

Орал Курганбекович Бейсенбаев – Техника ғылымдарының докторы, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: oral-kb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-213X>.

Абдужалол Сидикович Сидиков –Химия ғылымының докторы, «Жалпы химия, мұнай және газ химиясы» кафедрасының профессоры, И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Назарбек Мұхаддасұлы Дәуренбек – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: daurenbekn@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4238-3359>.

Information about the authors

Symbat Batyrbay* – PhD doctoral student of the department «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: symbat_batyrbay@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4738-4687>.

Oral Beisenbaev – Doctor of technical sciences, professor of the department «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: oral-kb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-213X>.

Abdujalol Sidikov – Doctor of chemical sciences, professor of department of «General chemistry, chemistry of oil and gas» at the branch of the Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin in Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Nazarbek Daurenbek – кандидат Candidate of technical sciences, associate professor, head of the department «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: daurenbekn@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4238-3359>.

Поступила в редакцию 14.10.2025

Поступила после доработки 08.12.2025

Принята к публикации 09.12.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1\(21\)-68](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1(21)-68)

MPHTI: 61.51.37



А.Н. Сабитова*, Ж.Ш. Шәріпхан, Б.Б. Баяхметова, Б.С. Гайсина, Ж.К. Кабышева

Шәкәрім университет,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20А,
*e-mail: alfa-1983@mail.ru

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО БИТУМА: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация: В статье проведен экспертный аналитический обзор отечественных и зарубежных литературных источников на основе поставленных задач по реализации цели разработки инновационных технологии получения высококачественного битума из побочных продуктов нефтедобычи и переработки.

Современные научные работы демонстрируют эффективность использования полимерных, минеральных и биологических компонентов, а также вторичных материалов для повышения долговечности и устойчивости битумных вяжущих. Особое внимание уделено полимерным модификаторам, таким как СБС (стирол-бутадиен-стирол), которые повышают эластичность и прочность битума, снижая вероятность растрескивания и деформации. Использование вторичных материалов, включая резиновую крошку, вакуумный газойль и золу-унос, не только улучшает свойства битума, но и снижает негативное воздействие на окружающую среду. Перспективным направлением является применение биомодификаторов, среди которых особую роль играет лигнин – природный полимер, обладающий высокой химической и термической стабильностью.

©А.Н. Сабитова, Ж.Ш. Шәріпхан, Б.Б. Баяхметова, Б.С. Гайсина, Ж.К. Кабышева, 2026

Исследования показали, что введение лигнина в состав битума улучшает его реологические свойства, повышает устойчивость к старению и окислению, а также способствует увеличению жесткости и прочности покрытия. Лигнин может выступать как наполнитель или частичная замена битума, что делает его экологически и экономически выгодным компонентом.

Применение различных модифицирующих добавок, включая полимеры, промышленные отходы и биокomпоненты, способствует повышению качества битума, снижению затрат на его производство, увеличению энергоэффективности технологических процессов и продлению срока службы дорожных покрытий. Также важно оценить изменение свойств битума в процессе производства и укладки асфальтобетонной смеси.

Ключевые слова: нефтяной дорожный битум, добыча и переработка нефти, модифицированный битум, лигнин, биологические компоненты.

Введение

В связи с увеличением спроса современного общества на качество строительных материалов и качества дорожного покрытия, а также увеличением нагрузки на дорожно-строительные материалы обособленным вопросом в целом в мире и в Республике Казахстан стоит вопрос внедрения/разработки технологии получения высококачественного битума.

Казахстан, будучи крупным нефтедобывающим государством, производит битум преимущественно из нефти. Развитая нефтеперерабатывающая отрасль страны выпускает широкий ассортимент битумных марок, используемых в разнообразных сферах, включая строительство (дорожное строительство, гидроизоляция), промышленность и другие сектора экономики [1].

Установлено, что в Казахстане производятся и реализуются взаимозаменяемые между собой марки нефтяного дорожного битума БНД 60/90, БНД 70/100, БНД 100/130. Общий годовой объем производства битума в 2020 году составил 961 тыс. тонн, осуществляемых 4 заводами с общей мощностью в 985 тыс. тонн. Данный показатель не может расти из-за отсутствия новых заводов и значительной модернизации действующих [2]. Вместе с тем, ввиду развития сетей автомобильных дорог в Казахстане, потребность битума ежегодно растет. При этом, спрос имеет острый сезонный характер (весенне-летний период), связанный с началом периода строительства и реконструкции дорог.

Битум также требует особых условий для хранения (поддержание одной температуры), из-за чего большую роль играет наличие специальных хранилищ для битума. У конечных потребителей, в виде дорожно-строительных компаний, как правило, нет хранилищ для битума, что требует поиска альтернативных решений по его хранению и доставке. В связи с этим возрастает актуальность использования мобильных битумных хранилищ, изотермических автоцистерн и организации поставок по принципу «just-in-time», что позволяет минимизировать потери материала и обеспечить непрерывность строительных работ. Несмотря на то, что качество дорожных битумов хоть и соответствует свойствам битумов различных марок согласно ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия» [3], оно все еще нуждается в совершенствовании. Под влиянием внешних (температура воздуха, вода, динамические нагрузки и т.д.) и внутренних (физико-химические свойства почвы, состав и структура горных пород, движение литосферных плит, уровень и колебания грунтовых вод, процессы окисления и испарения летучих компонентов, диффузия влаги и солей, пластическая деформация основания, циклы заморозания-оттаивания, усадка или разбухание глинистых грунтов, а также биологические воздействия, включая деятельность микроорганизмов и прорастание корней) факторов в битуме происходят необратимые процессы, приводящие к изменению его структуры и свойств и, как следствие, изменение свойств асфальтобетона и дорожного покрытия в целом [4]. Так, при выполнении дорожно-строительных работ может использоваться битум, который частично утратил свои качественные характеристики из-за неправильных условий хранения и воздействия неблагоприятных метеорологических факторов. Колебания температуры, повышенная влажность, воздействие ультрафиолетового излучения и другие климатические условия могут негативно сказываться на свойствах битума, снижая его вязкость, адгезионные свойства и долговечность. Эти ключевые факторы оказывают значительное влияние на качество и эксплуатационные характеристики дорожного покрытия. Использование битума с ухудшенными свойствами может привести к снижению прочности асфальтобетонного покрытия, его преждевременному износу и необходимости частых ремонтов. В связи с этим

актуальной задачей является разработка и внедрение технологий получения высококачественного битума, обладающего улучшенными физико-химическими характеристиками и устойчивостью к внешним воздействиям. Совершенствование процессов переработки нефти и модификации битума позволит повысить долговечность дорожного покрытия и снизить затраты на его обслуживание.

В настоящее время наблюдается рост спроса на высококачественные нефтяные битумы. Одновременно с этим потребители предъявляют все более строгие требования к качеству выпускаемых нефтебитумов, что обуславливает необходимость совершенствования их производства [5].

Таким образом, целью настоящего обзорного исследования является систематизация и анализ факторов, влияющих на изменение физико-химических свойств битума, а также современных подходов к их улучшению посредством применения модифицирующих добавок различного происхождения – полимеров, биомодификаторов, промышленных отходов и биокomпонентов – с целью повышения эксплуатационных характеристик, энергоэффективности технологических процессов, снижения себестоимости производства и увеличения долговечности асфальтобетонных покрытий.

Материалы и методы

В ходе анализа была проведена тщательная оценка большого количества современных публикаций, охватывающих период с 2015 по 2025 годы, а также изучены ключевые источники, датируемые более ранними годами – с 1988 по 2005 гг., что позволило оценить современные тенденции и достижения в данной области, а также получить глубокое и всестороннее понимание исследуемой темы. Материал, представленный в данном обзоре, основан на исследовании научных трудов, включенных преимущественно в международные базы данных Scopus и Web of Science, а также из отечественного списка научных изданий из перечня Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Республики Казахстан. Поиск и отбор источников осуществлялся с использованием официальных научных платформ, таких как ResearchGate и Google Scholar, Elibrary, а также других авторитетных цифровых библиотек и репозиториев. Особое внимание уделялось рецензируемым статьям, монографиям и материалам конференций, имеющим высокую научную значимость и практическую ценность.

Результаты

Динамика потребления битума в мире

Мировые ресурсы тяжелой нефти и природных битумов оцениваются более чем в 810 млрд. т. [6]. Глобальный размер мирового рынка битума оценивается в 84,6 миллиардов долларов США с потенциалом роста до 116,2 млрд долларов к 2027 году. Общий объем производства битума оценивается примерно в 113 млн. тонн в год. Причем, самый большой объем нефтяных битумов производит США – почти 40 миллион тонн в год [6]. США импортируют битум из Канады, а крупнейшим потребителем в Азии является Китай, который при доле 9,64% в мировом производстве закупает свыше 3 млн тонн в год. Европа экспортирует битум, но некоторые страны покрывают дефицит за счет поставок соседних государств [7].

