көрсетті.

Ауылшаруашылық қалдықтарынан алынған материалдар қазіргі уақытта ауыр металдарды жою үшін қолданылатын көміртегі мен органикалық шайырларға қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие болғанымен, олар әлі де айтарлықтай коммерциялық мақсатта пайдаланылған жоқ. Негізгі себеп, мүмкін, мұндай процесті масштабтау туралы білімнің болмауы. Ғалымдар, инженерлер, биологтар, материал ғалымдары және агроном ғалымдар арасындағы пәнаралық ынтымақтастық мұндай материалдарды өнеркәсіптік ауқымда енгізуді жеделдетуге көмектесуі мүмкін.

Көптеген зерттеу топтары коагуляция, тұндыру, еріткіш экстракциясы, ион алмасу, фотокатализ, цементтеу, адсорбция, ультрафилтрация, озондау, биодеградация немесе осы әдістердің комбинациясы сияқты әртүрлі әдістерді қолдана отырып, ағынды сулардан ластаушы заттарды жоюға өздерінің ғылыми қызығушылықтарын тудырып отыр. Аталған әдістердің кейбіріне қатысты мәселелер процесті жүргізу үшін жоғары энергияны, қажетті химиялық заттардың көп мөлшерін, жоғары пайдалану шығындарын және/немесе жоғары күрделі шығындарды, жоюдың талғамды болмауы мен тиімсіздігін қамтыды.

Ауыр металдар негізінен жоғары атомдық массасы және тығыздығы ($> 5 \text{ г см}^{-3}$) бар элементтер. Бұл металдардың кейбірі жануарларға өте қажет, адам метаболизмі үшін таптырмас функциялары бар. Көптеген зерттеулер кейбір ауыр металдардың канцерогенді болуы мүмкін екенін көрсетеді (алты валентті хром, мышьяк, кобальт, никель, сурьма, ванадий және сынап), мутагенді (мышьяк және ванадий), тератогенді (мышьяк), аллергенді (никель) немесе эндокринді бұзатын (күміс, мыс, мырыш және селен). Никельдің төмен деңгейі өсуді азайтады құрсақшілік даму және оның жетіспеушілігі темірдің сіңуін төмендетіп, анемияға әкеледі. Құрамында осы металдың қосылыстарынан негізгі қосалқы әсері бар тері аллергиясы, өкпе фиброзы және жасушаларға ену қабілетіне байланысты өкпе рагын тудырады.

Осыған қарамастан никель (II) негізінен тот баспайтын өндіріс процесінде қолданылады болат, металл қорытпалары және аккумуляторлар. Бұл металдың қоршаған ортаға шығарылуы әртүрлі салалардан болуы мүмкін, мысалы, мырыш өнеркәсібі және аккумулятор батареялары, күміс өңдеу зауыты, никельді өндіру және металлургия. Ауыз судағы, ағынды судағы никельдің шекті рұқсат концентрациясы анықталған (Diaz De Tuesta және т.б., 2022). Никельдің ағынды сулардағы концентрациясы әртүрлі болуы. Көміртегі негізіндегі бірнеше адсорбенттердегі адсорбция никельді жоюдың тиімді әдістерін құруға әкелді. Көптеген зерттеулерде жоғары сіңіру қабілетіне байланысты ағынды сулардан никельді жою үшін ауыр металдардың жоғары концентрациясы ескерілген. Сонымен, әртүрлі көміртекқұрамды материалдар ағынды суларды тазартуда жоғары тиімділік көрсетеді. Ауылшаруашылық қалдықтарынан алынған жоғары катализдік қасиеті бар белсендендірілген көмірді ағынды сулар мен ауылшаруашылықтың қосалқы өнімдерін қайта өңдеуде маңызы зор.

Ағынды және ауыз сулардың ластануы

Қоршаған ортаның ластануы, атап айтқанда, табиғи, ауыз және ағынды сулар, радионуклидтер, ауыр металдар, мышьяк, табиғи және өндірістік көмірсутектер, беттік белсенді заттар, пестицидтер, нитраттар, нитриттер, зооантропоноздардың қоздырғыштары сияқты ғаламдық экологиялық мәселелерге тап болдық. Осы мәселелер адам денсаулығына қауіпті органикалық және бейорганикалық заттардың жиналуына байланысты халықтың аурушаңдығы мен өлімінің өсуіне әкеледі. Өндірістің үнемі өсіп келе жатқан ауқымы және судың сапасына қойылатын талаптардың артуына байланысты табиғи, ауыз және ағынды суларды тазартудың тиімді әдістерін зерттеуді талап етеді. Бұл мәселені шешу үшін ұтымды қолданылатын және ең тиімдісі болып табылатын әдістердің ішінде судағы улы қоспалардың мөлшерін рұқсат етілген шекті концентрацияға дейін төмендетуге мүмкіндік беретін белсендендірілген көмірлер мен басқа материалдардағы сорбцияны атауға болады (Семпел және т.б.). Суды тазарту тәжірибесіне байланысты жоғары тиімді, бірақ қымбат АГ-ОВ-5, СКД-515, ДАК, КАД, МИУ-С (Миусорб) типті белсендендірілген көмірді пайдаланады. Бұл материалдардың артықшылықтарына қарамастан, оларды судан еріген органикалық қосылыстарды бөліп алу үшін пайдалану сүзу қабатының жеткілікті мөлшердегі биіктігін құру қажеттілігімен шектеледі. Бұл белсендірілген көмірлердің кеуекті құрылымының ерекшелігіне байланысты, олардың маңызды бөлігі сорбент түйірінің ішіндегі сорбат молекулаларының диффузия жылдамдығын шектейтін мезо- және макрокеуектер болып табылады.

Сондықтан мұндай сорбенттер тазартылған суға салыстырмалы түрде төмен талаптары бар сүзу қабатының үлкен ауданы мен биіктігі бар адсорберлерде үлкен су ағындарын тазарту үшін ең тиімді қолданылады. Тиімді сорбенттер алу үшін әртүрлі әдістермен белсендірілген ең қарапайым материалдарды (мақта, маталар, киіз және т.б.) пайдалануға болады. Алынған жаңа композициялық материалдар фильтрациялық, адсорбциялық және ион алмасу қасиеттерін жақсы үйлестіреді және аппаратқа орналастырылған кезде түйіршікті сорбенттерге қарағанда артықшылықтары бар.

Табиғи минералды сорбенттер судың сапасын жақсарту үшін перспективалы материалдар ретінде қарастырылады: әртүрлі саздар, цеолиттер, құрамында цеолиті бар тау жыныстары және т.б. Басқа сорбенттермен салыстырғанда мұндай материалдардың артықшылығы, ең алдымен, олардың Ресейде және Вьетнам, Қытай, Қазақстан сияқты басқа елдерде айтарлықтай қорларының жеткілікті болуы, табиғи шығу тегі, арзандығы, өндіру мен өндеудің қолжетімділігі. Технологиялық қасиеттердің бірегей кешені – сорбциялық, ионалмастырушы, молекулалық елеуіш, сондай-ақ оларды түрлендіру, жою, регенерациялау мүмкіндігі сорбциялық технологияда таптырмас материал болып табылады.

Табиғи, ағынды және ауыз суды тазарту мәселесін шешу ретінде ұнтақталған кофе қабығының пиролизі өнімдерімен түрлендірілген монтморилонитті

сазбалшықтар негізінде композициялық сорбциялық белсенді материал әзірленген. Зертханалық жағдайларда ауыр металл иондарына, органикалық бояғыштарға және асқазан-ішек тобындағы патогендік бактерияларға сорбент ретінде оң әсері бар материал ретінде сыналған. Зерттеуде пайдаланылған шикізат ретінде Тамбо кен орнының (Вьетнам, Лам Донг провинциясы) монтмориллониті бар сазбалшықтары алынған, оларға келесі ВТ 1.1, ВТ 1.2, ВТ 1.3, ВТ 6 таңбалар қойылған және Вьетнам ғылым және технология академиясына қарасты Экологиялық технологиялар институты берген кофе қабықтары зерттелген. Кофе қабығы өндіріс қалдықтары болып табылады, сондықтан композициялық сорбциялық белсенді материалды компонент ретінде қайта өңдеу оны жою мәселесін шешеді. Шикізат пен синтез өнімдерінің материалды құрамы CoKa1 анодты, кернеуі $U=60$ кВ болатын ARL 9900 сериялы рентгендік жұмыс станциясының көмегімен рентгендік фазалық және рентгендік флуоресценциялық талдау арқылы зерттеліп, сорбция сипаттамалары спектрофотометриялық әдіспен анықталған. Органикалық бояғыштарға қатысты сорбциялық қабілетін анықтау үшін сазбалшық үлгілерінің метиленді көк және конго қызыл бояғыштарына қатысты сіңіру қабілетіне сынақтар жүргізілді. Зерттеуде келесі эксперименттік көрсеткіштер қолданылған: сорбент үлгісінің салмағы 1 г, жұмыс ерітіндісінің көлемі 20 мл, метилен көгінің концентрациясы (Конго қызыл) 20 мг/дм^3 , жанасу уақыты 24 сағат және ол үш рет қайталанған. Сорбцияның тиімділігі келесі теңдеу арқылы есептелген:

$$\alpha = \frac{(C_{\text{баст.}} - C_{\text{к}})}{C_{\text{баст.}}} \times 100\%$$

мұндағы $C_{\text{баст.}}$ – ерітіндідегі метилен көгінің (Конго қызылы) бастапқы концентрациясы, мг/дм^3 ; $C_{\text{к}}$ – сорбция процесінен кейінгі ерітіндідегі метиленді көк (Конго қызылы) концентрациясы, мг/дм^3 . Темір катиондарын, органикалық бояғыштарды сорбциялау тиімділігін және тәжірибелік сорбенттердегі сорбция процесінің сандық сипаттамаларын анықтау үшін статикалық әдіс қолданылды. Пайдаланылған табиғи сазбалшықтар алдын ала ұсақталып, түйіршік мөлшері 1–2 мм болатын фракция бөлініп алынды.

Темір (III) хлоридінің ерітіндісінен сұйылту әдісімен Fe^{3+} катиондарының әртүрлі концентрациясы бар үлгі ерітінділер дайындалды. Зерттеу процесінде ерітінділердегі рН түзетілмеген, тотықтырғыштар қосылмаған. Темір катиондарының концентрациясы стандартты әдіс бойынша SPECORD 210 PLUS спектрофотометрінде фотометриялық әдіспен сорбция процесіне дейін және одан кейін анықталған (Везенцев және т.б., 2015). Ламдонг провинциясының сазбалшық үлгілерінің химиялық және минералогиялық құрамдарын анықтау ұнтақты материалдарды талдаудың рентгендік-флюорисцентті және рентгендік-фазалық әдістерін қолдану арқылы жүргізілген. Ұсынылған үлгілердің құрамында монтмориллонит тобының минералдарына негізделген сазбалшықтарға тән кремний, алюминий және

кальций оксидтері, атап айтқанда сілтілі жер металдарының иондары бар алюминий диоктаэдрлік монтмориллонит анықталған. Алюминий оксидінің едәуір жоғары мөлшері монтмориллонит-каолинитті сазбалшықтарға тән. Ұсынылған үлгілерде темір оксидінің (Fe_2O_3) жоғары мөлшері 3.58 масс.% -8.57 масс.%; натрий оксиді 0,745 масс.%-3,931 масс.% дейін аралығында байқалған. Жүргізілген жұмыстың нәтижесінде кофе қабығының пиролиз өнімдерімен түрленген монтмориллонит сазбалшығының негізінде ВШК-1 композициялық сорбенті алынған. ВШК-1 композициялық сорбентінің метилен көгіне қатысты жоғары сорбциялық қабілеті 82.5 % құрайды.

Композиттік сорбенттің құрамына кіретін монтмориллонит сазбалшығының жоғары сорбциялық қабілеті оның электрокинетикалық потенциалы теріс болса, метилен көгінде оң болады. Тәжірибелік сорбенттің де конго қызылына қатысты сорбциялық қабілеті жоғары 38,5 %, яғни монтмориллонит сазбалшығының сорбциялық қабілеті — 17,2 %, бұл кофе қабығының пиролиз өнімдерін ВШК-1 композициялық сорбентінің түрлендіруші агенті ретінде қолданудың тиімділігін көрсетеді. ВШК-1 композициялық сорбентінің темір иондарына (Fe^{3+}) қатысты жоғары сорбциялық қабілеті 97.36 % құрайды. Өзірленген сорбент органикалық поллютанттарды тиімді сорбциялау арқылы минералды сорбенттердің қолдану аясын кеңейтеді. Сонымен қатар, жұмыста кофе өндірісінің қалдықтарын жою және қайта пайдалану мәселесін шешу жоладры көрсетілген (Везенцев және т.б., 2015).

Белсендендірілген көмірдің адсорбент ретінде қолданылуы

Белсендендірілген көмір (БК) суды тазартуда қолданылатын реагенттердің бірі болып табылады. Бұл көміртегіден тұратын және газды, буларды және еріген заттарды жақсы сіңіру қабілеті бар жоғары дамыған кеуекті құрылымы бар сорбент. Ол адсорбция арқылы дәм, иіс, түсті және органикалық ластаушы заттарды (пестицидтерді) және судағы кейбір ауыр металдарды жояды. Белсендендірілген көмір алудың негізгі шикізаттары: ағаш, шымтезек, қоңыр және тас көмір, антрацит, әртүрлі биоқалдықтар. Кот-д'Ивуар Республикасында (Батыс Африка) «Батыс анакардиум» (*Anacardium occidentale*) деп аталатын өсімдік бар. Бұл ағаштың жемістері алма мен жаңғақтан тұратын кешью ретінде танымал өсімдік. *Anacardium* алмасы жеуге жарамды, өте шырынды және С дәруменіне бай. Ол джем, шырын, спирт, сірке суы немесе сироп жасау үшін қолданылады. Піскен кешью жаңғағы сұр немесе сұр-қоңыр түсті болуы мүмкін және оның ішінде жаңғақ қабығын ажыратқаннан кейін алынатын ақ өзегі бар. Жаңғақ өзегін өңдеусіз жеуге болады. Сондай-ақ тамақ өнеркәсібінде кондитерлік өнімдер (балмұздақ, торттар, нуга, шоколад, май) және медицина өндірісінде қолданылады. Кот-д'Ивуар Республикасы Африкадағы кешью жаңғақтарының ең ірі өндірушісі 2010 жылы 380 мың тонна, 2012 жылы 450 мың тонна, 2015 жылы 625 мың тонна және 2016 жылы шамамен 725 мың. тоннаны құрады, бұл әлемдегі жалпы өндірістің 24 %-ын құрады. 2018 жылы бұл өнімнің 750 мың тоннасы өндірілді. Жаңғақты өңдеу кезінде қоршаған ортаны ластаушы зат ретінде жаңғақтың қабығы көп мөлшерде

түзіледі. Ғылыми әдеби дереккөздерге сүйенсек, кешью жаңғағының қабығы суды тазартуға арналған адсорбент ретінде белсендендірілген көмір алуға арналған шикізат ретінде әлі қарастырылмаған. Осыған байланысты бұл жұмыста анакардиум жаңғағы қабығынан бу-газды белсендендіру әдісімен белсендірілген көмір алу мүмкіндігін қарастырылған. Зерттеу объектісі OLAM зауытының (Димбокро, Кот-д'Ивуар Республикасы) қалдықтары болып табылатын өлшемі $d = 2,5 \div 3,5$ мм анакардиум жаңғағының қабығы болды. Өйткені анакардиум жаңғағы қабығының құрамында кешью жаңғағы қабығы сұйық (CNSL) майы бар, қабықтың жануы кезінде адамға және қоршаған ортаға зиян келтіретін қышқыл буларының бөлінуіне байланысты оны алдын-ала бөліп алады. Әдебиет көздеріне сәйкес, анакардиум жаңғағының қабығынан кешью жаңғағы қабығы сұйық (CNSL) майын алудың бірнеше әдістері бар: CO_2 көмегімен; жылдам күйдіру арқылы; қатты қыздырылған буды қолдану; еріткіш қолдану арқылы (Smith Jr. және т.б., 2003).

