

На правах рукописи



АЯПБЕРГЕНОВ ЕРБОЛАТ ОЗАРБАЕВИЧ

**ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ
НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ
КАРАСЯЗЬ-ТАСПАС**

2.6.12. – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Уфа – 2024

Работа выполнена на кафедре «Технология нефти и газа» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Ахметов Арслан Фаритович

Официальные оппоненты: **Тюкилина Полина Михайловна**
доктор технических наук
Акционерное общество «Средневолжский научно-исследовательский институт по нефтепереработке» / Заместитель генерального директора по инженерно-техническому сопровождению и внедрению

Свириденко Никита Николаевич
кандидат химических наук
Институт химии нефти СО РАН / Лаборатория углеводородов и высокомолекулярных соединений нефти, старший научный сотрудник

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Защита диссертации состоится «25» сентября 2024 года в 14:00 на заседании диссертационного совета 24.2.428.02 при ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по адресу: 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д.1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте www.rusoil.net.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2024 года.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Бадикова Альбина Дарисовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Сегодня Казахстан является одним из ведущих нефтедобывающих государств на Евразийском пространстве, и нефтяной сектор считается основополагающим для экономики страны.

Тем не менее, высочайшие темпы добычи нефти, длительная эксплуатация месторождений, их высокая обводненность привели к истощению запасов традиционной нефти (лёгкой), ухудшению качества сырья, затруднению добычи и переработки, удорожанию себестоимости. Поэтому появилась необходимость обратить повышенный интерес к альтернативным источникам природных ресурсов, и, в частности, к высоковязким тяжёлым нефтям (ВВН) и природным битумам (ПБ), которые широко распространены в регионе Западного Казахстана.

В мировой практике разведка и добычам ВВН достаточно интенсивно ведётся в Канаде, США, Венесуэле, Аргентине, Российской Федерации, а также в ряде других государств. В Казахстане, в данное время, вследствие малоизученности месторождений нефтебитуминозных пород (НБП), отсутствия эффективных технологий и оборудования, и недостатка информации о возможном применении конечных продуктов переработки, НБП практически никак не применяются. Другая причина в том, что НБП и ПБ имеют относительно высокую плотность и вязкость, повышенное содержание асфальтено-смолистых веществ и невысокий выход дистиллятов, что делает малоэффективным применение традиционных методов добычи и транспортировки, а также переработки.

Освоение месторождений НБП позволит обеспечивать отечественным сырьём целые области общенародного хозяйства страны, в частности, полностью удовлетворить потребность Казахстана в вяжущих материалах для дорожного покрытия. Учитывая огромную протяжённость автомобильных дорог в стране и развитие мегаполисов, это значительный вклад в экономику страны. Наряду с этим, на сегодняшний день также актуальны научные исследования по получению «синтетической нефти», также редкоземельных металлов с НБП. Практическое решение этих и других задач является весьма важным направлением в развитии энергетики и нефтехимической промышленности в ближайшем будущем. Поэтому нефтебитуминозные породы потенциально представляют собой весьма богатый источник энергии и являются весьма перспективным сырьём для множества отраслей экономики Республики.

Таким образом, необходимы изучение, анализ состава и свойств нефтебитуминозных пород, механизмов получения (извлечения) природного

битума из НБП, исследования методов комплексной переработки, с целью извлечения значимых компонентов. Необходимы знания о структурно-групповом составе и физико-химических характеристиках органической, а вместе с ним минеральной части НБП. Полученные результаты помогут в перспективе при разработке новых методов извлечения ПБ, разработке схем инновационной и комплексной переработки, определении возможности и целесообразности применения продуктов переработки в народном хозяйстве.

Степень разработанности проблемы

К моменту начала работы над диссертацией, в российских и зарубежных периодических изданиях, и монографиях широко освещены вопросы извлечения и переработки НБП. Существенный вклад в изучение проблем НБП Казахстана внесли К.Б. Батманов, А.Е. Браун, Н.К. Надиров, М.С. Трохименко и др. Однако в изученных трудах не рассматриваются прогресс по извлечению (экстракции) ПБ из НБП, получение продуктов комплексной переработки и их применение.