В России на долю производства нефтяных битумов приходится более 9% мировых мощностей [7, 8]. Начиная с 2015 года в России наблюдается активный рост производства битумов – в среднем на 7% в год. Ежегодный объем выпуска составляет порядка 6,5 миллионов тонн, а основными производителями и продавцами битума в РФ являются компании ПАО «НК «Роснефть» (в лице ООО «РН-Битум»), ПАО «Газпром нефть» (ООО «Газпромнефть – Битумные материалы», «ГНП-БМ»), ПАО «ЛУКОЙЛ» (ООО «ЛЛК-Интернешнл») и др. Основные потребители российской битумной продукции – строительная отрасль и дорожное хозяйство [9].

Спрос на битум растет, в том числе в Казахстане. Но в нашей стране последние годы случается традиционный дефицит этого материала в пиковые сезоны его использования [10]. По мере сокращения запасов легких и средних нефтей все большее внимание уделяется альтернативным источникам углеводородного сырья. Одним из перспективных направлений является использование тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов, содержащихся в нефтебитуминозных породах. Казахстан располагает значительными месторождениями таких пород, причем основные промышленные запасы сосредоточены в западных регионах страны [11, 12]. Так, одним из наиболее перспективных месторождений нефтебитумных пород

является Западно-Казахстанское месторождение, на котором открыто более 50 месторождений с запасами 152 миллиона тонн [13].

Также на сегодняшний день в Казахстане действует 4 завода по производству дорожного битума – ТОО «СП «CaspiBitum» г.Актау, ТОО «Павлодарский нефтехимический завод» г.Павлодар, ТОО «Газпромнефть-Битум Казахстан» г.Астана и ТОО «Асфальтбетон 1» г. Алматы, суммарная мощность которых составляет 1,0 млн. тонн в год. 5-летняя динамика производства битумов в РК показаны на рисунке 1 [14].

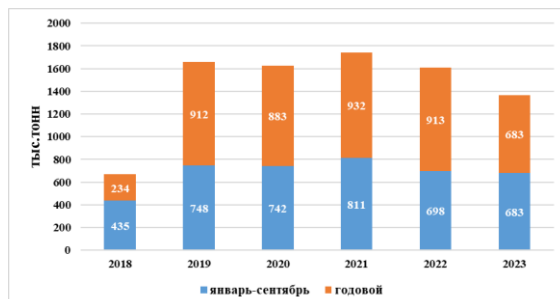


Рисунок 1 – Производство битумов в РК за 2018-2023 гг., тыс.тонн

Комплексная переработка НБП расширяет ресурсы углеводородного сырья при производстве топлив, масел, полупродуктов органического синтеза, строительного и дорожного битума. В этой связи большой интерес представляет разработка эффективного способа извлечения и переработки органической части НБП – природных битумов.

Проблема нефтяных отходов

Нефть – ископаемое топливо, которое образовалось миллионы лет назад глубоко под землей, представляющее собой смесь около тысячи индивидуальных веществ, включая различные алифатические, алициклические и полиароматические углеводороды, некоторые пиреновые кольца, второстепенные элементы и тяжелые металлы [15, 16].

Сырая нефть состоит из четырех основных компонентов: насыщенные углеводороды, включающие алканы и циклопарафины, ароматические соединения, представленные моно- и полиароматическими углеводородами, смолы, содержащие полярные молекулы с гетероатомами, такими как сера, кислород и азот, а также асфальтены – высокомолекулярные соединения с конденсированными ароматическими кольцами. Эта классификация известна как тест SARA (saturates, aromatics, resins, asphaltenes) [17].

Большее количество легкой сырой нефти перерабатывается в бензин, сжиженные нефтяные газы, что дает им более высокую товарную стоимость, тогда как тяжелая сырая нефть дает больше жидких и твердых компонентов, таких как тяжелые парафиновые масла и асфальтовые материалы, что в свою очередь требуют дополнительной очистки, осаждения и других манипуляций для получения чистого материала.

Различные нефтеперерабатывающие предприятия ежегодно производят огромное количество нефтешлама. Например, по оценкам Агентства по охране окружающей среды США, годовой объем производства нефтешлама на каждом НПЗ США составляет 30 000 тонн, а средний объем нефтешлама, образующегося на нефтехимических предприятиях Китая, оценивается примерно в 3 миллиона тонн в год [18]. Также согласно статистическому обзору компании «British Petroleum» каждый год во всем мире производится около 60 млн т нефтешлама и суммарный объем накопленных нефтяных шламов достигает 1 млрд т. [19]. Тогда как в Республике Казахстан согласно данным государственного кадастра отходов производства и потребления, за 2019 год в стране было образовано 129 млн тонн нефтяных отходов [20].

Вторым вопросом соответственно исходя из вышеизложенных материалов является трудозатратные процессы переработки и очистки тяжелой нефти, поскольку большая доля нефтяных шламов образуется из них. Как представлено в работе автора [21] содержание нефти в нефтешламе достигает до 15-50%, которые могут быть извлечены с применением высокотехнологичных наукоемких методов. Но наиболее эффективные способы разрушения нефтешлама отличаются применением оборудования, дорогостоящего в приобретении и обслуживании.

Нефтяные шламы – отходы, образующиеся на всех этапах добычи, транспортировки и переработки нефти – это сложные физико-химические смеси, включающие нефтепродукты, механические примеси (глины, окислы металлов, песок) и воду. Стабилизация смесей достигается присутствием газообразных компонентов, то есть продуктов биологического разрушения органических веществ [22].

Такие отходы накапливаются на складах, донных отложениях РВС (резервуар вертикальный стальной), прудах осаждения НПЗ и являются сложной многокомпонентной смесью высокомолекулярных и окисленных углеводородов (смола, асфальтены, парафины), воды, солей, песка, тяжелых металлов и химических реагентов. Нефтегазовая промышленность производит огромное количество нефтешламов – это самый большой по объёму вид её отходов. С одной стороны, в них содержится ценное сырьё, пригодное для переработки. С другой стороны, они представляют собой серьёзную экологическую опасность. В основном, нефтешламы складываются в открытых хранилищах, что приводит к загрязнению атмосферы, почвы и грунтовых вод. Существующая практика хранения наносит значительный ущерб окружающей среде. Некоторые из которых представлены в работах ряда авторов [23-28]. Так, по данным автора [29] основными проблемами, связанными с хранением нефтешламовых отходов, являются:

1. Высокая обводненность нефтяных шламов непосредственно при их образовании. Высокий процент содержания воды в отходах, направляемых на хранение, приводит к тому, что вместе со шламом в амбаре хранится много жидкости.

2. Содержание в смеси $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$, полиакриламида.

В работах ряда авторов [30-34] представлены способы, технологии, извлечения из нефтешламов полезных компонентов и минимизировать негативное воздействие на природу.

Также в ряде других исследований [15] представлены другие методы обработки, такие как устойчивый метод утилизации и обработки, включая термическую десорбцию, биоремедиацию и переработку. Эти методы направлены на извлечение ценных компонентов из шлама, одновременно снижая его воздействие на окружающую среду.

Повышение качества битумов

В связи с возросшим вниманием к окружающей среде и исчерпанием невозобновляемых ресурсов устойчивость и принципы круговой экономики приобрели особую значимость. Современные тенденции в проектировании дорожных покрытий направлены на сокращение использования стандартного битума за счет его замены более экологичными и устойчивыми материалами, такими как промышленные отходы и побочные продукты.

В ряде современных отечественных работ, а также ближнего зарубежья [4, 35, 11] повсеместно поднимаются вопросы о качестве нефтепродуктов, в том числе битумов. С учетом постоянного увеличения автопарка, интенсивности движения и грузоподъемности транспортных средств, а также значительного возрастания динамических нагрузок на дорожное покрытие, возрастает потребность в качественных асфальто-бетонных смесях [4]

Долговечность и устойчивость битумов к внешним воздействиям обеспечиваются за счет комплексного подхода, включающего точную настройку технологических параметров, целенаправленную модификацию, активацию исходных компонентов и оптимизацию состава. Грамотное управление этими факторами позволяет регулировать свойства материала и повышать его эксплуатационные характеристики. Так, в одной из отечественных работ [36] приведены результаты экспериментов по использованию шунгитовых пород месторождения Коксу после механохимической активации в качестве модифицирующей добавки для улучшения физико-механических характеристик нефтяного дорожного битума. Оптимальным модификатором оказался образец шунгита карбонатного происхождения в количестве 0,5 мас.% после механохимической активации. Также исследование показало, что модифицированный шунгитом битум имеет относительно низкую глубину проникания и растяжимость, но высокую температуру размягчения и адгезионную способность к щебню.