Әр жағдайда мамандандырылған жабдық қолданылады. Белсендендірілген көмір өндіріс технологиясы келесі операцияларды қамтиды: шикізатты дайындау, Бірінші кезеңде анакардиум жаңғағының қабығындағы қоспалар мен шанды кетіру үшін суда бірнеше рет жуылады. Содан кейін ол 24 сағат бойы кептіріліп, диаметрі $3 \div 6$ мм фракциясына дейін ұнтақталады.

Анакардиум жаңғағының қабығының құрамында майлы заттар болғандықтан, оларды бөліп алу үшін жоғарыда көрсетілген өнеркәсіптік тазалау әдістерін зертханалық жағдайда қолдану мүмкін еместігін ескере отырып, қабықты 50 грамнан бөліп суда қайнатады. Осы процесс 2–3 сағатқа созылады.

Анакардиум жаңғағының қабығынан майды бөліп алу нақты анықталмады, алайда оның мөлшері айтарлықтай азайғаны, ал қайнатылғаннан кейін анакардиум жаңғағының қабығының салмағының жоғалуы 46 % болғаны байқалады. Карбонизация – бастапқы кеуекті құрылымды және кейіннен белсендіретін өнімнің беріктік қасиеттерін жасау үшін оттегінің қатысуынсыз бастапқы материалдың термиялық бұзылуы. Анакардиум жаңғағының қабығы суда қайнатылғаннан кейін 800°C температурада 10–20 минут бойы карбонизацияға түседі. Қыздыру уақыты шамамен $20^\circ\text{C}/\text{мин}$ құрайды. Алынған карбонизатты 1,0–1,5 мм фракцияға дейін ұнтақтайды.

Активтендіру — материалдардың кеуекті құрылымын дамытуға бағытталған процесс. Активтендіру шарттарын өзгерту арқылы (температура, уақыт, атмосфера, арнайы түрлендіргіш қоспалар) алынған материалдардың жалпы кеуектілігін және олардың ішкі құрылымын бақылауға болады, бұл кеуектер көлемі бойынша бөлінуімен сипатталады. Бүгінгі күні технологияның белсендендіру кезеңдерінің үш негізгі бағыты қалыптасты: булы-газды (немесе физикалық), химиялық және аралас. Осы зерттеу жұмысында бу-газды белсендіру пеш пен су буын өндіруге арналған қазандықтан тұратын тәжірибелік зертханалық қондырғыда қолданылды. Процесс уақыты 30 мин, ал температура 400°C -ден 700°C -қа дейін өзгерді. 800°C температурада (бұдан

әрі – K800) өндірілген $d = 1,0-1,5$ мм бөлшектердің өлшемі бар анакардиум жаңғағының қабығының карбонизаты активтендірілді, одан белсендірілген көмірлер 400, 600 және 700°C температурада алынды (тиісінше - BK400, BK600 және BK700). Содан кейін олар ұсақталып, $\leq 0,16$ мм фракцияға дейін елеуіштен өткізілді. Анакардиум жаңғағының қабығынан белсендірілген көмірді алудың технологиялық схемасы көрсетілген. Анакардиум жаңғағы қабығының карбонизаты және белсендендірілген көмірдің меншікті беті, кеуектілігі анықталып, 800°C температурада рентгенфазалық талдау жүргізілген. Үлгілердің бетінің меншікті ауданы мен кеуектілігі Micromeritics (АҚШ) ASAP 2020 құралында төмен температурадағы азот адсорбциясы арқылы анықталды. Азоттың адсорбция-десорбция изотермалары 77 К температурада салыстырмалы қысымдар диапазонында $p/p_0 = 0,05-1,0$ анықталды. Үлгілер алдын ала вакуумда 150°C температурада газсыздандыруға ұшырады. Беттің меншікті ауданы $p/p_0 = 0,05-0,30$ кезіндегі адсорбциялық изотерма негізінде БЭТ әдісімен анықталды. Мезокеуектер көлемі және олардың өлшемдік таралуы Барретт, Джойнер және Халенда (ВЖН) әдісімен $p/p_0 = 0,35-0,95$ қысым диапазонында есептелді. Микрокеуектер көлемі және олардың өлшемдік таралуы Хорват-Кавазое әдісімен азоттың адсорбциялық-десорбциялық изотермасынан $p/p_0 = 0,00-0,01$ салыстырмалы қысымдар диапазонында есептелді. Алынған материалдардың рентгендік фазалық сипаттамаларын (графиттену дәрежесі, жазықаралық қашықтық және кристаллит өлшемдері) зерттеу Bruker (Германия) фирмасының D8 Advance ұнтақты дифрактометрінде жүргізілді. Түсіру параметрлері келесідей болды: $\text{CuK}\alpha$ сәулелену, толқын ұзындығы $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$, сканерлеу қадамы $0,02^\circ$, сканерлеу жылдамдығы 2 град/мин. 800°C (K800) және белсендірілген көмірлер (BK400, BK600 және BK700) температурасында анакардиум жаңғағы қабығы карбонизатының меншікті бетінің ауданын (S_{sp} , m^2/g) анықтау нәтижелері төмендегідей: K800 үшін $3,56 \pm 0,18$; BK400 үшін $45,3 \pm 1,3$; BK600 үшін $165,7 \pm 4,6$; BK700 үшін $316,6 \pm 11,0$. Бастапқы карбонизат K800 — аз кеуекті зат. Оның азоттағы адсорбция-десорбция изотермасы көрсетілген. Изотерма С.Брунауэр, Л.Деминг, У.Деминг және Э.Теллермен (БДДТ) ұсынылған жіктелудің 4 типіне сәйкес келеді. Адсорбция тармақшасында p/p_0 салыстырмалы көрсеткішінің жоғарылауымен меншікті адсорбция мәндерінің (V_{ads}) баяу өсуі байқалады, ал қанығу қысымына жақын азот қысымы аймағында V_{ads} мәні күрт артады.

Гистерезис ілмегі қайтымсыз капиллярлық конденсация пайда болатын 2–50 нм өлшемді кеуектің болуын көрсетеді. Қарастырылып отырған изотермада гистерезис ілмегі В типіне сәйкес келеді және саңылау тәрізді кеуектері бар материалдарға тән. Белсендендірілгеннен кейін анакардиум жаңғағы қабығындағы карбонизатта азот адсорбциясының изотермалары микрокеукті денелермен физикалық адсорбцияға тән формаға ұқсас және бір-бірінен адсорбцияланған заттың мөлшері бойынша ерекшеленеді. Бастапқы K800 карбонизатының белсендендіру температурасының жоғарылауы

микрокеуек құрылымының өсуіне әкеледі. Зерттелген үлгілердің кеуекті құрылымының сипаттамасы анықталған. Жалпы кеуек көлемінің өсуімен бірге, белсендендіру температурасының жоғарылауымен микрокеуек үлесі БК400 үшін 34%, ал БК600 және БК700 үшін 73–76 % ұлғаяды және осы қатынас шекті болуы мүмкін. Микрокеуектердің меншікті бетінің көлемге қатынасы жоғары, сондықтан зерттелетін белсендендірілген көмір үлгілерінің $S_{\text{менші}}$ көрсеткішіне ең үлкен әсері болады. Осы жұмыста суды тазалау мақсаты үшін алынған белсендендірілген көмірдің меншікті ауданы (БК400, БК600 және БК700 үлгілері) басқа авторлардың жұмысында көрсетілген кейбір аналогтарымен ОГА-2 ($S_{\text{уд}} = 40 \text{ м}^2/\text{г}$), ОДК-1 ($85 \text{ м}^2/\text{г}$), СКО ($68\text{--}70 \text{ м}^2/\text{г}$), ОКЦ ($102 \text{ м}^2/\text{г}$), ($248 \text{ м}^2/\text{г}$), ($155,91, 302,07$ және $292,45 \text{ м}^2/\text{г}$) салыстырғанда жоғары болып келеді (Hashemian S. және т.б., 2014). Белсендендірілген көмір микрокеуектерінің басым мөлшері іс жүзінде бірдей болып қалады, бірақ олардың көлемі белсендіру температурасының жоғарылауымен айтарлықтай артады. Осылайша, бірдей бастапқы карбонизат үшін белсендендіру режимдерін өзгерту арқылы әртүрлі өлшемдегі кеуектердің бақыланатын қатынасы бар материалды алуға болады. Зерттелген белсендендірілген көмірдің рентгенфазалық және рентгенқұрылымдық нәтижелері талданған.

Дифрактограммаларда аморфты көміртегі фазасының бұлыңғыр ($2\theta \text{ } 24^\circ$) рефлексі және белгісіз кристалдық фазалардың төмен қарқынды рефлекстері бар. Бастапқы карбонизат У800 сияқты БК400, БК600 и БК700 белсендірілген көмірлер бұл өте үлкен жазықтықаралық қашықтықтары бар графиттелмеген аморфты көміртекті материалдар. Осы зерттеуде келесі қорытындылар алынған: әртүрлі температураларда булы-газды белсендендіру арқылы белсендірілген көмір алу үшін анакардиум жаңғағының қабығын пайдалану мүмкіндігі көрсетілген; белсендендіру температурасы белсендендірілген көмірдің меншікті ауданы мен құрылымына әсер етеді; рентгендік фазалық талдау нәтижелері бойынша алынған белсендірілген көмірлердің графиттену дәрежесінің, жазықаралық қашықтықтың және кристаллит өлшемдерінің мәндері шамалы өзгеретіні және графиттелмеген аморфты материалға тән екені анықталды; анакардиум жаңғағы қабығынан майды алдын ала алу арнайы жабдықты қажет етпейді, бұл тұтастай алғанда технологияның құнын төмендетеді; болашақта белсендендірілген көмірдің кеуекті құрылымының қажетті сипаттамаларын алу үшін жоғары активтендіру температурасында тәжірибелердің қосымша сериясын жүргізу (Куасси Бру Гийом және т.б., 2019).

Ауылшаруашылық қалдықтарын қайта өңдеу арқылы белсендендірілген көмір алу және оны суды тазартуда қолдану

Ауылшаруашылық қалдықтарын пайдаланудың бір жолы көміртегі сорбентін дайындау болып табылады. Қазіргі уақытта көміртекті сорбенттерді өнеркәсіптің, ауыл шаруашылығының және медицинаның барлық салаларында қолданады. Оларды пайдалану ең алдымен табиғи және техногендік ортаны әртүрлі ластаушы заттардан тазартуға және қоршаған ортаны қорғаумен

тығыз байланысты. Сорбенттер мұнайдың, мұнай өнімдерінің және химиялық заттардың кездейсоқ төгілуінің зардаптарын жою үшін қолданылады. Сорбенттер мұнай өңдеу зауыттарында, мұнай терминалдарында, жанармай құю станцияларында, табиғи және ағынды суларды тазарту қондырғыларында тұрақты экологиялық қауіпсіздік құралы ретінде қолданылады. Көміртекті сорбенттерді алу үшін оларға карбонизация процесін жүргізеді. Карбонизация процесі 500°C–1000°C аралығындағы температурада оттегінің қатысуынсыз бастапқы заттың термиялық бұзылуы болып табылады. Карбонизация кезінде көміртегінің мөлшері салмақ бойынша 95 % дейін артады. Карбонизация мақсаты - белсендендіру процесінде одан әрі дамйтын бастапқы кеуекті құрылымдарды жасау. Активтендіру процесінде карбонизация сатысынан кейін материал аздап кеуекті болады. Материалдың кеуекті құрылымын кеңейтіп, бетін реакцияға қабілетті ету үшін ол термиялық өңдеудің екінші кезеңі, атап айтқанда белсендендіру процесінен өту керек (Osnick Joseph, 2009). Активтендіру кеуекті микроқұрылымдарды жасауға және ішкі құрылымның қолжетімділігін арттыруға, сондай-ақ жаңа кеуектерді құруға және карбонизация процесінде кезінде алынған материалдардың диаметрін кеңейтуге мүмкіндік береді. Белсендендірудің үш түрі бар: 1) булы-газды белсендендіру негізінен физикалық белсендендіруге жатады, процесс барысында көмірді жоғары температурада тотықтырғыштың көмегімен 24–72 сағат бойы тотығуы жүзеге асырылады. Ол үшін газтәрізді реагенттер қолданылады: ауа, су буы, көмірқышқыл газы немесе оттегі. Қолданылатын газдар жеке немесе қоспа түрінде қолданылуы мүмкін. Су буын пайдаланған кезде белсендендіру процесі шамамен 800 °C температурада қолайлы реакция жылдамдығымен жүреді, ал көмірқышқыл газын пайдаланған кезде температура 900 °C дейін көтеріледі. АҚШ пен Англияда ауаны оттегімен белсендіру осы процестің оңтайлы температура аралығы 350–450 °C болған кезде шикі көмірден белсенді көмірді өнеркәсіптік жолмен алу үшін қолданылғанын жазған. Белсендендіруді су буы және оттегімен араластыру арқылы жоғары түссіздендіргіш қабілеті бар белсендірілген көмірлерді алуға болады. Мұндай процестің мысалы ретінде көмірді су буымен 800°C температурада сілтінің қатысуымен қысқа мерзімді өңдеу, ары қарай 500–600 °C температурада ауамен белсендендіру болып табылады; 2) Аралас белсендендіру әдісі: бұл химиялық белсендіруден кейінгі көмірлер физикалық белсендіруге қосымша ұшыраған кезде жүзеге асырылады; 3) Химиялық белсендендіру: физикалық белсендіруден айырмашылығы, химиялық белсендіру тотығу катализаторларының қатысуымен карбонизация сатысымен бір уақытта жүзеге асырылады, мысалы: хлорсутек (HCl), фосфор қышқылы (H₃PO₄), күкірт қышқылы (H₂SO₄), азот қышқылы (HNO₃), натрий гидроксиді (NaOH), калий гидроксиді (KOH), мырыш хлориді (ZnCl₂), кальций хлориді (CaCl₂), калий карбонаты (K₂CO₃), кальций гидроортофосфаты (CaHPO₄), калий сульфаты (K₂SO₄), калий сульфиді (K₂S), натрий карбонаты (Na₂CO₃). Материалды осы химиялық агенттермен сіндіріліп содан кейін 400-600°C

температурада инертті газ атмосферасында қыздырылады (Setianto және т.б., 2009).