Соответствие паспорту заявленной специальности

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.6.12. – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ», пункты:

п. 7 «Физико-химические методы исследования твёрдых горючих ископаемых с целью повышения качества топлив и нетопливных продуктов на базе углей разной степени углефикации, а также сланцев, торфов, тяжёлых нефтяных остатков».

п. 8 «Разработка новых процессов переработки органических и минеральных веществ твёрдых горючих ископаемых с целью получения продуктов топливного и нетопливного назначения».

п. 11 «Научные основы и закономерности физико-химической технологии и синтеза специальных продуктов. Новые технологии производства специальных продуктов».

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка комплекса технологических подходов к эффективной переработке органической части (природного битума) нефтебитуминозных пород.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие основные **задачи**:

1. Разработка метода выделения органической части (природного битума) из нефтебитуминозной породы.

2. Исследование физико-химических свойств, компонентного и структурно-группового состава, товарно-технических свойств природного битума месторождения Карасязь-Таспас.

3. Разработка технологических способов переработки природного битума Карасязь-Таспасского месторождения.

4. Получение опытным путём оптимальных составов, изучение особенности и характеристик асфальтобетонных смесей на основе нефтебитуминозной породы месторождения Карасязь-Таспас.

Научная новизна проведённых исследований формулируется на основе следующих ключевых положений:

1. Разработана рецептура нитритной композиции (эмульсия), разрушающая сложную гетерогенную систему нефтебитуминозной породы с получением природного битума, обеспечивающая высокую степень извлечения (98,4 %) и температуру проведения (78 °С) процесса за счёт применения экзотермической реакции, как наиболее экономичного метода.

2. Установлена полная характеристика органической и минеральной составляющих нефтебитуминозной породы месторождения Карасязь-Таспас.

3. Определены детальные свойства и характеристики дистиллятных фракций, остатка природного битума месторождения Карасязь-Таспас, предложены способы переработки и перспективные варианты их применения.

4. Разработан, на основе НБП месторождения Карасязь-Таспас, опытный состав смеси, имеющий улучшенную структуру и свойства, превосходящие эксплуатационные характеристики традиционных асфальтобетонных смесей, отвечающий требованиям ГОСТ 9128-2013.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в следующем:

1. Изложены элементы теории эффективного способа экстракции ПБ из НБП с низкими эксплуатационными затратами и оптимальными условиями проведения процесса.

2. Полученные в данной работе научные результаты и практические выводы, в целом, будут способствовать повышению интереса к теме НБП и ПБ, развитию новых технологий процесса переработки нефтебитуминозных пород Западного Казахстана в качестве альтернативного углеводородного сырья.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Предложен процесс, на уровне изобретения и защищена патентом Республики Казахстан (патент РК №33436), композиция получения органической части (природного битума) из НБП и представленные

технологические способы их переработки могут быть применены для НБП Западного Казахстана с целью получения конечных продуктов широкого спектра для нужд народного хозяйства.

2. Разработанный оптимальный компонентный состав асфальтобетонной смеси (АБС) на основе НБП с усовершенствованными эксплуатационными свойствами для дорожных покрытий, отвечающий требованиям ГОСТ 9128-2013, предоставит возможность производить и использовать отечественный и более качественный продукт.

Методология и методы исследований

Решение поставленных задач осуществлялось при помощи планирования экспериментов и последующих экспериментальных исследований. Анализ сырья и продуктов разделения НБП проводились стандартными и современными методами оценки физико-химических свойств с применением высокоточных лабораторных оборудований.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Основные аспекты и эффективность разработанного процесса выделения органической части (ПБ) из НБП с применением нитритной композиции (эмульсии).

2. Полученные данные по составам и свойствам органической и минеральной части НБП месторождения Карасязь-Таспас.