В подтверждение данных предыдущих исследований отечественные ученые [37] изучают возможность использования сырья казахстанских производителей для повышения качества битума. Как отмечено в работах ряда исследовательских групп, применение местного сырья демонстрирует положительную динамику в улучшении эксплуатационных характеристик дорожного битума, что делает данный подход перспективным и экономически оправданным. Добавление вакуумного газойля способствует увеличению эластичности, улучшению адгезии к минеральной поверхности, а также положительно влияет на

реологические свойства битума. Помимо этого, модификация температурных характеристик материала позволяет снизить энергозатраты в процессе укладки дорожного покрытия, а также повышает его устойчивость к окислению и старению благодаря антиоксидантному эффекту. Использование компонентов, полученных из местного сырья, не только снижает себестоимость технологии за счёт доступности материалов, но и сокращает энергозатраты на логистику и транспортировку. Это, в свою очередь, способствует снижению общего энергопотребления в производственном процессе, делая его более экологичным и ресурсосберегающим.

В исследованиях следующих авторов приведены результаты по использованию различных добавок для повышения эксплуатационных характеристик битума [38, 7, 39, 40, 41, 42]. В представленных источниках рассмотрены вопросы применения блоксополимеров дивинила и стирола (термоэластопластичные полимеры), эластомеров, термопластов, реактопластов для улучшения свойств битума. По результатам анализа данных авторов на сегодняшний день испытаны все известные полимеры. При этом следует отметить, что в промышленности применяются их определенные виды. Их выбор определяется не только эффективностью модификации битума, но и такими факторами, как доступность, стоимость, технологичность и стабильность внедрения характеристик в условиях эксплуатации.

Как указано в другой работе [43], также очень часто на практике применяются резиновые крошки, что также существенно улучшает качество битума. При длительном нагреве битума в присутствии резиновой крошки происходит структурное преобразование материала – увеличивается содержание асфальтенов, а термоокислительная деградация замедляется. Однако показатель растяжимости при 25°C, который традиционно использовался для оценки пластичности битума, в современных исследованиях не считается ключевым параметром, так как не отражает его эксплуатационные свойства в составе асфальтобетонного покрытия.

Наряду с этим значительное количество зарубежных исследований посвящено изучению модификации битума, изменения его качественных характеристик и применения переработанных материалов для улучшения свойств, необходимых в дорожно-строительных работах. Отдельным пластом лежат работы, посвященные рециклингу переработанных нефтепродуктов и бережному отношению к компонентам природы.

Так, в работе коллектива авторов [44] представлены механические и физико-химические свойства нового вида модифицированного битума, где связующими агентами были использованы один из представленных материалов – полимерный эластомер, стирол-бутадиеновый каучук (SBR), полимерный термопластичный полипропилен (PP) и отходы пластика (WPP). Итого битумная система, модифицированная отходами пластика, показывает улучшенные механические характеристики при высоких и низких температурах, что в свою очередь доказывает полезность применения полимера в дорожном строительстве.

В исследованиях следующего коллектива авторов [45] представлены результаты исследования получения инновационно-расширенного битума с использованием переработанных материалов. В качестве модификаторов битума, данная группа авторов использовала порошкообразную резину из отслуживших свой срок шин и остатки повторно очищенного моторного масла (REOB). По мнению авторов использование шин и предварительно отработанных моторных масел для улучшения свойств битума являются многообещающими. Частичная замена стандартного битума на смеси R–REOB может улучшить эксплуатационные характеристики связующих элементов при низкой температуре. Добавка R–REOB, являющаяся смягчающим агентом, приводит к повышению их стойкости к термическому растрескиванию. Расширенные битумы приобрели большую эластичность во всех испытанных условиях, что может быть связано с введением резины.

Также в ряде научных обзоров, оригинальных работ [46-50] представлены результаты исследований по применению теплой асфальтобетонной смеси (WMA), модификатора резиновой крошки (CRM), шлама вакуумной колонны (VTB)) и/или первичных заполнителей (регенерированное асфальтобетонное покрытие (RAP), регенерированной асфальтобетонной черепицы (RAS), отходов строительства и сноса (C и D), стальных и медных шлаков, а также биосвязующих элементов. Биоасфальт, C и D, шлаки, RAP и VTB являются перспективными экологически чистыми материалами, однако, как показывает обзор литературы, их воздействие на экономику и экологию изучено недостаточно. Кроме того, экономический анализ их комбинаций в значительной степени отсутствует. В связи с этим

рекомендуется включить их в будущие исследования для более точной оценки их устойчивости.

Множество работ также посвящено исследованию применения биополимеров для улучшения качества битума [51-61]. Экологические подходы в асфальтовой промышленности были сосредоточены на использовании возобновляемых отходов в качестве модификаторов. Практика использования возобновляемых источников для замены части битумных материалов является эффективным подходом в проектировании дорожных покрытий. Среди различных биомасс, которые признаны возможными источниками, смешиваемыми с битумом, лигнин может представлять собой приемлемый материал. Этот биополимер, являющийся вторым по распространённости в природе, обладает уникальными химическими и физическими свойствами, которые делают его перспективным компонентом для модификации битума. Однако параметры смешивания играют ключевую роль, так как они существенно влияют на характеристики получаемого лигнин-модифицированного битума.

В целом обеспечение термодинамической и коллоидно-химической совместимости лигнина с нефтяными битумами – сложная задача, связанная с отличиями в химической природе компонентов. Лигнин – это полярный ароматический полимер с множеством гидроксильных и фенольных групп, тогда как битум – это смесь неполярных и слабо полярных компонентов, включая мальтены (ароматические и насыщенные углеводороды) и асфальтены (высокомолекулярные полярные соединения). Исследование, опубликованное в журнале *Polymers* [62] демонстрирует, что катионный крафт-лигнин, модифицированный с использованием тетраэтиленпентамина и формальдегида, эффективно стабилизирует водно-битумные эмульсии с содержанием битума до 60% при низких концентрациях ПАВ (0,25-0,75%). Эти эмульсии обладают устойчивой структурой и подходящими реологическими свойствами для дорожных покрытий. В следующей работе [63] рассматривается применение нативных лигнинов, полученных из процессов производства биоэтанола и щелочной (крафт) варки, в качестве анионных эмульгаторов для битумных эмульсий. Результаты показывают, что такие лигнины могут эффективно стабилизировать эмульсии, особенно при оптимальном pH, что делает их перспективными для применения в дорожном строительстве. Оба исследования подчеркивают важность химической модификации лигнина (например, сульфонации или катионирования) и выбора подходящих поверхностно-активных веществ для улучшения его совместимости с битумом. Такие подходы способствуют созданию стабильных и эффективных битумных композиций с использованием лигнина. Оптимальная технология внедрения битума с лигнином включает локальное использование технического лигнина, предварительно активированного (например, сульфонацией) с минимальными энергозатратами. Лигнин вводится непосредственно на асфальтобетонных заводах (АБЗ) с минимальной адаптацией оборудования. Такая схема снижает углеродный след, стоимость материалов и легко масштабируется в существующую инфраструктуру дорожного строительства.

Результаты исследований группы авторов [64], изучавших лигнин-модифицированные битумы, подчеркивают потенциал сульфатного лигнина как эффективного модификатора битума. Особое внимание уделяется влиянию скорости и механизмов смешивания на характеристики и свойства получаемого материала. В то время как для некоторых добавок достаточно использования механического смесителя, для сульфатного лигнина более стабильные и качественные результаты достигаются при применении смесителя с высокой скоростью сдвига. Полученные данные способствуют развитию экологически безопасных технологий в асфальтовой промышленности, позволяя эффективно использовать отходы в качестве модификаторов.

В ряде работ рассматриваются вопросы применения модифицированного битума в различных климатических поясах. Так в работе [65, 66] авторы изучили модифицированный битум, адаптированный для холодного климата с различным содержанием (0, 10, 20 и 30% от общей массы модифицированного битума) крафт-лигнина, который получен из мягкой древесины для стандартного уровня трафика. По результатам испытаний установлено, что лигнин может частично заменять битум, тогда как порошковый крафт-лигнин является перспективным модификатором, особенно для мягких битумов. Однако для определения оптимального количества добавляемого объема природных биополимеров необходимы дополнительные исследования, учитывающие эксплуатационные характеристики, начальные затраты и анализ жизненного цикла. Группа авторов [67] изучила свойство лигнин-

модифицированных битумов с добавлением в битум рапсового масла для меньшего термического растрескивания. В указанной работе доказано, что применение биомасел значительно улучшает свойства лигнин-модифицированного битума при низких и средних температурах, в частности повышает его усталостную прочность и устойчивость к термическому растрескиванию. При этом улучшенные высокотемпературные характеристики, обеспеченные лигнином, такие как модуль, способность к восстановлению, устойчивость к колееобразованию и температурная стабильность, не были нарушены. Использование биомасла в сочетании с лигнином позволяет значительно увеличить содержание лигнина в битуме без потери механических свойств вяжущего. Это подтверждает возможность частичной замены битума лигнином.

Есть отдельные работы, с новейшими разработками и проверкой их на практике. Например, в работе [68] представлены результаты исследования реологических свойств и микромеханизмов изготовленного модифицированного теплого асфальтобетонного композита Buton Rock (BRA) (BCMWMMA). Изготовленные композиты соответствуют требованиям стандартного и интенсивного дорожного движения согласно стандарту AASHTO M332.