Ауылшаруашылық қалдықтарынан — анакард жаңғақ қабықтарынан химиялық белсендендіру әдісімен көміртекті сорбент алу және оны судағы темір мен алюминийден тазарту үшін пайдалану мақсатында зерттеу жүргізілген. Зерттеуге Димбокро қаласындағы (Республика-Кот д'Ивуар) зауыт қалдығы ретінде анакард жаңғағы қабығы қолданылған. Анакард жаңғағы қабығының құрмаында «Cashew Nut Shell Liquid (CNSL)» деген май бар. Алдымен анакард жаңғағының қабығынан майды (CNSL) алу қажет, себебі ол жанған кезде адамға және қоршаған ортаға зиянды қышқыл булары бөлінеді. Әдебиет көздеріне сәйкес анакард жаңғағы қабығынан май алудың (CNSL) бірнеше әдістері бар: CO₂ экстракция әдісі; жылдам күйдіру арқылы алу әдістері; қатты қыздырылған буды қолданатын экстракция әдісі; Сольвент көмегімен экстракция әдісі. Осы жағдайда анакард жаңғағының қабығы қоспалар мен шаңды кетіру үшін суда бірнеше рет жуылған. Содан кейін оны 24 сағат кептіріп, 3-6 мм-ге дейін ұсақтады, содан кейін кешью жаңғағының қабығын суда 2–3 сағат қайнатады. Қайнағаннан кейін анакард жаңғағының қабығына 5 % КОН ерітіндісін құйып, ерітіндіде бір тәулік ұстады. Белсендендірілгеннен кейін қабық көміртекті болды, содан кейін ол 20–30 минут бойы 800 °С температурада ауасыз термиялық өңдеуге ұшырады (қыздыру жылдамдығы 200°С/мин шамасында болды). КОН ерітіндісінің қалдығын жою үшін карбонизациядан кейін алынған карбонизат рН 6,5–8 жеткенше бірнеше рет дистилденген сумен жуылады және 3 сағат кептірілді. Кептіруден кейін алынған карбонизат ұсақталған, содан кейін 0,16 мм фракцияға дейін електен өткізілген. Сорбенттің химиялық құрамы анықталған. Сонымен қатар, ионметриялық, атомдыэмиссионды, газдыметриялық, инфрақызыл спектроскопия әдістері бойынша талдау жасалған. Анакард жаңғағы қабығынан алынған сорбенттің тиімділігі «Ростсельмаш» машина жасау зауытының тазарту құрылыстарының қабылдау камерасынан өнеркәсіптік ағынды суларда тексерілді. Сорбция уақыты 20; 40; 60; 90; 120; 140; 180 минуттарда 0,5 мг/л сорбент дозасында қабылданған. Араластыру зертханалық флокуляторда (PE 8800) белгіленген 45 айн/мин жылдамдықпен және 20 минут араластыру уақытында жүргізілді. Эксперимент нәтижелері бойынша талдаулар Ростов-на-Дону қаласындағы "Ростсельмаш" ЖШҚ машина жасау зауытының тазарту құрылыстарының аккредиттелген зертханасында жүргізілді, мәліметтерді талдай отырып, темір мен алюминийді жоюдың тиімділігі 180 минуттан кейін 90% асатынын атап өтуге болады. 140 минуттан кейін темір (0,11 мг/л) және алюминий концентрациясы (0,03 мг/л) шекті рұқсат етілген концентрацияларға (ШРК) сәйкес келеді. Зерттеу барысында анакард жаңғағының қабығынан көміртекті сорбентті алудың ең тиімді әдісі таңдалды және оны машина жасау зауытының ағынды суларын тазарту мысалында ауыр металдарды (темір және алюминий)

ағынды сулардан жою үшін сорбент ретінде қолдану мүмкіндігі көрсетілген (Куасси Бру Гийом және т.б., 2018).

Қатты сорбенттердегі адсорбция және ион алмасу процестері ағынды суларды әртүрлі токсиканттардан тазарту үшін, сонымен қатар көптеген басқа қолданбалы мәселелерді шешу үшін қолданылады. Жаңа адсорбенттер (мысалы, жоғары тиімді белсендірілген көмірлер) және жаңа ион алмастырғыш материалдар жүйелі түрде әзірленуде. Бір мезгілде ван-дер-Ваальс әрекеттесуінің есебінен полярлы емес заттарды адсорбциялауға және ион алмасу механизмі бойынша оттегі бар функционалды топтармен металл иондарын жұтуға қабілетті бифункционалды сорбенттер жасау өзекті міндет болып табылады, өйткені, өнеркәсіптік кәсіпорындардың ағынды суларында (мұнай өнімдері, ауыр металдар иондары, беттік белсенді заттар және т.б.) әртүрлі сипаттағы көптеген ластаушы заттар болады.

Бифункционалды сорбенттердің қасиеттері

Қазіргі уақытта сорбент бетіндегі сәйкес белсенді орталықтардың мақсатты түрде қалыптасуына байланысты теориялық мәселелер жақсы зерттелмеген. Бифункционалды сорбенттер бетіндегі әртүрлі заттардың сорбциялану заңдылықтары да зерттелмеген. Сондықтан бифункционалды сорбенттердің қасиеттерін зерттеу практикалық қызығушылықты ғана емес, сонымен қатар ғылыми маңызы да бар.

Өсімдік материалдарынан (ағаш, жеміс ағаштарының сүйектері және т.б.) оларды карбонизацияға және белсендендіруге ұшырату арқылы жоғары белсенді адсорбенттер алуға болатыны белгілі. Өсімдік материалдарын ауада күйдіру арқылы алынған сорбенттер баламалы материал болуы мүмкін. Мұндай сорбенттер бетін ион алмасу механизмі арқылы металл иондарын сорбциялау мүмкіндігін қалыптастыру үшін одан әрі өзгертуге болады. Арзан және қол жетімді бифункционалды сорбенттер алу үшін шикізат қарағай жаңғағының қабығы болуы мүмкін. Бұл материал қарағай жаңғағын өңдеу кезінде қалдық өнім болып табылады және қазіргі уақытта ұтымды қолданылмай отыр. Химиялық реагенттермен тотықтыру арқылы алынған күйдірілген қарағай жаңғағының қабығы және материалдардың физика-химиялық сипаттамалары аз зерттелген. Тиісті зерттеулер жүргізу арқылы ағынды суларды ластаушы заттардың кең спектрінен тазартудың жаңа технологияларына негіз бола алатыны анық.

Жұмыс (Одинцова, 2010) қарағай жаңғағының қабығынан алынған бифункционалды сорбенттің физика-химиялық сипаттамаларын зерттеу; жаңа сорбент бетіндегі мұнай өнімдерінің, анионды БАЗ (БАЗ) және ауыр металл иондарының сорбциялану заңдылықтарын зерттеу мақсатында жүргізілген. Аталған мақсаттарға қол жеткізу үшін келесі міндеттер шешілген: ауа қатысында термиялық өңделген қарағай жаңғағы қабығының физика-химиялық сипаттамаларын анықтау; термиялық өңделген қарағай жаңғағы қабығының бетін әртүрлі реагенттермен тотықтыру арқылы бифункционалды сорбент алу, осы процестің кинетикасын зерттеу; жаңа сорбент бетінің

текстуралық және басқа физика-химиялық сипаттамаларын анықтау; қарағай жаңғағы қабығының тотығуға дейін және одан кейінгі термиялық өңделген бетіндегі мұнай өнімдері мен анионды беттік белсенді заттардың адсорбциясын зерттеу; тотыққан сорбенттегі кейбір металл иондарының кинетикасын, тепе-теңдігін және сорбция механизмін (сонымен қатар десорбциясын) зерттеу; ағынды суларды тазарту үшін жаңа сорбентті қолдану мүмкіндігін тексеру. Келесі зерттеу әдістері қолданылған: термогравиметрия, рентгендік фазалық талдау, ИҚ-спектроскопия, хроматография-масса-спектрометрия, спектрофотометрия, флюориметрия, атомдық абсорбциялық спектрлік талдау, потенциометриялық титрлеу. Сорбенттердің бетін зерттеу үшін сканерлеуші зонд микроскопиясы, сынапты порометрия, меншікті бетті БЭТ арқылы өлшеу және басқа әдістер қолданылды.

Зерттеуде қарағай жаңғағының қабығының термиялық өңделген бетінің азот қышқылымен, сутегі асқын тотығымен, натрий гипохлоритімен және кейбір басқа реагенттермен тотығуы оған катион алмастырғыш қасиеттерін беретіні анықталды; термиялық өңделген қарағай жаңғағының қабығының тотығуынан алынған сорбент бифункционалды болып келеді, полярлы емес қосылыстар және металл иондарын сорбциялауға қабілетті екендігі көрсетілген; тотыққан сорбенттің бетіндегі оттегі бар топтары және олардың сандық мөлшері анықталды, сәйкес келетін функционалдық топтардың иондану константалары, сондай - ақ кеуектіліктің сипаттамалары анықталды; мұнай өнімдері мен анионды БАЗ қатысты тотыққан сорбенттің адсорбциялық сыйымдылығының мәндері, металдар қатарының фазааралық таралу коэффициенттері және статикалық және динамикалық алмасу сыйымдылығының тиісті мәндері анықталды; тотыққан сорбенттегі мыс иондарының сорбция кинетикасы зерттелді; мұнай өнімдері мен анионды беттік белсенді заттарға қатысты тотыққан сорбенттің адсорбциялық қабілетінің мәндері, бірқатар металдардың фазааралық таралу коэффициенттері және орташа және динамикалық алмасу қабілетінің сәйкес мәндері анықталды; тотыққан сорбенттегі мыс иондарының сорбциялық кинетикасын зерттелген. Мыс иондарының сорбция жылдамдығы сыртқы диффузия сатысымен анықталатыны анықталды. Процестің диффузиялық коэффициенттері мен активтену энергиясы есептелген. Жұмыста сулы ерітінділерден әртүрлі табиғаттағы заттарды алу үшін бифункционалды сорбент алынып, жаңа сорбент ағынды суларды мұнай өнімдерінен және анионды беттік белсенді заттардан тазартуға, мыс иондарынан ағынды суларды толық тазарту; сондай-ақ ауыз суды қалдық «белсенді» хлордан тазарту; мұнай эмульсияларын жою және төгілген мұнай өнімдерін су бетінен жинау үшін біріктіруші (коалесценция) жүктеме ретінде жаңа сорбентті пайдалану мүмкіндігі; зерттеу барысында алынған сорбент нақты ағынды суларды шектеулі рұқсат етілген концентрация деңгейіне дейін толық тазарту кезінде ластаушы заттарды тиімді жою сияқты практикалық маңыздылығы көрсетілген.

Термиялық өңделген қарағай жаңғағы қабығының сипаттамасы реагент-

термен тотыққанға дейін және тотыққаннан кейінгі физика-химиялық қасиеттері зерттелген: меншікті ауданы, $\text{м}^2/\text{г}$; кеуектің орташа диаметрі, нм ; су бойынша кеуек көлемі, $\text{см}^3/\text{г}$; механикалық беріктілігі, $\text{кг}/\text{см}^3$; күлділігі, %; адсорбциялық белсенділігі, $\text{мг}/\text{г}$; көлемдік тығыздығы, $\text{кг}/\text{см}^3$. Сынапты порозиметрия бойынша кеуек өлшемдері 15–200 нм аралығында болатыны анықталды, бұл мезо- және макрокеуектерге сәйкес келеді және құрылымы негізінен мезокеуектер түрінде берілген, бұл үлкен молекулаларды сорбциялауға мүмкіндік береді. Сынапты порозиметрия деректері Solver Pro зондты микроскоппен бетті сканерлеу арқылы расталды. Термограмма бойынша, термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабығының бетінің функционалдық топтарының ыдырауы 180–450 $^{\circ}\text{C}$ диапазонында экзотермиялық әсермен үздіксіз жүреді. Бұл температура диапазонында үлгінің негізгі массалық жоғалуы (55 %) орын алады және айқын экстремалды нүктелер байқалмайды. Бұл термиялық жағынан жақын сынама бетіндегі функционалдық топтардың әртүрлілігіне байланысты болуы мүмкін.

Инфра қызыл аймағында термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабықтарының жұтылу спектрлерін зерттеу нәтижесі бойынша үлгінің беті гидрофобты екенін көрсетілген: ағашты күйдіру кезінде пайда болатын алифатты тізбектердегі C-H — байланыстың валенттік тербелістеріне, сондай-ақ ароматты сақинаның C=C деформациялық тербелістерінің жұтылу жолақтарына (1033,5 және 1053,6 см^{-1}) байланысты 2926,9 см^{-1} кезінде сипаттамалық өткізу жолақтары бар. Ароматты, алифатты қышқылдардың, күрделі эфирлер мен лактондардың карбонил тобының болуы байқалады (-C=O 1626 см^{-1}). Карбонил тобының жұтылу қабілеттілігінің қарқындылығы аз. 3430,7 см^{-1} аймағындағы жұтылу жолағы -OH тобының валенттік тербелісіне сәйкес келеді. Термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабықтарының бетіндегі оттегі бар функционалдық топтардың құрамы Боем әдісімен табылды. Реагенттермен қосымша тотықпаған, зерттелетін үлгілерде белсендірілген көмір бетіндегі бірдей топтардың мөлшеріне сәйкес келетін оттекті функционалды топтардың аз ғана мөлшері бар.