3. Комплекс экспериментальных данных по свойствам и характеристикам продуктов разделения природного битума НБП месторождения Карасязь-Таспас. Принципиальные схемы комплексной переработки НБП месторождения Карасязь-Таспас.

4. Результаты, полученные при изучении возможности вовлечения НБП с месторождения Карасязь-Таспас в производство материалов для дорожного строительства.

Степень достоверности результатов

Результаты исследования получены с использованием научных литературных данных, современных физико-химических методов анализа, а также аттестованных приборов и оборудований. Все представленные в диссертации результаты были получены при непосредственном участии автора.

Апробация работы

Результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих научно-практических конференциях: XXII Международная молодёжная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов»,

г.Москва, 2015 г.; International scientific-practical conference «Urgent problems of science and technology: yesterday, today, tomorrow», г. Лондон, 2015 г.; VI Всероссийская молодёжная научно-техническая конференция «Наукоёмкие химические технологии-2015», г. Москва, 2015 г.; 69-я Международная молодёжная научная конференция «Нефть и газ-2015», г. Москва, 2015 г.; Международная научно-практическая конференция «Методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти», г. Актау, 2018 г.; Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы эксплуатации зрелых месторождений», г. Актау, 2019 г.; Международная научно-практическая конференция «Современные методы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами и нетрадиционными коллекторами», г. Атырау, 2019 г., LVII Международная научно-практическая конференция «Eurasiascience», г. Москва, 2023 г., 35-й Международный конкурс научно-исследовательских работ, г. Москва, 2023 г., 36-й Международный конкурс научно-исследовательских работ, г. Москва, 2023 г., I Международное книжное издание стран Содружества Независимых государств «За значительный вклад в развитие науки», г. Астана, 2024 г., Международная научно-практическая конференция «Освоение углеводородного потенциала–зелёные технологии», г. Уфа, 2024 г.

Публикации по результатам исследований

По результатам диссертации опубликовано 20 работ в 10 научных журналах и 9 сборниках тезисов докладов конференций, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ, получен 1 патент Республики Казахстан на изобретение.

Структура и объем работ

Диссертационная работа представлена на 132 листах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав, основных выводов и списка литературы из 208 наименований. Содержит 20 рисунков, 32 таблицы и 2 приложения.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Ахметову Арслану Фаритовичу, к.х.н., профессору Батманову Кобейсин Бердибаевичу за оказанную консультацию и помощь на всех этапах выполнения диссертационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена оценка современного состояния проблемы, обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, отмечены научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе выполнен аналитический обзор научно-технических работ по состоянию изученности сырьевой базы нефтебитуминозных пород (НБП) в мире, особенности их состава и свойств. Рассмотрены и проанализированы отечественные и зарубежные литературные материалы, касающиеся технологии добычи и комплексной переработки НБП, применения продукции комплексной переработки в народном хозяйстве, а также в дорожном строительстве. Анализ показывает, что скопления НБП в мире достаточно многочисленны, состав и свойства их уникальны, и не идентичны составам и свойствам традиционных нефтей. Поэтому, в настоящее время не теряет актуальности поиск альтернативных и нетрадиционных технологий, обеспечивающих значительный прогресс по извлечению и получению ценных компонентов, представляющий интерес для многих отраслей промышленности.

Во второй главе рассмотрены объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования выбрана нефтебитуминозная порода наиболее крупного и перспективного месторождения Мангышлака Карасязь-Таспас. Основная методология исследования заключалась в детальном определении компонентного состава и физико-химических свойств органической и минеральной части НБП, продуктов разделения ПБ, а также характеристик образцов АБС с целью разработки и оптимизации технологических решений.

Разгонка ПБ проводилась на комбинированной автоматической дистилляционной установке. Стандартными методами исследования изучены характеристики ПБ и его фракций разделения. Физико-механические свойства образцов АБС изучены путем определения средней плотности, водонасыщения, сопротивления на сжатие, водостойкости, трещиностойкости, сдвигоустойчивости и морозостойкости.