Заключение

Таким образом, в настоящее время разработано множество модифицирующих добавок, которые позволяют значительно улучшить как технологические, так и эксплуатационные характеристики битума. Современные методы модификации направлены на повышение долговечности дорожных покрытий, улучшение их устойчивости к механическим нагрузкам и негативным воздействиям окружающей среды.

Дополнительное внимание уделяется нанотехнологиям, в частности применению углеродных нанотрубок и наночастиц металлов, которые способствуют улучшению адгезионных свойств и термоокислительной стабильности битума. Введение вакуумного газойля и других пластифицирующих компонентов помогает оптимизировать вязкость битума, что облегчает его укладку и снижает энергозатраты на технологические процессы.

Одним из ключевых направлений является использование полимерных добавок, которые увеличивают эластичность и прочность битума, снижая риск образования трещин и деформаций. Помимо полимеров, перспективными считаются различные промышленные отходы и вторичные материалы, такие как резиновая крошка, зола-унос и нефтяные дистилляты, позволяющие не только повысить качество вяжущего, но и сократить негативное влияние на окружающую среду.

Кроме того, всё больше исследований посвящено разработке биоасфальтовых технологий, включающих использование лигнина и растительных масел в качестве частичной замены битума. Такой подход делает производство дорожных покрытий более экологичным и менее зависимым от традиционных нефтепродуктов.

Таким образом, современное развитие технологий модификации битума направлено на поиск эффективных, экономически оправданных и экологически безопасных решений, которые обеспечат долговечность и высокое качество дорожных покрытий.

Список литературы

1. Несипбаева Н.Н. Повышение качества дорожных битумов, полученных из тяжелых нефтяных отходов / Н.Н. Несипбаева // Вестник Университета Шакарима. Технические науки. – 2024. – № 4(16). – С. 368-378. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-47](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-47).
2. Анализ состояния конкуренции на рынке реализации нефтяного дорожного битума за период 2019, 2020 и январь-май 2021 гг. (Агентство по защите и развитию конкуренции Республики Казахстан). https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=34550797&pos=6;-108#pos=6;-108 (дата обращения: 17.02.2025).
3. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. – Введ. 1991-01-01. – Межгосударственный стандарт. – 9 с. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30039800&pos=3;-48#pos=3;-48 (дата обращения: 17.02.2025).
4. Айнабеков Н.Б. Дисс. на соискание степени доктора философии (PhD). – Регулирование структурных превращений в процессах производства модифицированных битумных материалов из остатков нефтей Казахстанских месторождений, Шымкент, 2024 г.

5. Послание Главы государства К.К. Токаева народу Казахстана «Справедливое государство. Единая нация. Благополучное общество» от 1 сентября 2022 года. <https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-181130> (дата обращения: 17.02.2025).
6. Каталитическая гидропереработка тяжелого нефтяного сырья / А.Г. Окунев и др. // Успехи химии. – 2015. – Т. 84, № 9. – С. 981-999.
7. Ахмадова Х.Х. Основные способы модификации битумов различными добавками / Х.Х. Ахмадова, Ж.Т. Хадисова, Л.Ш. Махмудова // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2019. – Т. XV, № 3(17). – С. 42-52. <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2019.17.3.006>.
8. Problemy proizvodstva neftyanykh bitumov i kompozitsii na ikh osnove. Analiticheskii obzor [Problems of production of oil bitumens and compositions on their basis. State-of-the-art review.] М.: Tsiitenefttekhim. – 2002. – 185 p.
9. Анализ текущего состояния и тенденции рынка битумов в России / И.В. Пискунов и др. <https://ngv.ru/articles/analiz-tekushchego-sostoyaniya-i-tendentsii-rynka-bitumov-v-rossii/>. (дата обращения 19.02.2025).
10. Дорожный битум. Как решается проблема дефицита. URL: <https://www.kmg.kz/ru/press-center/articles/bitum-def/> (дата обращения 22.02.2025).
11. Эффективная переработка нефтебитуминозных пород в целевые продукты / Е.К. Онгарбаев и др. // Горение и плазмохимия. – 2021. – Т. 19, № 4 – Р. 299-308. <https://doi.org/10.18321/cpsc467>.
12. Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. В 5 т. – Алматы: Ғылым, 2001; Нефтебитуминозные породы: достижения и перспективы. Под ред. Н.К. Надирова. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 308 с.
13. Исследование процесса производства битума / Г.С. Мамбеталиева и др. // Вестник КазАТК. – 2024. – № 2(131). <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-131-2-24-33>.
14. Компания «ОМТ-Консалт». URL: www.omt-consult.ru. (дата обращения: 22.02.2025).
15. Abdel-raouf Petroleum sludge formation and its treatment methodologies: a review / M.A. Abdulraheim Hasan et al // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – № 31. – P. 8369-8386. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31674-3>.
16. Рахимова З.Ж. Примеси сырой нефти, влияющие на процессы нефтепереработки / З.Ж. Рахимова, К.Х. Жапаргазина // Вестник Торайгыров университета. Сер.хим-биол. – 2021. – № 2. – С. 6-18. <https://doi.org/10.48081/YGTD3586>.
17. The Structure of Bitumen: Conceptual Models and Experimental Evidences / M. Porto et al // Materials. – 2022. – Vol. 15. – P. 905. <https://doi.org/10.3390/ma15030905>.
18. Petroleum sludge formation and its treatment methodologies: a review / AMA Hasan et al // Environ Sci Pollut Res Int. – 2024. – Feb. 31(6). – P. 8369-8386. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31674-3>.
19. BP Statistical Review of World Energy June – 2012. – London. 2012. – p. 16.
20. Ишекенова Б. Как в Казахстане разбираются с нефтяными отходами. – 2020. <https://lsm.kz/kak-v-kazahstane-razbirayutsya-s-neftyanyimi-othodami> (дата обращения: 20.02.2025).
21. Enhancing the biodegradation of total petroleum hydrocarbons in oily sludge by a modified bioaugmentation strategy / R.A. Tahhan et al // International Biodeterioration & Biodegradation. – 2011. – № 65. – P. 130-134.
22. Глум Т.П. Анализ существующих технологий переработки нефтяных шламов в полимерные добавки для асфальтобетона / Т.П. Глум, С.О. Меньшиков, Ю.Д. Смирнов // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2021. – № 4(35). – С. 68-77. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2021-35.art6>.
23. Кунаков К.О. Анализ нефтяных шламов с применением амперометрических ионоселективных электродов / К.О. Кунаков, М.В. Крючков // Записки Горного института. – 2008. – Т.174. – С. 215-216.
24. Коршунова Т.Ю. Нефтешламы: состояние проблемы в Российской Федерации и методы снижения их воздействия на окружающую среду / Т.Ю. Коршунова, О.Н. Логинов // Экобиотех. – 2019. – Т. 2, № 1. – С. 75-85. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-1-75-85>.
25. Стриженок А.В. Экологическая оценка хранилищ нефтяного шлама как источника воздействия на приземную атмосферу / А.В. Стриженок // Наука XXI века: новый подход:

- Материалы XXV молодежной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Санкт-Петербург, Россия, Моррисвилль: Лулу Пресс, 2020. – С. 48-52.
26. Thermal desorption treatment of petroleum hydrocarbon-contaminated soils of tundra, taiga, and forest steppe landscapes / M.V. Bykova et al // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2021. – Vol. 43, № 6. – P. 2331-2346. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00802-0>.
27. Пат. RU 2193578 С2. Способ переработки нефтесодержащих шламов / Решетов В.А., Павлов В.Т., Павлов А.Т. и др.; № 2000122265/04; Заявл. 24.08.2000; Оpubл. 27.11.2002. Изобретения. Полез. модели. – 2002. – Бюл. № 33. <http://www.fips1.ru>.
28. Афанасьев С.В. Нефтешламы как вторичное сырье / С.В. Афанасьев, М.А. Паис, Н.С. Носарев // *Деловой журнал Neftgaz.RU*. – 2020. – № 3,5(99.5). – С.86-90.
29. Проблема образования, переработки и утилизации нефтешламов / В.А. Гронь и др. // *Успехи современного естествознания*. – 2013. – № 9. – С.159-162.
30. Байгазиев М.Т., Дисс. на соискание ученой степени доктора философии (PhD): Повышение нефтеотдачи пласта на поздней стадии разработки месторождений и разрушение нефтешламов гидрореагирующими составами, – Алматы, 2019.
31. Соловьянов А.А. Переработка нефтешламов с использованием химических и биологических методов / А.А. Соловьянов // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. – 2012. – № 5. – С. 30-39.
32. К проблеме обезвреживания нефтяных шламов / Р.Ш. Суфиянов и др. // *Известия вузов. Нефть и газ*. – 2005. – № 6. – С. 117-120.
33. Пат. RU 2217476 С1. Способ обработки нефтесодержащих шламов / Губайдуллин Ф.Р., Сахабутдинов Р.З., Исмагилов И.Х. и др.; № 2002114896/04; Заявл. 05.06.2002. Оpubл. 27.11.2003 // Изобретения. Полез. модели. 2003. Бюл. № 33. <http://www.fips1.ru>.
34. Пат. на полез. модель RU 69065 U1. Технологический комплекс по переработке нефтесодержащих отходов / Ващук В.И., Меламед Б.Г., Калинин Н.Ф. и др.; № 2007126230/22; Заявл. 09.07.2007; Оpubл. 10.12.2007 // Изобретения. Полез. модели. 2007. Бюл. № 34. <http://www.fips1.ru>.
35. Сатаева С. Жол төсеуге арналған битумдардың негізгі физика-химиялық қасиеттері / С. Сатаева, К. Михайлова // *Chemical Journal of Kazakhstan*. – 2021. – Vol. 1, № 73. – P. 63-69. <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.06>.
36. Кенжегалиева А.Р. Модификация нефтяного битума механохимически активированным шунгитом месторождения Коксу / А.Р. Кенжегалиева, Д.Б. Абдихан, Е.К. Онгарбаев // *Горение и плазмохимия*. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 133-141. <https://doi.org/10.18321/cpc537>.
37. Энергосберегающие технологии производства полимер-модифицированного битума / Г. Сейтенова и др. // *Вестник Торайгыров университет. Серия энергетическая*. – 2024. – № 3. – С. 280-294. <https://doi.org/10.48081/YWW4503>.
38. Тарамов Ю.Х. Влияние состава битума на эксплуатационные свойства. / Ю.Х. Тарамов, П.С. Цамаева, А.А. Эльмурзаев // *Вестник ГГНТУ. Технические науки*. – 2022. – Т. XVIII, № 1 (27). <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2022.72.32.007>.
39. Polijetilengudronovye vjashushhie – innovacionnyj material dlja dorozhnogo stroitel'stva / A.A. Gureev et al // [Polyethylene binding materials – innovative material for road construction] *World of petroleum products*. – 2014. – № 12. – P. 33-35.
40. Gohmann L.M. Vlijanie vjazkosti bitumov na svojstva polimernobitumnyh vjashushhih / L.M. Gohmann, K.I. Davydova // [Influence of viscosity of bitumens on properties polymeric and bituminous knitting] *Tr. Soyuzdorniya*. 1977. – M the Issue 100. – 250 p.
41. Balabanov V.B. Primenenie organomineral'nyh smesej na osnove kationnyh bitumnyh jemul'sij i jemul'sij na osnove modificirovannyh bitumov / V.B. Balabanov, D.A. Militsyn // [Application the organomineralnykh of mixes on the basis of cationic bituminous emulsions and emulsions on the basis of the modified bitumens] *Gerald of Irkutsk state technical university*. – 2011. – Т. 52, № 5. – P.78-83.
42. Kompandirovannye dorozhnye bitumy uluchshennogo kachestva / I.B. Grudkov et al // [Compacted road bitums of improved quality] *Oil refining and petrochemicals*. – 2001. – № 4. – P. 34-36.
43. Долинская Р.М. Влияние резиновой крошки на свойства нефтяного битума / Р.М. Долинская, Н.Р. Прокопчук // *Труды БГТУ*. 2021. Сер.2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2021. – № 1(241). – С. 172-175.

44. Analysis of Mechanical Performance of Bitumen Modified with Waste Plastic and Rubber Additives by Rheology and Self Diffusion NMR Experiments / Giulia Tarsi et al // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2019. – № 21. – P. 235. <https://doi.org/10.18321/ectj864>.
45. A Study of Rubber-REOB Extender to Produce Sustainable Modified Bitumens / Giulia Tarsi et al // Applied Sciences. – 2020. – № 10. – P. 1204. <https://doi.org/10.3390/app10041204>.
46. Sustainability Assessment of Green Asphalt Mixtures: A Review / Pouranian et al // Environments 2019, 6(6), 73 <https://doi.org/10.3390/environments6060073>.
47. Low-Temperature Performance of Toner-Modified Asphalt Binder / M.A. Notani et al // J. Transp. Eng. Part B Pavements. – 2019. – № 145. – 04019022. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000123>.
48. Properties of Foamed Asphalt for Warm Mix Asphalt Applications / D.E. Newcomb et al // Transportation Research Board: Washington, DC, USA, – 2015. – № Project 09-53.
49. Use of a warm mix asphalt additive to reduce the production temperatures and to improve the performance of asphalt rubber mixtures / J.R.M. Oliveira et al // J.Clean.Prod.41 – 2013. – P.15-22. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.047>.
50. Effects of non-foaming WMA additives on asphalt binders at high performance temperatures / F. Xiao, V.S. Punith, S.N. Amirkhanian, // Fuel – 2012. – 94 – P.144-155. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.09.017>.
51. Valorization of Biomass: Deriving More Value From Waste / C.O. Tuck et al // Science. – 2012. – № 337. – P.695-699. <https://doi.org/10.1126/science.1218930>.
52. The Use of Lignin for Sustainable Asphalt Pavements: A Literature Review. Constr / E. Gaudenzi et al // Build. Mater. – 2023. – 362. – 129773. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129773>.
53. Jamal M. Chemo-rheological Investigation on Waste Rubber-Modified Bitumen Response to Various Blending Factors / M. Jamal, F. Giustozzi // Int. J. Pavement Res. Technol. – 2022. – № 15. – P. 395-414. <https://doi.org/10.1007/s42947-021-00045-x>.
54. Estimation of low-temperature performance of recycled asphalt mixtures through relaxation modulus analysis / A. Stimilli et al // Cold Regions Science and Technology. – 2017. – Vol. 133. – P. 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2016.10.013>.
55. Renewable materials in bituminous binders and mixtures: Speculative pretext or reliable opportunity? / Lorenzo Paolo Ingrassia et al // Resources, Conservation and Recycling. – 2019. – Vol. 144. – Pages 209-222, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.034>.
56. Full-scale validation of bio-recycled asphalt mixtures for road pavements / J. Blanc et al // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 227. – P. 1068-1078. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.273>.
57. Shih-Hsien Yang. Rheological behavior of Japanese cedar-based biobinder as partial replacement for bituminous binder / Shih-Hsien Yang, Try Suciptyan // Construction and Building Materials. – 2016. – Vol. 114. –P. 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.100>.
58. Evaluation of optimized bio-asphalt containing high content waste cooking oil residues / Daquan Sun et al // Fuel. – 2017. – Vol. 202. – P. 529-540. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.04.069>.
59. Extraction and characterization of lignin from different biomass resources / D. Watkins et al // Journal of Materials Research and Technology. – 2015. – Vol. 4. – P. 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2014.10.009>.
60. Effect of Lignin Modifier on Engineering Performance of Bituminous Binder and Mixture. / Xu, Chi et al // Polymers. – 2021. – № 13. – P. 1083. <https://doi.org/10.3390/polym13071083>.
61. Long-Term Monitoring of the Behavior of Modified Bitumens of RC Type / M. Varaus et al // Applied Sciences. – 2024. – № 14. – 11794. <https://doi.org/10.3390/app142411794>.
62. Emulsion Stabilization by Cationic Lignin Surfactants Derived from Bioethanol Production and Kraft Pulping Processes / A. Yuliestyan et al // Polymers (Basel). – 2022. – № 14(14). – P. 2879. <https://doi.org/10.3390/polym14142879>.
63. Bioethanol Production and Alkali Pulp Processes as Sources of Anionic Lignin Surfactants / R. Álvarez-Barajas et al // Polymers (Basel). – 2021. – № 13(16). – 2703. <https://doi.org/10.3390/polym13162703>.
64. Laboratory Study on Influence of Blending Conditions on Chemo-Thermal Characteristics of Lignin-Modified Bitumen / R. Gohari et al // Applied Sciences. – 2023. – № 13. – 7766. <https://doi.org/10.3390/app13137766>.
65. Effects of Kraft Lignin on the Performance Grade of Two Bitumens Used for Cold Climate / Al-falahat Wesam et al // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2023. – № 17. <https://doi.org/10.1007/s42947-023-00302-1>.

66. Investigation of the Characteristic Properties of Lignin-Modified Bitumen / S. Kalampokis et al // CivilEng. – 2022. – № 3. P. 734-747. <https://doi.org/10.3390/civileng3030042>.
67. Effect of Bio-oil on Rheology and Chemistry of Organosolv Lignin-Modified Bitumen / Zh. Yi et al // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2022. – № 34. – P. 1-16. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004140](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004140).
68. Investigation on Rheological Properties and Microscopic Mechanisms of Sasobit / Liu Wei et al // Buton Rock Asphalt Modified Asphalt. Sustainability. – 2023. – № 15. – 10224. <https://doi.org/10.3390/su151310224>.