Қосымша тәжірибелер көрсеткендей, термиялық өңделген қарағай жаңғағы қабықтарының реагенттермен қосымша тотығудан өтпеген ионалмасу қасиеттері іс жүзінде жоқ. Термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабықтарының тотығуы азот қышқылымен немесе сутегі асқын тотығымен жүргізілді. Электролиттік ұяшықта электрохимиялық жолмен өндірілген " белсенді " хлормен немесе сутегі асқын тотығымен тотығу да қолданылды. Зерттеу кезінде барлық жағдайларда тотықтырғыштың концентрациясы, өңдеу температурасы, сондай-ақ тотығу ұзақтығын өзгерте отырып жүргізілді. Жұмыста оттекті функционалдық топ санының едәуір артуына әкелген тотығу әдістері көрсетілген. Қарағай жаңғағы қабығының қосымша тотығуының ең тиімді әдісі электрохимиялық жолмен. Термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабығының реагенттермен тотығу реакциясының кинетикасы 80 $^{\circ}\text{C}$ температурада концентрлі азот қышқылымен тотығу ұзақтығына байланысты

үлгілердің бетіндегі оттекті функционалды топ мөлшерін бағалау арқылы зерттелді. Барлық жағдайларда процесс бірте-бірте баяулады. Кинетикалық қисық жартылай логарифмдік координаттарда түзетіледі және келесі кинетикалық теңдеумен сипатталады. $\ln C_{\Sigma N} = 5 \cdot 10^{-4} t - 0,59$, бұл псевдобірінші ретті реакцияны көрсетеді. Жоғарыда көрсетілген жағдайларда кттекті функционалды топтардың түзілу жылдамдығының константасы $5-10^{-4}$ мин⁻¹ тең. Ауамен термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабығының қосымша тотығуы меншікті бетінің, тығыздығының, күлділігінің және кейбір басқа қасиеттерінің айтарлықтай өзгеруіне әкелмейді.

Тотығу кезінде кеуектердің көлемі мен геометриялық өлшемдері аздап өсті. Сынапты порозиметрия мәліметтері бойынша тотыққан сорбенттің мезо-макрокеуекті сорбент екенін көрсетеді, ал кеуектердің қатынасы $V_{\text{meso}} : V_{\text{macro}} = 1:1,5$. Бастапқы сорбентпен салыстырғанда тотыққан сорбенттің бетін сканерлеу нәтижесіне сәйкес оның құрылымының борпылдақ және кеуекті екенін көрсетілген. Тотыққан сорбенттің кеуек өлшемі 10–200 нм, сондықтан бұл сорбент мезо-макрокеуекті болып табылады. Осыған байланысты қарағай жаңғағы қабығынан алынған тотықтырылған сорбент дамыған микрокеуекті құрылымымен ерекшеленетін белсендірілген көмірлерге жақсы баламалы сорбент болып табылады. Термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабығының ИК-спектрлері реагенттермен қосымша тотығудан кейін айтарлықтай өзгермеген. Боэмнің титрлеу әдісі бойынша бетте оттегі бар функционалды топтардың (карбон, лактон, фенол) санының артқаны көрсетілген. Потенциометриялық титрлеу қисықтарын тотыққан сорбент бетіндегі оттекті функционалды топтың иондану константаларын есептеу үшін де қолдануға болатыны ескерілген. Карбоксил топтары үшін табылған рКа мәндері -6,3; фенолдық топтар үшін - 9,8; бұл мән ион алмастырғыш шайырлардағы сәйкес функционалды топтардың рКа мәндеріне жақын болып келеді. Құрамында оттегі бар функционалды топтар, атап айтқанда карбоксилдер су ерітінділерінен металл катиондарын сорбциялауда белсенді орталықтар бола алады (Одинцова, 2010).

Адсорбциялық процестер.

Бөлшектерінің мөлшері 0,6–1,0 мм термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағы қабығының үлгілері қолданылған. Мұнай өнімдерін немесе беттік белсенді заттарды сорбциялау ерітіндідегі сорбаттың қалдық құрамын бақылауға алу арқылы және адсорбцияның тепе-теңдік мәндерін (мг/г) есептей отырып, бөлме температурасында үлгілі сулы ерітінділерден статикалық режимде жүргізілді. Мұнай өнімдерінің үлгілік ерітінділері дизель отынының қаныққан ерітіндісін суда сұйылту арқылы дайындалады. Реагенттермен қосымша тотығуға ұшыраған термиялық өңдеуден өткен қарағай жаңғағының қабығы үшін 22 сағаттан кейін адсорбция тепе-теңдігі орнады. Алынған адсорбция изотермасы ойық болып табылады және БЭТ жіктеуі бойынша III типке жатады. Осыған ұқсас изотермалар сорбат затының күшті молекулааралық әрекеттесуін сипаттайды, адсорбция изотермасы

логарифмдік координаттарда түзетіледі: $\ln a = 2,11 \ln C - 4,1$. Сызықтық корреляция 0,95 сенімділік деңгейімен дәлелденген ($R^2_{\text{таб}} = 0,88$ болғанда $R^2_{\text{есепт}} = 0,99$). Бұл жағдайда еріген заттың молекулалары бетте тізбек немесе шоғыр түрінде шөгуге бейім болады. Ұқсас деректер электрохимиялық жолмен түзілген сутегі асқын тотығымен қосымша тотыққан термиялық өндеуден өткен қарағай жаңғағы қабығының үлгілері үшін де алынды. Бұл жағдайда адсорбция изотермасы Фрейндлих теңдеуі арқылы логарифмдік түрде сипатталады: $\ln a = 2,2 \ln C - 3,9$. Осылайша, қарағай жаңғағы қабығының бетінің қосымша тотығуы мұнай өнімдеріне қатысты адсорбциялық сипаттамаларға іс жүзінде әсер етпейді.

Модельді анионды беттік белсенді зат ретінде натрий додецилсульфаты ($C_{12}H_{25}SO_4Na$) қолданылды. Термиялық өндеуден өткен қарағай жаңғағы қабығы бұл затты тиімді сіңіреді: 9,36 мг/л бастапқы концентрацияда сорбаттың сіңіру дәрежесі 99 % құрайды. Адсорбция изотермасы анықталған, сызықтық корреляция 0,95 ықтималдығымен ($R^2_{\text{таб}} = 0,81$ болғанда $R^2_{\text{есепт}} = 0,98$) анықталған.

Натрий додецилсульфатының термиялық өндеуден өткен қарағай жаңғағы қабығының адсорбциясы теңдеумен сипатталады.

$$\alpha = \frac{2,1 \cdot 0,02 \cdot C}{1,0 + 0,02 \cdot C}$$

Термиялық өндеуден өткен қарағай жаңғағы қабығы сияқты тотыққан сорбент те тиімді беттік белсенді затқа сорбент болып табылады: 17,3 мг/л бастапқы концентрацияда натрийдодецил сульфатының сіңіру дәрежесі 72 % құрайды. Осылайша, термиялық өңделген қарағай жаңғағының қабығының бетінің тотығуы кезінде сорбент полярлы емес заттарға қатысты сорбциялық қабілетін сақтайды. Сонымен бірге сорбент бетінде карбоксил топтарының пайда болуы оған катионалмастырғыш қасиетін береді. Зерттеуде қарағай жаңғағы қабығының азот қышқылымен, "белсенді" хлормен және сутегі асқын тотығымен термиялық өңделген бетінің тотығуы адсорбенттің (мұнай өнімдері мен анионды базға қатысты) және катиониттің (ауыр металл иондарына қатысты) қасиеттерін көрсете отырып, мезо-макро-кеуекті бифункционалды сорбент алуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Термиялық өңделген қабықтың беті оттекті функционалды топтардың түзілуімен тотығатыны анықталды, химиялық және ИҚ-спектроскопиялық зерттеу әдістерінің нәтижелері бойынша бетінде карбоксил, лактон және фенол топтарының болуын көрсетеді. Осы топтардың қышқылдық иондану мөлшері мен константалары анықталды: $K_{\text{COOH}} = 10^{-6,3}$, $K_{\text{OH}} = 10^{-9,8}$. Зерттеулер негізінде термиялық өндеуден өткен қарағай жаңғағының қабығының тотығуы инертті ортада термиялық өңдеу нәтижесінде алынған карбонизаттар тотығуына қарағанда әлдеқайда тиімді жүретіні дәлелденді. Сорбенттің концентрлі азот қышқылымен тотығуы кезінде оның бетіндегі оттекті функционалды топтардың мөлшері псевдобірінші ретті кинетикалық теңдеуге сәйкес

артады. Оттекті функционалды топтың түзілу жылдамдығының константасы $K=5 \cdot 10^{-4}$ мин⁻¹. Сорбент бетінің тотығуы оның адсорбциялық қасиеттеріне іс жүзінде әсер етпейтіні көрсетілген. Термиялық өңделген қарағай жанғағының қабықтарында және тотыққан сорбентте полярлы емес токсиканттардың адсорбциясы Фрейндлих теңдеулерімен (мұнай өнімдері үшін) және Ленгмюр теңдеулерімен (анионды беттік белсенді заттар үшін) сипатталған. Тотыққан сорбенттің ион алмасу механизмі бойынша металл иондарын сорбциялауға қабілеттілігі дәлелденді. Статикалық режимде тотыққан сорбентке мыс иондарының сорбциясы Ленгмюр теңдеуі бойынша сипатталады. Бірқатар металдар үшін сорбенттің сыйымдылықтары, талғамдылық қатары, металдардың ион алмасуының коэффициенттері анықталған. Металл катиондарының сорбциясы ион алмасу механизмі бойынша сорбаттың сыртқы диффузиясы арқылы басқарылатыны анықталған. Әртүрлі температурада мыс иондарының сорбциялануының кинетикалық теңдеулері табылған (Одинцова, 2010): 18°C: $\ln C = -3,82 - 9,78 \cdot 10^{-7} \cdot t$; 40°C: $\ln C = -3,83 - 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot t$; 60°C: $\ln C = -3,82 - 1,75 \cdot 10^{-6} \cdot t$.

Никель (II) иондары бар суларды сорбциялық әдіспен тазарту

Құрамында никель (II) иондары бар модельдік суларды сорбциялық әдіспен тазарту мүмкіндігі зерттелген. Сорбциялық материал ретінде дәнді дақылдардың қалдықтары — арпа дәндерінің жеміс қабықтары пайдаланылды. Олардың сорбциялық қасиеттерін арттыру үшін бастапқы үлгілерді термиялық өңдеу жүргізілген. Арпа дәндерінің термиялық өңдеуден өткен жеміс қабықтарының оның өңделмеген аналогымен және УБФ маркалы белсендірілген көмірмен сорбциялық қасиеттеріне салыстырмалы зерттеу жүргізілді. Үлгілердің сорбциялық қасиеттеріне әсер ететін факторлар талданған: температура және фазалық жанасу уақыты. Сорбция процесінің термодинамикалық сипаттамаларының есебі (реакция реті, Гиббс энергиясы, энтальпия, энтропия, активтену энергиясы) құрылып, оның барысында бұл дәнді дақылдардың қалдықтарының механизмі бірдей екені анықталды. Зерттеулерге сәйкес, термиялық өңдеуден өткен үлгі үшін максималды сорбциялық қабілеті 5,97 мг/г құрайтыны анықталды, бұл сорбциялық жағынан арпа дәндерінің өңделмеген жеміс қабықтарынан да – 3,55 мг/г және белгілі өнеркәсіптік үлгілерден де жоғары. сорбент - белсендірілген көмір - 2, 74 мг/г. Жүргізілген зерттеулерге сәйкес, термиялық өңделген үлгі үшін максималды сорбциялық сыйымдылық 5,97 мг/г тең, арпа дәндерінің өңделмеген жеміс қабықтарының сорбциялық сыйымдылығы - 3,55 мг/г, сондай – ақ белгілі өнеркәсіптік сорбент - белсендірілген көмірдің сорбциялық сыйымдылығы 2,74 мг/г құрайды. Бұл жағдай термиялық өңдеуден өткен арпа дәнінің қабығы үлгісінің құрамында көміртегінің көп болуымен түсіндіріледі, бұл сорбциялық сипаттамалардың жоғарылауына ықпал етеді. Бұл сорбциялық материалдарды алу олардың арзандығына, өндірісінің жеңілдігіне, жақсы сорбциялық қасиеттеріне, екіншілік шикізатты қайта өңдеу мүмкіндігіне байланысты экологиялық және экономикалық тұрғыдан мақсатқа сай

екені анықталды. Қоршаған ортаны никель қосылыстарымен ластаудың маңызды көздеріне тау-кен өнеркәсібі, түсті металлургия (қоршаған ортаға шығарылатын жалпы көлемінің 89 %), машина жасау, металл өңдеу, химия кәсіпорындары, синтетикалық каучук зауыттары, никель байыту зауыттары және т.б. жатады (Назаренко және т.б., 2017).

Тұтас металдық никель тірі организмдер үшін қауіпті емес. Алайда никельдің шаңы, булары және оның қосылыстары улы болып табылады. Қоршаған ортаға түсе отырып, ол топырақ пен су биотасының санына, түр құрамына, тіршілік әрекетіне айтарлықтай әсер етеді. Адсорбцияның тиімділігіне, үнемділігіне және кез келген қалдық концентрацияға дейін тазарту мүмкіндігіне байланысты суды никель иондарынан тазартудың ең көп қолданылатын әдістерінің бірі ионоалмасу табылады. Қазіргі уақытта ағынды және табиғи суларды ауыр металл иондарынан тазартуға арналған сорбциялық материалдардың алуан түрі бар. Қазіргі уақытта дүниежүзілік қоғамдастықта қоршаған ортаны қорғау саласындағы жаңа бағыт қарқынды дамып келеді, сулы ортадан әртүрлі ластаушы заттарды жою үшін өнеркәсіптік және ауылшаруашылық қалдықтарын реагенттер ретінде пайдалану. Ағынды сулардың ластануын жою үшін реагенттер ретінде ауылшаруашылық шикізаты және тамақ өнеркәсібінің қайта өңдеуден алынған ірі тоннажды, жыл сайын жаңартылатын, улы емес қалдықтарын пайдалану ерекше қызығушылық тудырады. Аталған шикізаттың құрамында табиғи биологиялық белсенді қосылыстар бар, оларды қалдықтардан бөлу процесі көп жағдайда химиялық синтезге қарағанда арзанырақ. Сонымен қатар, екі жақты экологиялық міндеттер шешілуде - өндіріс қалдықтары екінші реттік материалдық ресурстар дәрежесіне ауыстырылады. Дүниежүзілік әдебиетте никель иондарын сулы ортадан тазарту бойынша жұмыстар бар, көбінесе, қант қызылшасының целлюлозасы, күріш сабаны және қауызы, бидай, сұлы және арпа дәндерінің жеміс қабықтары, авокадо және қауын жемісінің қабықтары, жүгері сабақтарының собығы, зығыр тұқымы және ауылшаруашылық шикізатын өңдеудің басқа қалдықтары (Mallampati және т.б., 2015).

Ауылшаруашылық целлюлозасы бар қалдықтар, негізінен, ауыр металл иондары бойынша төмен сорбциялық сипаттамалар көрсетеді. Целлюлоза құрамды ауылшаруашылық қалдықтары, негізінен, ауыр металдар ионы бойынша төмен сорбциялық сипаттамалар көрсетеді. Сорбциялық сипаттамаларды арттыру үшін соңғысын өзгертудің әртүрлі әдістері, соның ішінде термиялық өңдеу қолданылады. Сорбциялық сипаттамаларды жоғарылату үшін соңғысын өзгертудің әртүрлі әдістері, соның ішінде термиялық өңдеу қолданылады. Атап айтқанда, термиялық өңдеуге ұшыраған бидай қауызының үлгілері өңделмеген аналогтармен салыстырғанда (бидай қауызын тазалау тиімділігі, Pb^{2+} бойынша өзгертусіз – 93,2 %, Cd^{2+} – 94,3 %, Zn^{2+} 98,1 %; бидай қабығын 300°C температурада 20 мин термиялық өңдеуден кейін тазарту тиімділігі - Pb^{2+} үшін - 94,6 %, Cd^{2+} 96,8 %, Zn^{2+} 99,5 %) ауыр металл иондарына қатысты тазалау тиімділігін көрсететіні анықталды.

Арпа өңдеу кезінде сабан, кебек және дән қауызы түрінде көп мөлшерде қалдықтар түзіледі. Арпа сабаны сулы ортадан ауыр металл иондарын, мұнай және мұнай өнімдері және бояғыштарды бөліп алу үшін сорбциялық материал ретінде зерттелді. Арпа дәндерінің жеміс қабықтары сонымен қатар судан мұнайды және бояғыштарды жою үшін сорбциялық материалдар ретінде зерттелді. Бұл жұмыста Ni (II) иондары бар модельді суларды тазарту үшін арпа дәндерінің жергілікті және термиялық өңделген жеміс қабықтарын пайдалану мүмкіндігі зерттелді. Сонымен қатар, салыстырмалы түрде УБФ маркалы белсендірілген көмірмен тәжірибе жүргізілді (Pehlivan және т.б., 2009).

Термиялық өңделген үлгілер 150°C температураға арпа дәндерінің жеміс қабықтарына 15 минут ішінде әсер ету арқылы алынады. Арпа дәндерінің жеміс қабығын термиялық өңдеудің қажетті температурасын анықтау үшін термогравиметриялық талдау (ТГА) жүргізілді. Бұл әдіс температураның сызықтық жоғарылауымен белгілі бір уақыт аралығында үлгі массасының өзгеруін бақылауға негізделген.

Арпа дәндерінің жеміс қабығы мен термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығы үлгілерінің массаларының өзгерісі 0 °C–400 °C температураға тәуелділігі анықталған. Массаның алғашқы төмендеу мөлшері ылғалдың жойылуын көрсетеді. 100 °C-тан сәл жоғары температурада арпа дәндерінің жеміс қабығы үлгісінің шөгіндісінің массасы тұрақты мәнге жетеді және шамамен 210 °C температураға дейін өзгермейді, термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығы үлгісінің массасы 115 °C температурадан 330 °C дейін тұрақты болып қалады.

Алынған мәліметтерден, өңделмеген арпа дәндерінің жеміс қабығының шамамен 100 °C-ден 200 °C-қа дейінгі температура диапазонында кептіруге болатыны анықталған, ал бұл үшін 150 °C температурасы өте қолайлы болып табылған. Бастапқыда зерттелетін сорбциялық материалдардың жанасу уақытынан бастап сорбциялық қабілетінің өзгерісі зерттелді. Тәжірибелер барысы келесідей болды: 50 мг/дм³ концентрациясы бар Ni²⁺ иондары бар 200 см³ ерітіндіден 5 колбаға құйылды, содан кейін әрбір ыдысқа салмағы 1 г сорбциялық материалдың өлшенген бөлігі қосылды. Колбалардың мөлшері белгілі бір уақыт аралығында «PSU-20i» аппаратында араластырылды. Ni²⁺ иондарының құрамы әдістемеге сәйкес никель иондарын анықтау үшін фотометриялық әдіспен өлшенді Тәжірибелер 278, 293, 313 және 333 К температураларында жүргізілген (Назаренко және т.б., 2017).

Үлгілердегі никель иондарының қалдық құрамы тәжірибе басталғаннан кейін әрбір 10 минут сайын анықталды. 293 К температурада сорбциялық қабілеттіліктің уақытқа тәуелділігі көрсетілген. Көрсетілген графикалық тәуелділіктерден жанасу уақыты ұлғайған сайын үлгілердің сорбциялық қабілеті арта түсетіні анықталған. 293 К температурада сорбциялық сыйымдылықтың максималды мәні термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығы үлгісі үшін 5,16 мг/г құраса, ал белсендендірілген көмір үшін

2,58 мг/г құраған. 278, 313 және 333 К температурада жүргізілген тәжірибелер жағдайында никель иондары үшін сорбциялық қабілетінің жоғарылауының температура мен фазалық жанасу уақытының жоғарылауымен бірдей тәуелділігі анықталды. Жүргізілген зерттеулер термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығы үлгісі үшін максималды сорбциялық қабілетінің 5,97 мг/г ($T = 313$ К кезінде) болатыны анықталған, бұл белсендендірілген көмір көрсеткішінен (2,77 мг/г) артық.

Бидай жемістерінің қабықтарының 80-90% жоғары молекулалық қосылыстардан – целлюлоза мен лигниннен тұрады, олар ауыр металл иондарына, оның ішінде никель иондарына орбциялық қасиет көрсетеді. Ең жоғары макрокеуектілік пен мезокеуектің ең үлкен көлемі 313–333К температурада термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығында болады, олардың құрамында лигнин мен целлюлозаның қосылуына байланысты термиялық ыдырауы кезінде белсенді көміртегі түзіледі, негізіндегі материалдарға ие, бұл ең жақсы сорбциялық қасиеттерді анықтайды. 313–333 К температурада термиялық өңдеуден өткен, құрамына лигнин мен целлюлозаның енуіне байланысты, термиялық ыдырау кезінде ең жақсы сорбциялық қасиеттері бар белсенді көміртек түзетін термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығы негізіндегі материалдар ең жоғары макрокеуектілік және мезокеуектердің ең көп көлемімен ерекшеленеді. Өзгерістер материалдың құрылымында да көрінеді: ол борпылдақ болады, оның беті ұлғаяды және металл иондарын байланыстыру үшін функционалды топтардың болуы артады. «Vario EL» анализаторында N, C, H мазмұнына үлгілердің элементтік талдауы жүргізілген. Алынған мәліметтердің нәтижелері бойынша арпа дәндерінің жеміс қабықтарын термиялық өңдеу кезінде көміртегі мөлшерінің жоғарылауы байқалған, бұл термиялық өңдеуден өткен реагенттің сорбциялық сипаттамаларының жоғарылауына әкеледі.

Сорбция процесін неғұрлым толық зерттеу үшін процестің термодинамикалық параметрлері: энтальпия ΔH , энтропия ΔS , Гиббс энергиясы ΔG және активтену энергиясы E_a анықталған. Активтену энергиясының мәнін табу қажет, себебі ол сорбция процесінің әртүрлігін көрсетеді ($E_a < 8$ кДж/моль кезінде физикалық сорбция немесе $E_a > 8$ кДж/моль кезінде хемосорбция). Активтену энергиясы екі температурадағы жылдамдық константасын табу арқылы анықталды:

$$E_a = \frac{RT_1T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1}$$

293 К температурада зерттелетін реагенттермен сорбциялау процесінің термодинамикалық параметрлері келтірілген. арпа дәндерінің жеміс қабығы және термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығы сорбциялық материалдар ретінде пайдаланылған жағдайда процестің белсендіру энергиясының оң мәндері хемосорбция процесінің пайда болуын растайды, ал белсендендірілген көмірді қолданғанда физикалық сорбция байқалады (Назаренко және т.б., 2017).

Тәжірибелік мәліметтерді талдай келе, термиялық өңделген арпа дәндерінің жеміс қабығы никель (II) иондарынан сорбциялық тазартуды ұсынған. Бұл сорбентті алу материалдардың арзандығына, өндірудің қарапайымдылығына, жоғары сорбциялық қасиеттеріне, екіншілік шикізатты қайта өңдеу мүмкіндігіне байланысты экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді болып келеді.

Индустрияландырудың қарқынды өсуіне байланысты соңғы жылдары ауыр металдардың қоршаған ортаға түсуі жыл артқан сайын қауіпті болып отыр, бұл жаһандық ауқымда күрделі мәселе туғызады. Кадмий, мырыш, мыс, никель, қорғасын, сынап және хром көбінесе гальваникалық энергетикалық, металлургиялық зауыттар, тау-кен және электрлік батареялар өндірісі, былғары, мұнай өңдеу, бояу және лак өнеркәсібі және т.б. өндірістік ағынды суларда кездеседі.

Органикалық қалдықтардан айырмашылығы ауыр металдар биологиялық ыдырамайды, сондықтан олар тірі ұлпаларда жиналып, әртүрлі аурулар мен бұзылулар туғызуы мүмкін; сондықтан олар экожүйеге жіберілмес бұрын міндетті түрде жойылуы керек. Күрделі және қымбат тазарту әдістерін ауыстыру мүмкіндігі, мысалы: химиялық тұндыру, ион алмасу, электрофлотация, мембраналық бөлу, кері осмос, электродиализ, еріткішпен экстракциялау және т.б. арзанырақ және қарапайым сорбциялық технологиялар ғалымдар мен конструкторлардың қызығушылығын тудырады. Адсорбция — сулы ерітінділерден ауыр металл иондарын кетіруге арналған тиімді физика-химиялық процесс. Ерекше орынды алып жатқан жаңа, қарқынды дамып келе жатқан бағыт әртүрлі қалдықтардан жасалған жаңа сорбциялық материалдарды құру және пайдалану технологияларын жасау болып табылады. Қалдықтардан адсорбенттерді өндіру қоршаған ортаға түсетін салмақты барынша азайтады және сонымен бірге табиғи ресурстарды үнемдейді, өйткені қалдықтар екіншілік шикізат дәрежесіне ауысады. Көбінесе қалдықтардың бастапқы күйінде сорбциялық қасиеттері төмен болады (Чиркова және т.б., 2015).

Жоғары сорбциялық қасиеттерді және оларды көпкомпонентті ағынды суларды тазарту үшін пайдалану мүмкіндігін құру үшін бастапқы қалдық түрлендіріледі немесе басқа жоғары сорбциялық материалдармен біріктіріледі. Түрлендіру үшін негізінен термиялық немесе химиялық әдістер жеке және біріктірілген түрде қолданылады. Механикалық қасиеттер мен қолданудың қарапайымдылығын ескере отырып, сорбенттерге түйіршіктелген немесе байланыстырғышты енгізу арқылы композициялық материалдар жасалады. Бұл бағыт енді ғана қарқынды дами бастады және, өкінішке орай, қазіргі кезеңде Қазақстанда қалдықтарды сорбенттерге өңдеуге жүйелі көзқарас жоқ, тек жекелеген аймақтарда жекелеген ұсыныстар мен әзірлемелер бар. Осы тақырып бойынша шетелдік және отандық авторлардың әзірлемелері талданды.

Өсімдік қалдықтарын ағынды суларды тазалауға қолдану

Ауыр металл иондарының сорбциясы бойынша көптеген зерттеулер әртүрлі өңделмеген өсімдік материалдарында жүргізілген, мысалы, папайя

ағашы, жүгері жапырақтары, тик жапырағының ұнтағы, бразилиялық гевея, күріш қабығының күлі және ним ағашының қабығы, жүгері сабақтарының өзектері. Бұл қалдық құрамында целлюлоза бар шикізатқа жатады және губка тәрізді кеңістіктік-қаңқалық құрылымды, жоғары гидрофобты болып табылады. Ағынды суларды тазарту үшін өсімдік қалдықтарын пайдаланудың артықшылықтары: салыстырмалы түрде қарапайым өңдеу технологиясы, жақсы адсорбциялық қабілеті, ауыр металл иондарына талғамдылығы, арзан болуы, қол жетімділігі, регенерацияның қарапайымдылығы. Алайда, өңделмеген өсімдік қалдықтарының адсорбциялық сыйымдылығы төмен. Сонымен қатар, сорбция процесінде өсімдік материалдарында кездесетін еритін органикалық қосылыстардың бөлінуіне байланысты тазартылатын судағы оттегінің химиялық тұтынуы, оттегінің биологиялық тұтынуы, сондай-ақ жалпы органикалық көміртегі деңгейінің жоғарылауы байқалады. Судағы оттегінің химиялық тұтынуы, оттегінің биологиялық тұтынуы, сондай-ақ жалпы органикалық көміртегі мандерінің жоғарылауы судағы оттегінің төмендеуіне әкелуі мүмкін, бұл су экожүйелеріне қауіп төндіруі мүмкін. Сондықтан мұндай қалдықтарды ауыр металл иондарын алу үшін сорбенттер ретінде қолданар алдында түрлендіру керек.

Өсімдік қалдықтарын алдын ала өңдеу еритін органикалық қосылыстарды бөлуге және хелаттау қабілетін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл әдістер әртүрлі түрлендіруші агенттерді қолдануға негізделген, мысалы: сілтілі ерітінділер (натрий және кальций гидроксидтері, натрий карбонаты), минералды және органикалық қышқылдар, органикалық қосылыстар (этилендиамин, формальдегид, эпихлоргидрин, метанол), тотықтырғыштар (сутегі асқын тотығы), бояғыштар (reactive Orange 13) және т. б.

Бірақтар ғылыми еңбектерде ағаш өңдеу өнеркәсібінен алынған түрлендірілген үгінділердің, кең таралған және оңай қол жетімді қосалқы өнімінің сорбциялық қасиеттері зерттелген. Олардың құрамында әртүрлі механизмдер арқылы ауыр металл иондарын байланыстыруға қабілетті полифенолды топтары бар әртүрлі органикалық қосылыстар (лигнин, целлюлоза және гемицеллюлоза) бар. Авторлар мыс және мырыш иондарын үгінділермен экстракциялау тиімділігін зерттеді. Терек және шырша үгінділері натрий гидроксиді (олар талшықтың ісінуіне ықпал етеді) және натрий карбонатының ерітінділерімен өңделді, содан кейін өңделген және өңделмеген үгінділердің адсорбциялық қабілетін салыстыру жүргізілді. Түрлендірілмеген терек және шырша үгінділері мырышқа қарағанда мыс иондарын сіңіру тиімділігін көрсетті, адсорбция Лангмюр теңдеуіне сәйкес жүрді. Сілтімен өңдегеннен кейін бұл металдардың адсорбциялық қабілетінің жоғарылауы байқалды (Cu(II) иондары үшін 2,5 есе және Zn(II) иондары үшін 15 есе). Лангмюр үлгісін қолдану арқылы табылған адсорбциялық қабілеті 6,92 мг/г (терек үгінділері) және мыс үшін 12,70 мг/г (шырша), мырыш үшін 15,83 мг/г (терек үгіндісі) және 13,41 мг/г мырыш (шырша үгіндісі) құрайды (Šćiban және т.б., 2006).