References

1. Nesipbaeva N.N. Povyshenie kachestva dorozhnykh bitumov, poluchennykh iz tyazhelykh neftyanykh otkhodov / N.N. Nesipbaeva // Vestnik universiteta Shakarima. Tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 4(16). – S. 368-378. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-47](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-47). (In Russian).
2. Analiz sostoyaniya konkurentsii na rynke realizatsii neftyanogo dorozhnogo bituma za period 2019, 2020 i yanvar'-mai 2021 gg. (Agentstvo po zashchite i razvitiyu konkurentsii Respubliki Kazakhstan). https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=34550797&pos=6;-108#pos=6;-108 (data obrashcheniya: 17.02.2025). (In Russian).
3. GOST 22245-90. Bitumy neftyanye dorozhnye vyazkie. Tekhnicheskie usloviya. – Vved. 1991-01-01. – Mezhgosudarstvennyi standart. – 9 s. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30039800&pos=3;-48#pos=3;-48 (data obrashcheniya: 17.02.2025). (In Russian).
4. Ainabekov N.B. Diss. na soiskanie stepeni doktora filosofii (PhD). – Regulirovanie strukturnykh prevrashchenii v protsessakh proizvodstva modifitsirovannykh bitumnykh materialov iz ostatkov neftei Kazakhstanskikh mestorozhdenii, Shymkent, 2024 g. (In Russian).
5. Poslanie Glavy gosudarstva K.K. Tokaeva narodu Kazakhstana «Spravedlivoe gosudarstvo. Edinaya natsiya. Blagopoluchnoe obshchestvo» ot 1 sentyabrya 2022 goda. <https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazakhstanu-181130> (data obrashcheniya: 17.02.2025). (In Russian).
6. Kataliticheskaya gidropererabotka tyazhelogo neftyanogo syr'ya / A.G. Okunev i dr. // Uspekhi khimii. – 2015. – T. 84, № 9. – S. 981-999. (In Russian).
7. Akhmadova K.H.KH. Osnovnye sposoby modifikatsii bitumov razlichnymi dobavkami / K.H.KH. Akhmadova, ZH.T. Khadisova, L.SH. Makhmudova // Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki. – 2019. – T. XV, № 3(17). – S. 42-52. <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2019.17.3.006>. (In Russian).
8. Problemy proizvodstva neftyanykh bitumov i kompozitsii na ikh osnove. Analiticheskii obzor [Problems of production of oil bitumens and compositions on their basis. State-of-the-art review.] M.: Tsnitenefttekhim. – 2002. – 185 p. (In English).
9. Analiz tekushchego sostoyaniya i tendentsii rynka bitumov v Rossii / I.V. Piskunov i dr. <https://ngv.ru/articles/analiz-tekushchego-sostoyaniya-i-tendentsii-rynka-bitumov-v-rossii/>. (data obrashcheniya 19.02.2025). (In Russian).
10. Dorozhnyi bitum. Kak reshaetsya problema defitsita.URL: <https://www.kmg.kz/ru/press-center/articles/bitum-def/> (data obrashcheniya 22.02.2025). (In Russian).
11. Ehffektivnaya pererabotka neftebituminoznykh porod v tselevye produkty / E.K. Ongarbaev i dr. // Gorenje i plazmokhimiya. – 2021. – T. 19, № 4 – R. 299-308. <https://doi.org/10.18321/cpc467>. (In Russian).
12. Nadirov N.K. Vysokovyazkie nefti i prirodnye bitumy. V 5 t. – Almaty: Fylym, 2001; Neftebituminoznye porody: dostizheniya i perspektivy. Pod red. N.K. Nadirova. – Alma-Ata: Nauka, 1988. – 308 s. (In Russian).
13. Issledovanie protsessa proizvodstva bituma / G.S. Mambetalieva i dr. // Vestnik KaZATK. – 2024. – № 2(131). <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-131-2-24-33>. (In Russian).
14. Kompaniya «OMT-KonsalT». URL: www.omt-consult.ru. (data obrashcheniya: 22.02.2025). (In Russian).
15. Abdel raouf Petroleum sludge formation and its treatment methodologies: a review / M.A. Abdullaheem Hasan et al // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – № 31. – R. 8369-8386. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31674-3>. (In English).
16. Rakhimova Z.ZH. Primesi syroi nefti, vliyayushchie na protsessy neftepererabotki / Z.ZH. Rakhimova, K.KH. Zhapargazinova // Vestnik Toraigyrov universiteta. Ser.khim-biol. – 2021. – № 2. – S. 6-18. <https://doi.org/10.48081/YGTD3586>. (In Russian).

17. The Structure of Bitumen: Conceptual Models and Experimental Evidences / M. Porto et al // *Materials*. – 2022. – Vol. 15. – P. 905. <https://doi.org/10.3390/ma15030905>. (In English).
18. Petroleum sludge formation and its treatment methodologies: a review / AMA Hasan et al // *Environ Sci Pollut Res Int*. – 2024. – Feb. 31(6). – R. 8369-8386. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31674-3>. (In English).
19. BP Statistical Review of World Energy June – 2012. – London. 2012. – p. 16. (In English).
20. Ishekenova B. Kak v Kazakhstane razbirayutsya s neftyanyimi otkhodami. – 2020. <https://ism.kz/kak-v-kazakhstane-razbirayutsya-s-neftyanyimi-othodami> (data obrashcheniya: 20.02.2025). (In Russian).
21. Enhancing the biodegradation of total petroleum hydrocarbons in oily sludge by a modified bioaugmentation strategy / R.A. Tahhan et al // *International Biodeterioration & Biodegradation*. – 2011. – № 65. – P. 130-134. (In English).
22. Glum T.P. Analiz sushchestvuyushchikh tekhnologii pererabotki neftyanykh shlamov v polimernye dobavki dlya asfal'tobetona / T.P. Glum, S.O. Men'shikov, YU.D. Smirnov // *Aktual'nye problemy nefti i gaza*. – 2021. – № 4(35). – S. 68-77. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2021-35.art6>. (In Russian).
23. Kunakov K.O. Analiz neftyanykh shlamov s primeneniem amperometricheskikh ionoselektivnykh ehlektrodov / K.O. Kunakov, M.V. Kryuchkov // *Zapiski Gornogo instituta*. – 2008. – T.174. – S. 215-216. (In Russian).
24. Korshunova T.YU. Nefteshlamy: sostoyanie problemy v Rossiiskoi Federatsii i metody snizheniya ikh vozdeistviya na okruzhayushchuyu sredu / T.YU. Korshunova, O.N. Loginov // *Ehkobiotekh*. – 2019. – T. 2, № 1. – S. 75-85. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-1-75-85>. (In Russian).
25. Strizhenok A.V. Ehkologicheskaya otsenka khranilishch neftyanogo shlama kak istochnika vozdeistviya na prizemnyuyu atmosferu / A.V. Strizhenok // *Nauka XXI veka: novyi podkhod: Materialy XXV molodezhnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, g. Sankt-Peterburg, Rossiya, Morrisvill': Lulu Press, 2020*. – S. 48-52. (In Russian).
26. Thermal desorption treatment of petroleum hydrocarbon-contaminated soils of tundra, taiga, and forest steppe landscapes / M.V. Bykova et al // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2021. – Vol. 43, № 6. – P. 2331-2346. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00802-0>. (In English).
27. Pat. RU 2193578 C2. Sposob pererabotki neftesoderzhashchikh shlamov / Reshetov V.A., Pavlov V.T., Pavlov A.T. i dr.; № 2000122265/04; Zayavl. 24.08.2000; Opubl. 27.11.2002. Izobreteniya. Polez. modeli. – 2002. – Byul. № 33. <http://www.fips1.ru>. (In Russian).
28. Afanas'ev S.V. Nefteshlamy kak vtorichnoe syr'e / S.V. Afanas'ev, M.A. Pais, N.S. Nosarev // *Delovoi zhurnal Neftegaz.RU*. – 2020. – № 3,5(99.5). – S.86-90. (In Russian).
29. Problema obrazovaniya, pererabotki i utilizatsii nefteshlamov / V.A. Gron' i dr. // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. – 2013. – № 9. – S.159-162. (In Russian).
30. Baigaziev M.T., Diss. na soiskanie uchenoi stepeni doktora filosofii (PhD): Povyshenie nefteotdachi plasta na pozdnei stadii razrabotki mestorozhdenii i razrushenie nefteshlamov gidroreagiruyushchimi sostavami, – Almaty, 2019. (In Russian).
31. Solov'yanov A.A. Pererabotka nefteshlamov s ispol'zovaniem khimicheskikh i biologicheskikh metodov / A.A. Solov'yanov // *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse*. – 2012. – № 5. – S. 30-39. (In Russian).
32. K probleme obezvrezhivaniya neftyanykh shlamov / R.SH. Sufiyanov i dr. // *Izvestiya vuzov. Neft' i gaz*. – 2005. – № 6. – S. 117-120. (In Russian).
33. Pat. RU 2217476 C1. Sposob obrabotki neftesoderzhashchikh shlamov / Gubaidullin F.R., Sakhabutdinov R.Z., Ismagilov I.KH. i dr.; № 2002114896/04; Zayavl. 05.06.2002. Opubl. 27.11.2003 // *Izobreteniya. Polez. modeli*. 2003. Byul. № 33. <http://www.fips1.ru>. (In Russian).
34. Pat. na polez. model' RU 69065 U1. Tekhnologicheskii kompleks po pererabotke neftesoderzhashchikh otkhodov / Vashchuk V.I., Melamed B.G., Kalinin N.F. i dr.; № 2007126230/22; Zayavl. 09.07.2007; Opubl. 10.12.2007 // *Izobreteniya. Polez. modeli*. 2007. Byul. № 34. <http://www.fips1.ru>. (In Russian).
35. Sataeva S. Zhol taseuge arnalran bitumdardyń negizgi fizika-khimiyalyq qasietteri / S. Sataeva, K. Mikhailova // *Chemical Journal of Kazakhstan*. – 2021. – Vol. 1, № 73. – R. 63-69. <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.06>. (In Russian).