Басқа тәжірибеде авторлар адсорбция кезінде түсті органикалық заттардың шаймалануын қышқылдық ортада формальдегидпен алдын ала өңдеу арқылы, содан кейін натрий гидроксидімен немесе тек сілтімен өңдеу арқылы жоюға болатынын анықтаған. Жұмыста берілген мәліметтерге сәйкес, сілті үгінділер бетінде жаңа адсорбциялық орталықтарды шығару арқылы адсорбцияны жақсартады.

Дегенмен, натрий гидроксиді концентрациясын түрлендіру мақсатында арттыру адсорбциялық сыйымдылықтың айтарлықтай артуына әкелмейді. Авторлар концентрациясы 1% аспайтын сілті ерітіндісін түрлендіру үшін пайдалануды ұсынады. Түрлендіру температурасы да үгінділердің адсорбциялық сыйымдылығын айтарлықтай арттыру үшін маңызды фактор болып табылмайды. Үгінділерді жоғары температурада (80°C) натрий гидроксидімен өңдеу кезінде мыс пен никель адсорбциясының шамалы ғана жоғарылауы байқалды. Натрий карбонатымен өңдеу кезіндегі адсорбциялық сыйымдылықты зерттеу түрлендірілген үгінділердің түрлендірілмеген үгінділерге қарағанда мыс иондарын екі есе, ал мырыш иондарын алты есе жақсы сіңіретінін көрсетті.

Түрлендіру үшін натрий карбонатын пайдалану натрий гидроксидін қолданумен салыстырғанда тиімділігі төмен. Мұның себебі, бір литр натрий гидроксидінің құрамында натрий карбонатының 1 литріне қарағанда натрий иондары көп. Авторлар ауыр металл иондарының адсорбциялық сыйымдылығының жоғарылауының үш мүмкін себебін келтіреді: ағаш бетінің өзгеруі, сілтілі өңдеуден кейін бетінің ауданы, орташа көлемі және кеуек диаметрінің ұлғаюы; ион алмасу процестерін, әсіресе натрий иондарымен жақсарту (күшейту); үгінділердің кеуектерінде $\text{Cu}(\text{OH})_2$ және $\text{Zn}(\text{OH})_2$ шөгуі. Терек үгінділерін күкірт қышқылымен өңдеудің әсері (Асағ және т.б., 2006) зерттелген. Мұндай үгінділер рН=5 кезінде мыс иондарының 92,4 %, ал өңделмеген үгінділер тек 47 % жояды. Мысты байланыстыру кинетикасы бұл жылдам процесс екенін көрсетті және алғашқы 10 минут ішінде мыс иондары шамамен 70–80 % ерітіндіден жойылады. Металдың концентрациясы жоғарылаған сайын мыстың жойылу пайызы төмендейді. Адсорбент дозасы мен адсорбция пайызының жоғарылауы беттік ауданның өсуіне және белсенді орталықтардың мөлшерінің көбеюіне қолжетімділікпен байланысты болуы мүмкін. Өңделген терек үгінділерінің адсорбциялық сыйымдылығы 13,945 мг/г тең болса, өңделмеген терек үгінділері үшін 5,432 мг/г көрсетеді. Адсорбция Лангмюр моделі бойынша жүреді. Күкірт қышқылымен өңделген терек үгінділерінің максималды адсорбциялық сыйымдылығы натрий гидроксидімен өңдеуден алынған мәндерден жоғары болады. Сондай-ақ, концентрлі күкірт қышқылы сынап пен никель иондарын жою үшін кокос пальмасының үгінділерін түрлендіру үшін қолданылды. Бұл жағдайда сынап иондары 100%, ал никель иондары 81 % жойылған және адсорбция бір сағатқа созылған. Авторлар никель иондарын натрий гидроксидімен өңделген палисандра үгінділерін (*Dalbergia sissoo*), ағаш кесу

зауыттарының жанама өнімі арқылы жою туралы зерттеген. Үгінділерді сілтімен өңдеу метил эфирлерінің негізгі компоненттері целлюлозалардың, гемицеллюлозалардың және лигниннің карбоксил лигандтарына айналуына әкеледі.

Адсорбция уақытын зерттеу никель иондарының жасушадан тыс байланысуына байланысты алғашқы 20 минутта тез жойылатынын көрсетті. Никель иондары үшін максималды адсорбциялық сыйымдылық 50°C температурада 10,47 мг/г болды. Лангмюр және Фрейндлих үлгілеріне сәйкес жоғары температурада адсорбция әлдеқайда жақсы болды. Жұмыста формальдегидпен өңделген үгінділермен алты валентті хромның адсорбциясы зерттелді. Соңғысы әдетте үгінділердің түсін және суда еритін заттарын иммобилизациялау үшін қолданылады. Хром (VI) иондарының адсорбциялық сыйымдылығы төмен (3,6 мг/г), адсорбция тепе-теңдігі шамамен 5 сағаттан кейін жетті. Адсорбция процесі бірнеше физика-химиялық параметрлерге қатты тәуелді болады: рН, адсорбент мөлшері, температура және хром еритіндісінің бастапқы концентрациясы. Максималды адсорбция рН 3-тен 6-ға дейінгі диапазонда байқалды және 6-дан жоғары мәндерде айтарлықтай төмендеді.

Хромның (VI) адсорбциялану пайызы адсорбент мөлшерінің жоғарылауымен өсті, бірақ металдың концентрациясы мен температурасының жоғарылауымен төмендеді. Адсорбция жылдамдығы қол жетімді адсорбция орталықтарының санының артуына байланысты адсорбент санының артуымен жоғарылауға бейім болды. Температураның жоғарылауымен адсорбция жылдамдығының төмендеуі адсорбцияның экзотермиялық сипатын көрсетті; ол негізінен төмен температурада жүреді.

Тамақ өнеркәсібінің қалдықтарын сорбент ретінде пайдалану мүмкіндігі үшін қант қамысы целлюлозасы да зерттелді. Бұл қалдық целлюлозадан (50 %), полиоздан (27 %) және лигниннен (23 %) тұрады. Осы үш биологиялық полимердің болуы материалды гидроксилмен және фенолмен топтарымен қанықтырады; олар өз кезегінде жаңа қасиеттері бар адсорбциялық материалдарды алу үшін химиялық түрлендірілуі мүмкін. Сулы ерітінділерден Cu, Cd және Pb иондарын алу үшін янтарь ангидридімен түрлендірілген қант қамысымен сорбция процесін зерттеді. Янтарь ангидридінің әсерінен целлюлозаның гидроксил топтары карбоксил топтарына айналатыны көрсетілген. Содан кейін бұл топтарды NaHCO_3 , этилендиамин және триэтилентетрамин сияқты әртүрлі қосылыстармен әрекеттестіріп, әртүрлі металл иондарын сіңіру қабілетін көрсететін жаңа адсорбенттер түзілген.

Этилендиаминмен және триэтилентетраминмен өңделген үлгіде өңделмеген үлгімен салыстырғанда азот мөлшерінің айтарлықтай жоғарылағаны анықталды. Триэтилентетраминмен өңдеуден кейінгі қалдықтар өзгертілмеген үлгімен салыстырғанда Cd және Pb иондарына қатысты адсорбциялық қабілетін екі есе жоғары көрсетті. Себебі, өңдеуден кейін пайда болған көптеген нуклеофильді орталықтар санының әсері болуы мүмкін.

Авторлар сутегі асқын тотығының қорғасын мен хромға қатысты қант қамысы күлінің сорбциялық қасиеттеріне әсерін зерттеді. Сутегі асқын тотығымен өңделген күл хромды (60 минут) қорғасынға (80 минут) қарағанда тезірек бөліп алуы анықталды. Хромның адсорбциялық сыйымдылығы қорғасынға қарағанда жоғары болды. Дегенмен, екі металл үшін де сыйымдылықтың абсолютті мәндері төмен болды: Pb ионы үшін 2,50 мг және Cr ионы үшін 4,35 мг тең. Жұмыста дисахаридтер өндірісінің қалдықтары – дефекааттың "Қызғылт сары R" және "Метиленді көк" бояғыштарының сорбция процесітері сипатталған. Қалдықтарды 20 минут ішінде 600 °C температурада өндегенде тиімді сорбциялық материал алу мүмкіндігі көрсетілген. Алынған сорбентпен «Қызғылт сары R" және "Метиленді көк" бояғыштарды тазарту тиімділігі сәйкесінше 95–97 % жетеді. Қазіргі уақытта оксидтер, гидратталған темір және алюминий оксидтері/гидроксидтері негізінде тиімді сорбциялық материалдар әзірленген және зерттелген. Оларды өндіру процесі жоғары температурада ішінара дегидратациядан кейін гидроксидтердің тұндыруға негізделген. Гидроксидтер термодинамикалық метатұрақты; күшті қыздыру олардың тұрақты оксидтерге айналуына әкеледі. Үш валентті металл гидроксидінің (Me) жеңілдетілген түрде сусыздану процесін келесі теңдеулер арқылы сипаттауға болады:



Бұл реакцияларда аралық өнімдер ретінде әртүрлі су мөлшері бар қосылыстар түзілуі мүмкін. Оксидті адсорбенттерде олардың адсорбциялық қасиеттерін анықтайтын беттік гидроксил топтары салыстырмалы түрде көп болады. Оксидті адсорбенттерде олардың адсорбциялық қасиеттерін анықтайтын беттік гидроксил топтары салыстырмалы түрде көп болады. Бетінің полярлық табиғаты –ОН топтарының протондануы немесе депротондануы мүмкіндігімен бірге мұндай адсорбенттерді фосфаттар, арсенаттар, фторидтер немесе ауыр металл иондары сияқты иондық қосылыстарды жоюға қолданады. Белсендендірілген алюминий оксиді ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) ауыз судан арсенат иондары мен фторды жою немесе ағынды судан фосфатты жою үшін қолданылады. Белсендірілген алюминий тотығы 0,1-ден 10 мм-ге дейін, бетінің ауданы — 150-ден 350 м²/г-ға дейін әртүрлі өлшемдегі бөлшектер түрінде шығарылады.

Соңғы уақытта түйіршікті түрдегі темір (III) гидроксиді ағынды суларды арсенаттан, фосфаттардан және басқа иондардан тазарту үшін сорбент ретінде белсенді түрде қолданылады. Үлгілік ерітіндіден мыс (II) иондарын алу үшін темір және алюминий оксидтерінің, сондай-ақ белсендірілген көмірдің сорбциялық қасиеттері зерттелді. Тәжірибе үшін сорбенттер толтырылған бағаналар пайдаланылды; ерітінді сорбциялық қабат арқылы 1,85 мл/мин жылдамдықпен өтті.

Авторлар Cu(II) иондарының сорбциялық сыйымдылығы белсендірілген көмір (16,24 мг/г) үшін ең жоғары екенін анықтады, ал алюминий оксиді (5,60 мг/г) және темір оксиді (5,41 мг/г) бойынша төмен мәнді көрсеткен. Ауыр металдар иондарын (Co²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺) бөліп алу үшін киіз басу өндірісінің қалдықтарынан жасалған сорбент қолданылады. Сорбциялық көрсеткіштерді арттыру үшін қалдықтарды күкірт қышқылымен өңдейді, содан кейін термиялық өңдеуден өткізеді. Кобальт иондары үшін үлгінің сорбциялық қабілеті 225 мг/г, никель иондары үшін - 173 мг/г болды. Металл өңдеу кәсіпорынның қалдықтарынан ағынды суларды хром (VI) иондарынан тазарту мүмкіндігі зерттелген.

Ағынды суларды тазартуға арналған реагенттер ретінде бірқатар қалдықтар қарастырылды: дәнекерлеу шлактары. 99 % темір оксидінен, 1,0% механикалық қоспалардан тұрады. Дәнекерлеу кезінде кәсіпорынның жөндеу цехында қалыптасады; қара металдарды ұнтақтау кезіндегі шаң (немесе ұнтақ), құрамындағы металл мөлшері 50 %-дан жоғары. 25 % кремний карбиді, 75 % темір, темір оксидінен тұрады. Кәсіпорынның ұнтақтау және ұнтақтау учаскелерінде құрғақ ұнтақтау арқылы қалыптасады. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде қалдық құрамында кремний қосылыстары мен темір оксидінің болуына байланысты ағынды суларды хром иондарынан тазартудың максималды тиімділігін көрсеткен. Керамика өндірісінің қалдықтары мен ауыл шаруашылығы қалдықтары (күнбағыс қауызы) негізінде біріктірілген адсорбенттер жасалып, олардың қорғасын иондарына қатысты адсорбциялық қасиеттері зерттелді. Ең жоғары адсорбциялық қасиеттер қалдық қоспаның 50:50 (%) қатынасында және 300°C температурада 20 минут бойы термиялық өңдеу кезінде алынған материалда көрсетілген. Ағынды суларды қорғасын катиондарынан біріктірілген сорбенттермен тазартудың тиімділігі 97,5 % құрайды. Агроөнеркәсіптік кешеннің қалдықтарынан сорбциялық материалдарды өндіру және пайдалану бойынша әдебиеттік деректерді талдай келе, осы бағыттағы жұмыстарды жалғастыру қажеттігін көрсетті (Чиркова және т.б., 2015).

Ағынды суларға арналған ауылшаруашылық қалдықтарына негізделген наноактивті көмір алу

Өнеркәсіптің жаппай дамуы қоршаған ортада қалдықтардың жиналуын жеделдетті, ол ақырында су қоймаларына түседі. Суды ластау мәселесін шешу үшін шикізат ретінде әртүрлі ауыл шаруашылығы қалдықтары жан-жақты зерттелген (Panchal және т.б., 2022). Олар нанобелсендірілген көмірді алу үшін қолайлы шикізат болып табылады, ауыз суды сүзу, бояғыштар мен органикалық қосылыстарды кетіру, ауыр металдарды жою және токсиндер мен химиялық қосылыстарды жою үшін мұнай төгілу мәселелерін шешуге және ағынды суларды тазартуға қосымша ретінде пайдалануға болады. Суды сүзгілеу – ластаушы заттардың көпшілігін ластанған судан қажетсіз химиялық заттарды кетіретін немесе концентрациясын төмендететін маңызды процесс. Осы мақсатқа арналған сүзгілер мен мембраналарды қамтитын бірнеше

тәсілдер жасалды, соның ішінде микрофльтрация, нанофльтрация, кері осмос, первапорация және ультрафльтрациялық мембраналар (Xiong және т.б., 2016). Соңғы уақытта нанобелсендірілген көмірлердің үлкен беттік ауданы, нанокеуектілігі және ауыз су мен ағынды сулардағы органикалық және бейорганикалық ластаушы заттарды жоғары адсорбциялық және жою тиімділігіне байланысты үлкен назар аударылып отыр. Жакында жүргізілген зерттеуде кокос қабығына негізделген түйіршікті белсендірілген көмір алынды, ол ауыз судан полистирол нанопластиктерін адсорбциялау және жою тұрғысынан зерттелді (Agenas және т.б., 2021).