36. Kenzhegalieva A.R. Modifikatsiya neftyanogo bituma mekhanokhimicheski aktivirovannym shungitom mestorozhdeniya Koksu / A.R. Kenzhegalieva, D.B. Abdikhan, E.K. Ongarbaev // Gorenje i plazmokhimiya. – 2022. – T. 20, № 2. – S. 133-141. <https://doi.org/10.18321/cpc537>. (In Russian).
37. Ehnergoberegayushchie tekhnologii proizvodstva polimer-modifitsirovannogo bituma / G. Seitenova i dr. // Vestnik Toraigrov universitet. Seriya ehnergeticheskaya. – 2024. – № 3. – S. 280-294. <https://doi.org/10.48081/YYWW4503>. (In Russian).
38. Taramov YU.KH. Vliyanie sostava bituma na ehkspluatatsionnye svoistva. / YU.KH. Taramov, P.S. Tsamaeva, A.A. Ehl'murzaev // Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki. – 2022. – T. XVIII, № 1 (27). <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2022.72.32.007>. (In Russian).
39. Polijetilengudronovye vjzhushhie – innovacionnyj material dlja dorozhnogo stroitel'stva / A.A. Gureev et al // [Polyethylene binding materials – innovative material for road construction] World of petroleum products. – 2014. – № 12. – P. 33-35. (In English).
40. Gohmann L.M. Vliyanie vjzhkosti bitumov na svoistva polimernobitumnyh vjzhushhih / L.M. Gohmann, K.I. Davydova // [Influence of viscosity of bitumens on properties polymeric and bituminous knitting] Tr. Soyuzdorniya. 1977. – M the Issue 100. – 250 p. (In English).
41. Balabanov V.B. Primenenie organomineral'nyh smesej na osnove kationnyh bitumnyh jemul'sij i jemul'sij na osnove modifitsirovannyh bitumov / V.B. Balabanov, D.A. Militsyn // [Application the organomineralnykh of mixes on the basis of cationic bituminous emulsions and emulsions on the basis of the modified bitumens] Gerald of Irkutsk state technical university. – 2011. – T. 52, № 5. – P.78-83. (In English).
42. Kompaundirovannye dorozhnye bitumy uluchshennogo kachestva / I.B. Grudkov et al // [Compacted road bitums of improved quality] Oil refining and petrochemicals. – 2001. – № 4. – P. 34-36. (In English).
43. Dolinskaya R.M. Vliyanie rezinovoi kroshki na svoistva neftyanogo bituma / R.M. Dolinskaya, N.R. Prokopchuk // Trudy BGTU. 2021. Ser.2, Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologii, geokhologiya. – 2021. – № 1(241). – S. 172-175. (In Russian).
44. Analysis of Mechanical Performance of Bitumen Modified with Waste Plastic and Rubber Additives by Rheology and Self Diffusion NMR Experiments / Giulia Tarsi et al // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2019. – № 21. – R. 235. <https://doi.org/10.18321/ectj864>. (In English).
45. A Study of Rubber-REOB Extender to Produce Sustainable Modified Bitumens / Giulia Tarsi et al // Applied Sciences. – 2020. – № 10. – R. 1204. <https://doi.org/10.3390/app10041204>. (In English).
46. Sustainability Assessment of Green Asphalt Mixtures: A Review / Pouranian et al // Environments 2019, 6(6), 73 <https://doi.org/10.3390/environments6060073>. (In English).
47. Low-Temperature Performance of Toner-Modified Asphalt Binder / M.A. Notani et al // J. Transp. Eng. Part B Pavements. – 2019. – № 145. – 04019022. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000123>. (In English).
48. Properties of Foamed Asphalt for Warm Mix Asphalt Applications / D.E. Newcomb et al // Transportation Research Board: Washington, DC, USA, – 2015. – № Project 09-53. (In English).
49. Use of a warm mix asphalt additive to reduce the production temperatures and to improve the performance of asphalt rubber mixtures / J.R.M. Oliveira et al // J.Clean.Prod.41 – 2013. – R.15-22. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.047>. (In English).
50. Effects of non-foaming WMA additives on asphalt binders at high performance temperatures / F. Xiao, V.S. Punith, S.N. Amirkhanian, // Fuel – 2012. – 94 – R.144-155. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.09.017>. (In English).
51. Valorization of Biomass: Deriving More Value From Waste / C.O. Tuck et al // Science. – 2012. – № 337. – R.695-699. <https://doi.org/10.1126/science.1218930>. (In English).
52. The Use of Lignin for Sustainable Asphalt Pavements: A Literature Review. Constr / E. Gaudenzi et al // Build. Mater. – 2023. – 362. – 129773. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129773>. (In English).
53. Jamal M. Chemo-rheological Investigation on Waste Rubber-Modified Bitumen Response to Various Blending Factors / M. Jamal, F. Giustozzi // Int. J. Pavement Res. Technol. – 2022. – № 15. – R. 395-414. <https://doi.org/10.1007/s42947-021-00045-x>. (In English).
54. Estimation of low-temperature performance of recycled asphalt mixtures through relaxation modulus analysis / A. Stimilli et al // Cold Regions Science and Technology. – 2017. – Vol. 133. – P. 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2016.10.013>. (In English).
55. Renewable materials in bituminous binders and mixtures: Speculative pretext or reliable opportunity? / Lorenzo Paolo Ingrassia et al // Resources, Conservation and Recycling. – 2019. –

- Vol. 144. – Pages 209-222, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.034>. (In English).
56. Full-scale validation of bio-recycled asphalt mixtures for road pavements / J. Blanc et al // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 227. – P. 1068-1078. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.273>. (In English).
57. Shih-Hsien Yang. Rheological behavior of Japanese cedar-based biobinder as partial replacement for bituminous binder / Shih-Hsien Yang, Try Suciptyan // Construction and Building Materials. – 2016. – Vol. 114. – P. 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.100>. (In English).
58. Evaluation of optimized bio-asphalt containing high content waste cooking oil residues / Daquan Sun et al // Fuel. – 2017. – Vol. 202. – P. 529-540. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.04.069>. (In English).
59. Extraction and characterization of lignin from different biomass resources / D. Watkins et al // Journal of Materials Research and Technology. – 2015. – Vol. 4. – R. 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2014.10.009>. (In English).
60. Effect of Lignin Modifier on Engineering Performance of Bituminous Binder and Mixture. / Xu, Chi et al // Polymers. – 2021. – № 13. – R. 1083. <https://doi.org/10.3390/polym13071083>. (In English).
61. Long-Term Monitoring of the Behavior of Modified Bitumens of RC Type / M. Varaus et al // Applied Sciences. – 2024. – № 14. – 11794. <https://doi.org/10.3390/app142411794>. (In English).
62. Emulsion Stabilization by Cationic Lignin Surfactants Derived from Bioethanol Production and Kraft Pulping Processes / A. Yuliestyan et al // Polymers (Basel). – 2022. – № 14(14). – R. 2879. <https://doi.org/10.3390/polym14142879>. (In English).
63. Bioethanol Production and Alkali Pulp Processes as Sources of Anionic Lignin Surfactants / R. Álvarez-Barajas et al // Polymers (Basel). – 2021. – № 13(16). – 2703. <https://doi.org/10.3390/polym13162703>. (In English).
64. Laboratory Study on Influence of Blending Conditions on Chemo-Thermal Characteristics of Lignin-Modified Bitumen / R. Gohari et al // Applied Sciences. – 2023. – № 13. – 7766. <https://doi.org/10.3390/app13137766>. (In English).
65. Effects of Kraft Lignin on the Performance Grade of Two Bitumens Used for Cold Climate / Al-falahat Wesam et al // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2023. – № 17. <https://doi.org/10.1007/s42947-023-00302-1>. (In English).
66. Investigation of the Characteristic Properties of Lignin-Modified Bitumen / S. Kalampokis et al // CivilEng. – 2022. – № 3. R. 734-747. <https://doi.org/10.3390/civileng3030042>. (In English).
67. Effect of Bio-oil on Rheology and Chemistry of Organosolv Lignin-Modified Bitumen / Zh. Yi et al // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2022. – № 34. – R. 1-16. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004140](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004140). (In English).
68. Investigation on Rheological Properties and Microscopic Mechanisms of Sasobit / Liu Wei et al // Buton Rock Asphalt Modified Asphalt. Sustainability. – 2023. – № 15. – 10224. <https://doi.org/10.3390/su151310224>. (In English).