Оң зарядталған нанопластиктермен әрекеттесетін теріс зарядталған түйіршікті кокос қабығы негізіндегі белсендірілген көмірдің максималды адсорбциялық сыйымдылығы 2,20 мг/г-ден астам мәнді көрсетті. Ерітілген органикалық заттардың болуы нанопластикадағы беттік зарядтардың өзгеруіне және екі валентті иондардың болуына байланысты белсендірілген көмірдің адсорбциялық қабілетін айтарлықтай арттырды. Осыған ұқсас жұмыста коагуляция/сүзу процесіне түйіршіктелген белсендірілген көмірді енгізуді зерттеді. Авторлар бұл белсендірілген көмірдің адсорбциясын терең қабаттағы сүзумен біріктірді және олар ауыз судан суспензияны да, фосфорды да тиімді түрде жоюды анықтады.

Ауыр металл иондарын жоюдың басымдылығы

Ауыр металдармен ластану соңғы уақытта өнеркәсіптің жаппай дамуына байланысты күрделі мәселеге айналды. Кейбір ауыр металдар белгілі жануарлар мен өсімдіктер үшін микро немесе тіпті макроэлементтер ретінде әрекет етеді. Дегенмен, жоғары концентрацияда олар көптеген тірі ағзалар үшін өте улы болып табылады. Алты валентті хром – ауыр металл хромының улы түрі, ол мұрынды, өкпені және тамақты тітіркендіреді және денсаулыққа басқа да қажетсіз әсерлерді тудыруы мүмкін. Авторлар судан алты валентті хромның көп бөлігін айтарлықтай жоюға қабілетті түрлендірілген белсендірілген көмірді әзірледі. Авторлар жеңіл сіңдіру әдісін қолдана отырып, белсендірілген көмірді темір оксидінің нанобөлшектерімен қаптады және бұл адсорбциялық қабілеті түрлендірілмеген белсендірілген көмірге қарағанда үш есе артқаны көрсетілген. Ауыр металдарды жоюда көмір адсорбенттерінің белсенділігін арттыру үшін буды белсендіру қолданылды. Авторлар булы белсендендіруді пайдаланып қарағай үгінділерінен белсендірілген көмір дайындады және адсорбция қабілетінің жақсарғанын анықтады (Kumar және т.б., 2020). Булы белсендендіру кезінде ауыр металдардың адсорбциясынан беттік аудан аздап кішірейген. Басқа зерттеулерде судан алты валентті хромды (VI) жоюда қолданылған химиялық белсендендірілген көмірді зерттеген.

Активтендіру процесінде беткі химиялық құрамның өзгеруін авторлар адсорбция механизмінің жоғарылауының себебі ретінде ұсынды. Ауыр металдардың адсорбциясына қатысты ауыл шаруашылығы қалдықтары негізінде әртүрлі наноактивтендірілген көмірдің адсорбциялық қабілетін бағалау бойынша айтарлықтай зерттеулер жүргізілді.

Белсендірілген көмірлер жаңғақ қабығынан белсендіруші агент ретінде мырыш хлоридімен вакуумды химиялық белсендендіру арқылы алынды. Дайындау әдісін оңтайландыру үшін негізгі процестің параметрлерінің (мысалы, жүйе қысымы, белсендіру температурасы және сіңдіру коэффициенті) алынған белсендірілген көмірлердің қасиеттеріне (белгілі бір беттік ауданда және кеуектер көлемінде көрсетілген) әсері зерттелген. Жүйе қысымы 30 кПа, активтену температурасы 450 °С және сіңдіру дәрежесі 2,0 болатын оңтайлы белсендірілген көмірдің БЭТ бойынша бетінің ауданы 1800 м²/г және жалпы кеуек көлемі 1,176 см³/г болатыны анықталды. Дайындалған белсендірілген көмірлер сканерлеуші электронды микроскопия және ИК-Фурье спектроскопия арқылы сипатталды. Содан кейін олар сулы ерітінділерден метиленді көкті кетіру үшін адсорбент ретінде қолданылды. Нәтижелер метилен көгінің адсорбциялық қабілетінің БЭТ бойынша бетінің ауданымен оң корреляцияланғанын көрсетті. Оңтайлы белсендірілген көмір үшін метилен көгінің ең жоғары адсорбциялық қабілеті 315 мг/г болды. Белсендендірілген көмірдің дозасы және метилен көгінің адсорбциялық изотермасы бойынша әсері бағаланды. Редлих-Петерсон және Ленгмюр-Фрейндлих үлгілері белсендірілген көмірдегі метилен көгінің гетерогенді беттік адсорбциясын көрсететін тепе-теңдік деректерін жақсы көрсететіні анықталды (Juan Yang және т.б., 2010).

Қорытынды

Әртүрлі ауылшаруашылық қалдықтары олардың түріне және көздеріне байланысты күрделі экологиялық және денсаулық мәселелерін әкелуі мүмкін. Ауыл шаруашылығы қалдықтарын дұрыс өңдеу және жою арқылы қалдықтарды азайту және су қоймаларының ластануын жою тұрғысынан қоршаған ортаға оң әсер етуі мүмкін. Осындай тұрақты ресурстардан нано-белсендірілген көмірді алу олардың жағымсыз әсерлерін азайтудан басқа бірнеше артықшылықтары бар. Ауыл шаруашылығы қалдықтары өте арзан және экологиялық таза, бұл ағынды суларды тазарту жүйелерін өндірудің жалпы құнын төмендетеді.

Соңғы уақытта осы жүйелердің және белсендірілген көмірдің бағасы өсіп келеді. Белсендірілген көмірді белсендірудің екі тәсілінің ішінде физикалық белсендендіру химиялық белсендендіруге қарағанда ұзағырақ уақыт алады, бұл нано-белсендірілген көмір бөлшектерінің кеуек өлшемін және кеуектілігін бақылаудағы қиындықтармен бірге қосымша шығындардың мөлшерін жоғарылатады. Сондықтан, химиялық белсендендіру мен түрлендіру өте кең таралған. Ағымдағы өндіріс құнына байланысты белсендірілген көмір қазіргі уақытта көміртегі негізіндегі суды сүзу үшін ең танымал материал болып қала береді, химиялық түрлендірулер ұстау қабілеті мен тиімділігін арттырудағы өзектілігін сақтай отырып қолданылады. Көміртекті нанотүтіктер мен графенді өндіру құны төмендеп келе жатқандықтан, бұл көміртекті наноматериалдардың жетілдірілген сүзу құрылғыларында немесе белгілі бір ластаушы заттарды ұстау үшін пайдаланылатын нано-

белсендірілген көмір құрылғыларының кең ауқымына қосымша компоненттер ретінде пайдаланылуы мүмкін. Қолданылатын адсорбент материалының құны қолданылатын активтендіру әдісіне байланысты өзгеруі мүмкін екенін, химиялық белсендендіру физикалық белсендендіруден қымбатырақ екенін айтты. Басқа факторлар да құнға әсер етуі мүмкін, соның ішінде өнеркәсіптік прекурсорлар, дайындықтың кез келген сатысында қолданылатын химиялық заттар, адсорбциялық қабілеттілік, талғамдылық, пайдалану шығындары және адсорбенттің ыдырау жылдамдығы. Бұл факторларды адсорбциялық материалдарды кең көлемде өндіруге әрекет жасамас бұрын ескеру қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

Acar F.N., Eren Z.J. (2006). - Removal of Cu(II) ions by activated poplar sawdust (Samsun Clone) from aqueous solutions, *Journal of Hazardous Materials*, 137, 909–914 (2006). DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.03.014

Arenas L.R., Gentile S.R., Zimmermann S., Stoll S. (2021). - Nanoplastics adsorption and removal efficiency by granular activated carbon used in drinking water treatment process. *Sci. Total Environ.* 2021, 791, 148175. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148175

Везенцев А.И., Нгуен Хоай Тъяу, Соколовский П.В.1, Буханов В.Д., Милютин В.В., Конькова Т.В., Алехина М.Б. (2015). - Композиционный сорбент на основе минерального и растительного сырья. Сорбционные и хроматографические процессы. 2015. Т. 15. С.127–133.

Diaz De Tuesta J.L., Roman F.F., Marques V.C., Silva A.S., Silva A.P.F., Bosco T.C., Shinibekova A.A., Sadenova A., Kalmakhanova M.S., Massalimova B.K., Arrobas M., Silva A.M. T., Gomes H.T. (2021). - Performance and modeling of Ni(II) adsorption from low concentrated wastewater on carbon microspheres prepared from tangerine peels by FeCl₃-assisted hydrothermal carbonization, *Journal of Environmental Chemical Engineering* 10 (2022) 108143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108143>

Zuo J., Fan W., Wang X., Ren J., Zhang Y., Wang X., Zhang Y., Yu T., Li X. (2018). - Trophic transfer of Cu, Zn, Cd, and Cr, and biomarker response for food webs in Taihu Lake, China, *RSC Adv.* 8 (2018) 3410–3417, <https://doi.org/10.1039/c7ra11677b>

Juan Yang, Keqiang Qiu (2010). - Preparation of activated carbons from walnut shells via vacuum chemical activation and their application for methylene blue removal, *Chemical Engineering Journal*. Volume 165. Issue 1. 15 November 2010. Pp. 209–217. DOI: 10.1016/j.cej.2010.09.019

Kouassi B.G., Serpokrylov N.S., Smolyanichenko A.S., Cheblakova E.G., Gorina V.A. (2019). - Preparation of activated carbon from cashew nut shells for water purification. *Powder Metallurgy and Functional Coatings*. 2019;(2):15–22. (In Russ.) DOI: 10.17073/1997-308X-2019-2-15-22

Kumar, M.; Xiong, X.; Wan, Z.; Sun, Y.; Tsang, D.C.; Gupta, J.; Gao, B.; Cao, X.; Tang, J.; Ok, Y.S. (2020). - Ball milling as a mechanochemical technology for fabrication of novel biochar nanomaterials. *Bioresour. Technol.* 2020, 312, 123613. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.123613

Mallampati R., Xuanjun L., Adin A., Valiyaveetil S. (2015). - Fruit Peels as Efficient Renewable Adsorbents for Removal of Dissolved Heavy Metals and Dyes from Water, *ACS Sustainable Chemical Engineering*, 3, 6, 1117–1124 (2015). DOI:10.1021/acssuschemeng.5b00207

Назаренко А.А., Степанова С.В., Шайхиев Г. (2017). - Использование термообработанных плодовых оболочек зерен ячменя для очистки никельсодержащих вод, *Вестник технологического университета*. 2017. Т.20, №6. Pp.150–153.

Osnick Joseph, «Etude du potentiel d'utilisation de résidus agricoles haïtiens pour le traitement par biosorption d'effluents pollués»; P. 41; 2009. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

Одинцова М.В., Ятченко О.А., Адеева Л.Н. (2008). - Очистка питьевой воды от остаточного хлора сорбентом, полученным из скорлупы кедрового ореха, *Вестн. Омский университет*. 2008. № 4. С. 54–56.

Panchal M.; Minugu O.P.; Gujjala R.; Ojha S.; Mallampati Chowdary, S.; Mohammad A. (2022).

- Study of environmental behavior and its effect on solid particle erosion behavior of hierarchical porous activated carbon-epoxy composite. *Polym. Compos.* 2022, 43, 2276–2287. DOI: <https://doi.org/10.1002/pc.26539>

Pehlivan E., Altun T., Parlayıcı S. (2009). - Utilization of barley straws as biosorbents for Cu²⁺ and Pb²⁺ ions, *Journal of Hazardous Materials*, 164, 2–3, 982–986 (2009). DOI:10.1016/j.jhazmat.2008.08.115

Cempel M., Nikel G. (2006). - Nickel: A review of its sources and environmental toxicology, *Pol. J. Environ. Stud.* 15 (2006) 375–382.

Setianto W.B., Yoshikawa S., Smith Jr.R.L., Inomata H., Florusse L.J., Peters C.J. (2009) - Pressure profile separation of phenol c liquid compounds from cashew (*Anacardium occidentale*) shell with supercritical carbon dioxide and aspects of its phase equilibria, *Journal of Supercritical Fluids*, 2009. Vol.48: Pp. 203–210. DOI: 10.1016/j.supflu.2008.11.018

Šćiban M., Klačnja M., Škrbić B. (2006). - Modified softwood sawdust as adsorbent of heavy metal ions from water, *Journal of Hazardous Materials*, 136, 266–271 (2006). DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.12.009

Smith Jr. R.L., Malaluan R.M., Setianto W.B., Inomata H., Arai K. (2003). -Separation of cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid with supercritical carbon dioxide. *Bioresour Technol.* 2003. No. 88(1). Pp.1–7. DOI: 10.1016/s0960-8524(02)00271-7

Xiong B., Zydney A.L., Kumar M. (). - Fouling of microfiltration membranes by flowback and produced waters from the Marcellus shale gas play. *Water Res.* 2016, 99, 162–170.

Чиркова В.С., Собгайда Н.А., Рзазаде Ф.А. (2015). - Сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки сточных вод Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №20, С.263–266.

REFERENCES

Acar F.N., Eren Z.J. (2006). - Removal of Cu(II) ions by activated poplar sawdust (Samsun Clone) from aqueous solutions, *Journal of Hazardous Materials*, 137, 909–914 (2006). DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.03.014

Arenas L.R., Gentile S.R., Zimmermann S., Stoll S. Nanoplastics adsorption and removal efficiency by granular activated carbon used in drinking water treatment process. *Sci. Total Environ.* 2021, 791, 148175. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148175

Vezenstev A.I., Nguyen Hoai Thiau, Sokolovsky P.V.1, Bukhanov V.D., Milyutin V.V., Konkova T.V., Alekhina M.B. (). - Composite sorbent based on mineral and vegetable raw materials. Sorption and chromatographic processes. 2015. V. 15. Pp.127–133. (in Russ.)