Финансирование: Работа выполнена при финансовой помощи Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, грант BR24993178 «Разработка инновационной технологии переработки вторичных ресурсов – отходов металлургических производств, побочных продуктов нефтепереработки и нефтедобычи».

А.Н. Сабитова*, Ж.Ш. Шәріпхан, Б.Б. Баяхметова, Б.С. Гайсина, Ж.К. Кабышева

Шәкәрім университеті,

071412, Қазақстан, Семей қаласы, Глиники к-сі, 20 А,

*e-mail: alfa-1983@mail.ru

ЖОҒАРЫ САПАЛЫ БИТУМДЫ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНА ШОЛУ: МӘСЕЛЕЛЕР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Мақалада мұнай өндіру мен қайта өңдеудің жанама өнімдерінен жоғары сапалы битум алудың инновациялық технологияларын әзірлеу мақсатын іске асыру бойынша қойылған міндеттер негізінде отандық және шетелдік әдеби көздерге сараптамалық талдамалық шолу жүргізілді.

Қазіргі ғылыми жұмыстар полимерлі, минералды және биологиялық компоненттерді, сондай-ақ битумды байланыстырғыштардың беріктігі мен тұрақтылығын арттыру үшін қайталама материалдарды қолданудың тиімділігін көрсетеді. SBS (стирол-бутадиен-стирол) сияқты полимерлі модификаторларға ерекше назар аударылады, олар битумның икемділігі мен беріктігін арттырады, крекинг пен деформация ықтималдығын азайтады. Қайта өңделген материалдарды, соның ішінде резеңке чиптерді, вакуумдық газойльді және күл-қоқысты пайдалану битумның қасиеттерін жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар қоршаған ортаға теріс әсерді азайтады. Перспективалық бағыт-биомодификаторларды қолдану, олардың арасында лигнин ерекше рөл атқарады-жоғары химиялық және термиялық тұрақтылыққа ие табиғи полимер. Зерттеулер көрсеткендей, битумға лигнинді енгізу оның реологиялық қасиеттерін жақсартады, тотығуға төзімділікті арттырады, сонымен қатар жабынның қаттылығы мен беріктігін арттырады. Лигнин толтырғыш немесе битумды ішінара ауыстыру ретінде әрекет ете алады, бұл оны экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді компонент етеді.

Полимерлерді, өнеркәсіптік қалдықтарды және биокомпоненттерді қоса алғанда, әртүрлі модификациялаушы қоспаларды қолдану битумның сапасын жақсартуға, оны өндіруге кететін шығындарды азайтуға, технологиялық процестердің энергия тиімділігін арттыруға және жол төсемдерінің қызмет ету мерзімін ұзартуға ықпал етеді. Асфальтбетон қоспасын өндіру және төсеу процесінде битум қасиеттерінің өзгеруін бағалау да маңызды.

Түйін сөздер: мұнай жол битумы, мұнай өндіру және өңдеу, модификацияланған битум, лигнин, биологиялық компоненттер.

A. Sabitova*, A. Zh. Sharipkhan, B. Bayakhmetova, B. Gaisina, Zh. Kabysheva

Shakarim University,
071412, Kazakhstan, Semey city, Glinka St., 20A,
e-mail: alfa-1983@mail.ru

REVIEW OF HIGH-QUALITY BITUMEN PRODUCTION TECHNOLOGY: PROBLEMS, PROSPECTS

The article provides an expert analytical review of domestic and foreign literary sources based on the tasks set to achieve the goal of developing innovative technologies for producing high-quality bitumen from by-products of oil production and processing.

Modern scientific work demonstrates the effectiveness of using polymer, mineral and biological components, as well as recycled materials to increase the durability and stability of bitumen binders. Particular attention is paid to polymer modifiers such as SBS (styrene-butadiene-styrene), which increase the elasticity and strength of bitumen, reducing the likelihood of cracking and deformation. The use of recycled materials, including rubber chips, vacuum gas oil and fly ash, not only improves the properties of bitumen, but also reduces the negative impact on the environment. A promising area is the use of biomodifiers, among which lignin, a natural polymer with high chemical and thermal stability, plays a special role. Studies have shown that the introduction of lignin into bitumen improves its rheological properties, increases resistance to aging and oxidation, and increases the rigidity and strength of the coating. Lignin can act as a filler or partial replacement for bitumen, which makes it an environmentally and economically beneficial component.

The use of various modifying additives, including polymers, industrial waste and biocomponents, contributes to improving the quality of bitumen, reducing production costs, increasing the energy efficiency of technological processes and extending the service life of road surfaces. It is also important to evaluate the change in bitumen properties during the production and laying of asphalt concrete mix.

Key words: petroleum road bitumen, oil extraction and refining, modified bitumen, lignin, biological components.

Сведения об авторах

Альфира Нуржановна Сабитова* – PhD, ассоциированный профессор кафедры «Химия и экология» Шәкәрім университета, Республика Казахстан; e-mail: alfa-1983@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>.

Жанна Шәріпханқызы Шәріпхан – преподаватель кафедры «Химия и экология» Шәкәрім университета, Республика Казахстан; e-mail: zhanka_81@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2484-7287>.

Булбул Баяхметовна Баяхметова – кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры «Химия и экология» Шәкәрім университета, Республика Казахстан; e-mail: bulbul.bayahmetova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5663-5107>.

Балжан Сайлауовна Гайсина – старший преподаватель кафедры «Химия и экология» Шәкәрім университета, Республика Казахстан; e-mail: balzhan-1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2744>.

Жанар Кобегеновна Кабышева – старший преподаватель кафедры «Химия и экология», Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: K_ghan_k78@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9999-816X>.

Авторлар туралы мәліметтер

Альфира Нуржановна Сабитова* – PhD, «Химия және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: alfa-1983@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>.

Жанна Шәріпханқызы Шәріпхан – магистр, «Химия және экология» кафедрасының оқытушысы, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: zhanka_81@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2484-7287>.

Булбул Баяхметовна Баяхметова – химия ғылымдарының кандидаты, «Химия және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: bulbul.bayahmetova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5663-5107>.

Балжан Сайлауовна Гайсина – магистр, «Химия және экология» кафедрасының аға оқытушысы, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: balzhan-1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2744>.

Жанар Кобегеновна Кабышева – «Химия және экология» кафедрасының аға оқытушысы Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: K_ghan_k78@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9999-816X>.

Information about the authors

Alfira Sabitova* – PhD, Associate Professor of the Department of Chemistry and Ecology, Shakarim University, Kazakhstan; e-mail: alfa-1983@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>.

Zhanna Sharipkhan – Lecturer of the Department of Chemistry and Ecology, Shakarim University, Kazakhstan; e-mail: zhanka_81@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2484-7287>.

Bulbul Bayakhmetova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Ecology, Shakarim University, Kazakhstan; e-mail: bulbul.bayahmetova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5663-5107>.

Balzhan Gaisina – Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Ecology, Shakarim University, Kazakhstan; e-mail: balzhan-1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2744>.

Zhanar Kabysheva – Assistant Professor of the Department of Chemistry and Ecology, Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: K_ghan_k78@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9999-816X>.

Поступила в редакцию 03.04.2025

Поступила после доработки 26.05.2025

Принята к публикации 27.05.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1\(21\)-69](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1(21)-69)

FTAXP: 61.33.31



А.М. Рахметова, Г.К. Алшынбекова*, Э.А. Кульмагамбетова, Н.Т. Сагиндикова, А.Т. Шилменова

Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты ШМҚ РМҚ

Z00K8X5, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Кравцов к-сі 18

*e-mail: alshynbekovagulnaziya@gmail.com

ӨНДЕУ ӨНЕРКӘСІБІ ЖҰМЫСКЕРЛЕРІНІҢ ДЕНСАУЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ӨНДІРІСТІК ОРТАДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа: Мақалада химиялық профилі өңдеу өнеркәсібі кәсіпорнының технологиялық және химиялық ортасын және оның жұмыскерлердің денсаулығына әсерін талдау ұсынылған. Зерттеудің мақсаты технологиялық ортаның ерекшеліктерін ескере отырып, технологиялық циклдің негізгі кезеңдеріндегі еңбек жағдайларын гигиеналық бағалау және зиянды химиялық факторлардың әсері мен қызметкерлердің аурушаңдығы арасындағы байланысты анықтау болды. Технологиялық процестер қарқынды шаңның пайда болуымен және уытты химиялық заттардың бөлінуімен қатар жүретіні анықталды, олардың концентрациясы кейбір жағдайларда рұқсат етілген шекті деңгейден

©А.М. Рахметова, Г.К. Алшынбекова*, Э.А. Кульмагамбетова, Н.Т. Сагиндикова, А.Т. Шилменова