Diaz De Tuesta J.L., Roman F.F., Marques V.C., Silva A.S., Silva A.P.F., Bosco T.C., Shinibekova A.A., Sadenova A., Kalmakhanova M.S., Massalimova B.K., Arrobas M., Silva A.M. T., Gomes H.T. (2021). - and modeling of Ni(II) adsorption from low concentrated wastewater on carbon microspheres prepared from tangerine peels by FeCl₃-assisted hydrothermal carbonization, *Journal of Environmental Chemical Engineering* 10 (2022) 108143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108143>

Zuo J., Fan W., Wang X., Ren J., Zhang Y., Wang X., Zhang Y., Yu T., Li X. (2018). - Trophic transfer of Cu, Zn, Cd, and Cr, and biomarker response for food webs in Taihu Lake, China, *RSC Adv.* 8 (2018) 3410–3417, <https://doi.org/10.1039/c7ra11677b>

Juan Yang, Keqiang Qiu. (2010). - Preparation of activated carbons from walnut shells via vacuum chemical activation and their application for methylene blue removal, *Chemical Engineering Journal*. Volume 165. Issue 1. 15 November 2010. Pp. 209–217. DOI: 10.1016/j.cej.2010.09.019

Kouassi B.G., Serpokyrylov N.S., Smolyanichenko A.S., Cheblakova E.G., Gorina V.A. (2019). - Preparation of activated carbon from cashew nut shells for water purification. *Powder Metallurgy and Functional Coatings*. 2019;(2):15–22. (In Russ.) DOI: 10.17073/1997-308X-2019-2-15-22

Kumar, M.; Xiong, X.; Wan, Z.; Sun, Y.; Tsang, D.C.; Gupta, J.; Gao, B.; Cao, X.; Tang, J.; Ok, Y.S. (2020). - milling as a mechanochemical technology for fabrication of novel biochar nanomaterials. *Bioresour. Technol.* 2020, 312, 123613. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.123613

Mallampati R., Xuanjun L., Adin A., Valiyaveetil S. (2015). - Fruit Peels as Efficient Renewable Adsorbents for Removal of Dissolved Heavy Metals and Dyes from Water, *ACS Sustainable Chemical Engineering*, 3, 6, 1117–1124 (2015). DOI:10.1021/acssuschemeng.5b00207

Nazarenko A.A., Stepanova S.V., Shaikhiev G. (2017). - Use of heat-treated fruit shells of barley grains for purification of nickel-containing waters, *Bulletin of the Technological University*. 2017. V. 20. №6. Pp.150–153. (in Russ.)

Osnick Joseph, «Etude du potentiel d'utilisation de résidus agricoles haïtiens pour le traitement par biosorption d'effluents pollués»; Page 41; 2009. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

Odintsova M.V., Yatchenko O.A., Adeeva L.N. (2008). - Purification of drinking water from residual chlorine with a sorbent obtained from pine nut shells, *Vestn. Omsk University*. 2008. № 4. Pp. 54–56. (in Russ.)

Panchal M., Minugu O.P., Gujjala R., Ojha S., Mallampati Chowdary S., Mohammad A. (2022). - Study of environmental behavior and its effect on solid particle erosion behavior of hierarchical porous activated carbon-epoxy composite. *Polym. Compos.* 2022, 43, 2276–2287. DOI: <https://doi.org/10.1002/pc.26539>

Pehlivan E., Altun T., Parlayıcı S. (2009). - Utilization of barley straws as biosorbents for Cu²⁺ and Pb²⁺ ions, *Journal of Hazardous Materials*, 164, 2–3, 982–986 (2009). DOI:10.1016/j.jhazmat.2008.08.115

Cempel M., Nikel G. (2006) - Nickel: A review of its sources and environmental toxicology, *Pol. J. Environ. Stud.* 15 (2006) 375–382.

Setianto W.B., Yoshikawa S, Smith Jr.R.L., Inomata H., Florusse L.J, Peters C.J. (2009). - Pressure profile separation of phenol c liquid compounds from cashew (*Anacardium occidentale*) shell with supercritical carbon dioxide and aspects of its phase equilibria, *Journal of Supercritical Fluids*, 2009. Vol. 48. Pp. 203–210. DOI: 10.1016/j.supflu.2008.11.018

Šćiban M., Klačnja M., Škrbić B. (2006). - Modified softwood sawdust as adsorbent of heavy metal ions from water, *Journal of Hazardous Materials*, 136, 266–271 (2006). DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.12.009

Smith Jr. R.L., Malaluan R.M., Setianto W.B., Inomata H., Arai K. (). - Separation of cashew (*Anacardium Occidentale* L.) nut shell liquid with supercritical carbon dioxide. *Bioresour Technol.* 2003. No. 88(1). Pp.1–7. DOI: 10.1016/s0960-8524(02)00271-7

Chirkova V.S., Sobgaida N.A., Rzazade F.A. Chirkova V.S., Sobgaida N.A., Rzazade F.A. (2015). - Sorbents based on agro-industrial waste for wastewater treatment *Bulletin of the Technological University*. 2015. V.18. №20. Pp. 263–266. (in Russ.)

**МАЗМУНЫ
ФИЗИКА**

М.С. Есенаманова, Ж.С. Есенаманова, А.Е. Глепбергенава, М. Махамбет, Н.Б. Байтемирова ГИДРОПОНИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫДАҒЫ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ПЕН ЭЛЕКТР ӨТКІЗГІШТІК ШАМАЛАРЫНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ.....	7
Е.А. Жақанбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ГАФНИЙ-КАДМИЙ ЖҮЙЕСІНДЕГІ НАНОБӨЛШЕКТЕРДІҢ БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ЖӘНЕ БАЛҚЫМА-КРИСТАЛ ШЕКАРАСЫНДАҒЫ БЕТТІК КЕРІЛҮДІ АЗАЙТУ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Ақаев, Р.В. Кирьянов СУТЕКТІ САҚТАУ ҮШІН ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНУДАН КЕЙІН КОНТЕЙНЕР МАТЕРИАЛЫН ЗЕРТТЕУ.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева БАРДИН-ЯНГ-МИЛЛС ҚАРА ҚҰРДЫМДАРЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ.....	36
В.М. Терещенко 8 ^m -10 ^m СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК СТАНДАРТТАР.VI. +40° АЙМАҚ.....	47
А.Ж. Тыңенгулова, К.А. Катпаева Mn НЕГІЗІНДЕ ӨТПЕЛІ МЕТАЛДАР КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДАҒЫ ФОТОАКТИВАЦИЯНЫҢ БАСТАПҚЫ КЕЗЕҢІН ЗЕРТТЕУ.....	58
И. Хромущин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева БАРИЙ ЦЕРАТЫ ЖӘНЕ ЛАНТАН СКАНДАТЫ НЕГІЗІНДЕГІ ПРОТОНДЫ ӨТКІЗГІШТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ЭЛЕКТРОЛИТ ҚҰРАМЫНЫҢ АНОДЫ ЖОҚ ЛИТИЙ-ИОНДЫ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	83
М.Ә. Дәуренбек ШЕТЕЛДІК ЗЕРТТЕУЛЕР АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ШЕҢБЕРІНДЕ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН СУЛЬФИДТЕРДІҢ КЕШЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫ ТУРАЛЫ.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов БУТИЛ СПИРТТЕРІНІҢ ӨРТҮРЛІ ӘДІСТЕРМЕН СИНТЕЗІНЕ КЕШЕНДІ ШОЛУ.....	106
А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді ПОЛИМЕРҚҰРАМДЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ БИТУМ ТОТЫҚТЫРУҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ: ШОЛУ.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова ҚҰРАМЫ БАЙЫТЫЛҒАН НАННЫҢ ЖАҢА ТҮРІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ.....	134
А. Қуандықова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакибаев ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІН АЛУДА АШІСАЙ МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ЗАУЫТЫНЫҢ КЛИНКЕРІН РЕТТЕУШІ ҚОСПА РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУДЫ ЗЕРТТЕУ.....	146
Г.М. Мадыбекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева ПРОБИОТИКАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ТУРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН ӨМІР СҮРУІН АРТТЫРУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛДАУ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова, У.Т. Жуматаева ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨңІРІНІҢ <i>ARTEMISIA L.</i> ТУЫСЫНЫҢ ТҮРЛЕРІНІҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	172
Н. Сағдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk <i>ASTERACEAE</i> ТҰҚЫМДАСЫНА ЖАТАТЫН КЕЙБІР ӨСІМДІКТЕРДІҢ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді, Х.И. Акбаров АУЫР МҰНАЙДЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН КОКС АЛУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ.....	191
А.А. Шинибеева, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ТАБИҒИ РЕСУРСТАРДАН КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ: ШОЛУ.....	210

СОДЕРЖАНИЕ
ФИЗИКА

М.С.Есенаманова, Ж.С.Есенаманова, А.Е.Тлепбергенова, Махамбет М., Байтемирова Н.Б. ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЕЛИЧИН КИСЛОТНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ГИДРОПИОННОЙ УСТАНОВКЕ.....	7
Е.А. Жаканбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ РАСПЛАВ – КРИСТАЛЛ В СИСТЕМЕ ГАФНИЙ – КАДМИЙ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Акаев, Р.В. Кирьянов ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛА КОНТЕЙНЕРА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНЫХ ДЫР БАРДИНА-ЯНГА-МИЛЛСА.....	36
В.М. Терещенко СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ 8 ^m -10 ^m . VI. ЗОНА +40°	47
А.Ж. Тычenguлова, К.А. Катпаева ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ФОТОАКТИВАЦИИ В КАТАЛИЗАТОРАХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ MN.....	58
И. Хромушин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ЦЕРАТА БАРИЯ И СКАНДАТА ЛАНТАНА.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗАНОДНЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	83
М.А. Дауренбек О ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СУЛЬФИДОВ В РАМКАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР СИНТЕЗА БУТИЛОВЫХ СПИРТОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ.....	106
А.Т.Кабылбекова, Е.Тілеуберді ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРОСОДЕРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОКИСЛЕНИЕ БИТУМА: ОБЗОР.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ВИДА ХЛЕБА С ОБОГАЩЕННЫМ СОСТАВОМ.....	134
А. Куандыкова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакипбаев ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛИНКЕРА АШЧИСАЙСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	146
Г.М. Мадыебекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СТАБИЛЬНОСТИ И ВЫЖИВАЕМОСТИ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова У.Т. Жуматаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВИДОВ РОДА <i>ARTEMISIA L.</i> ЮЖНОГО КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА.....	172
Н. Сагдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА <i>ASTERACEAE</i>	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е.Тілеуберді, Х.И. Акбаров ОБЗОР МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОКСА ИЗ ОСТАТКОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ.....	191
А.А. Шинибекова, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ОБЗОР: РАЗРАБОТКА УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	210

PHYSICAL SCIENCES

M. Yessenamanova, Zh. Yessenamanova, A. Tlepbergenova, M. Makhambet, N. Baitemirova THE RELATIONSHIP BETWEEN THE VALUES OF ACIDITY AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN A HYDROPONIC INSTALLATION.....	7
Y.A. Zhakanbaev, V.N. Volodin, Yu.Zh. Tuleushev DECREASING THE MELTING TEMPERATURE OF NANOPARTICLES AND SURFACE TENSION AT THE MELT-CRYSTAL BOUNDARY IN THE HAFNIUM-CADMIUM SYSTEM.....	20
A.S. Larionov, A.S. Dikov, L.A. Dikova, S.O. Akayev, R.V. Kiryanov RESEARCH OF CONTAINER MATERIAL AFTER LONG-TERM USAGE FOR HYDROGEN STORAGE.....	28
Y. Myrzakulov, G. Yergaliyeva THERMODYNAMIC STRUCTURE OF BARDEEN-YANG-MILLS BLACK HOLES.....	36
V.M. Tereschenko SPECTROPHOTOMETRIC STANDARDS 8 ^m - 10 ^m . VI. ZONE +40°.....	47
A.Z. Tychengulova, K.A. Katpayeva INVESTIGATION OF THE INITIAL STAGE OF PHOTOACTIVATION IN MN-BASED TRANSITION METAL CATALYSTS.....	58
I. Khromushin, T. Aksenova, E. Slyamzhanov, K. Munasbaeva COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTON CONDUCTORS BASED ON BARIUM CERATE AND LANTHANUM SCANDATE.....	71
CHEMISTRY	
A. Abdrakhmanova, N. Omarova, A. Sabitova THE EFFECT OF THE COMPOSITION OF ELECTROLYTES ON THE ELECTROCHEMICAL PARAMETERS OF ANODE-FREE LITHIUM-ION BATTERIES.....	83
M.A. Daurenbek ABOUT FOREIGN RESEARCH OF COMPLEX SULFIDE COMPOUNDS AS PART OF THEIR USE IN WASTEWATER PURIFICATION TECHNOLOGIES.....	94
S. Yegemberdiyeva, N. Khaldarov, M. Rakhimov A COMPREHENSIVE REVIEW ON BUTYL ALCOHOLS SYNTHESIS THROUGH DIFFERENT METHODS.....	106
A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi STUDY OF THE INFLUENCE OF POLYMER-CONTAINING HOUSEHOLD WASTE ON BITUMEN OXIDATION: REVIEW.....	119
Z. Kobzhasarova, M. Kassymova, G. Orymbetova DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A NEW TYPE OF BREAD WITH AN ENRICHED COMPOSITION.....	134
A. Kuandykova, N. Zhanikulov, B. Taimasov B. Zhakipbayev INVESTIGATION OF THE USE OF CLINKER OF THE ASHCHISAI METALLURGICAL PLANT AS ADDITIVE IN THE PRODUCTION OF PORTLANDCEMENT CLINKER.....	146
G.M. Madybekova, B.Zh. Mutaliyeva, E.M. Turkeyeva, A.B. Issayeva MICROCAPSULATION OF PROBIOTIC MICROORGANISMS TO INCREASE THEIR STABILITY AND SURVIVAL.....	157
Zh.Sh. Rakhimberdiyeva, S.D. Arystanova U.T. Zhumataeva FITOCHEMICAL COMPOSITION OF SPECIES OF THE GENUS ARTEMISIA L. IN THE SOUTHERN KAZAKHSTAN REGION.....	172
N. Sagdollina, M. Ibrayeva, Zh. Mukazhanova, M. Ozturk COMPARATIVE ACIDIC COMBINATION ANALYSIS OF SELECTED <i>ASTERACEAE</i> FAMILY SPECIES.....	181
A.S. Ungarbayeva, A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi, Kh.I. Akbarov REVIEW OF METHODS FOR OBTAINING COKE FROM HEAVY OIL WASTES.....	191
A.A. Shinibekova, J.L. Diaz de Tuesta, B.K. Massalimova REVIEW: DEVELOPMENT OF CARBON-BASED MATERIALS FROM NATURAL RESOURCES.....	210

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>

Подписано в печать 30.09.2023.

Формат 60x88^{1/8}. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

22,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.