Для экстракции ПБ из НБП применялась нитритная композиция в виде эмульсии, которая обеспечивает хорошую степень извлечения и высокую температуру за счёт использования экзотермической реакции.

С целью извлечения органической части (ПБ) из НБП в качестве основы процесса была использована реакция кислых растворов солей хлорида аммония и водного раствора нитрита натрия, которая приводит к образованию солей аммония, азота, воды и сопровождается выделением значительного количества тепла: $NaNO_2 + NH_4Cl \rightarrow NH_4NO_2 + NaCl \rightarrow N_2 \uparrow + 2 H_2O - 309 \text{ кДж/моль}$.

Оптимизация концентрации нитрита аммония составлялась по количественному содержанию реагента в составе и по водородному показателю (рН) среды, для чего в приготовленный раствор добавлялась порциями ингибированная HCl . Применение инициатора реакции (HCl) не требует разогрева реакционной массы и позволяет проводить реакцию при 25 °С. В полученную композицию дозированно добавляется ингибированная HCl , в результате чего начинается ускорение экзотермической реакции и в дальнейшем протекает с выделением тепла за счёт разложения NH_4NO_2 . Необходимо учесть, что после достижения максимальной температуры процесс охлаждения происходит за больший промежуток времени, чем процесс нагревания из-за продолжающейся экзотермической реакции при установившемся режиме. Возрастание температуры реакционной среды эмульсии способствует к плавлению и высвобождению битума из минеральной части НБП.

В третьей главе диссертационной работы приводятся результаты комплексных исследований НБП месторождения Карасязь-Таспас.

В ходе проведения исследований определен компонентный состав нитритной композиции (эмульсии), длительность реакций, максимальный температурный барьер протекания реакции и эффективность экстракции (таблица 1). Объем добавляемой пентан-гексановой фракции (ПГФ) в состав эмульсии оказывает существенное влияние на продолжительность реакции. Изменение количества ПГФ в составе эмульсии в пределах 10...50 % приводит к увеличению расхода инициатора, продолжительности реакции и температуры эмульсии от 25 °С до 88 °С. В изучаемых составах продолжительность реакции составляет от 30 до 40 минут, а температура эмульсии достигает 88 °С.

Таблица 1 – Компонентный состав нитритной композиции (эмульсии) для получения ПБ из НБП

Компоненты	Составы, % масс.						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Хлористый аммоний (NH_4Cl)	11	9	8	9	9	9	9
Нитрит натрия ($NaNO_2$)	12	11	9	11	11	11	11
Ингибированная соляная кислота (HCl)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
ПАВ-эмульгатор	2	1	2	1	1	2	2
Пентан-гексановая фракция (ПГФ)	30	30	30	20	10	40	50
Вода	44,85	48,85	50,85	58,85	68,85	62,15	52,15
Максимальная температура нагрева эмульсии, °С	78	65	65	70	74	88	71
Длительность реакции, мин.	32	27	30	43	33	30	43
Расход инициатора, мл	3,4	2,3	2,7	11,8	8,2	7,7	9,6
Степень извлечения, %	98,4	98,0	98,3	97,3	96,8	97,5	96,2

Для оценки степени извлечения измельчённую НБП породу перемешали с готовой эмульсией в соотношении НБП : эмульсия=1 : 2. Затем эмульсию дозированно подкисляли незначительным количеством *HCl*. При контакте НБП породы с эмульсией, за счёт экзотермической реакции органическая часть НБП высвободилась от минеральной части. В результате реакции образовалось три слоя: масляная фаза (органическая часть – ПБ), свободная вода и минеральная часть.

Общая степень извлечения ПБ повышалась при оптимальном количестве хлористого аммония, нитрита натрия и ПГФ. Вследствие чего разрушается полярная структура НБП и начинается отделение ПБ от минеральной части. Получение органической части по предлагаемому способу, увеличивает выход ПБ (> 96 %) по всему диапазону компонентного состава эмульсии.

Таким образом, оптимальный состав для извлечения (экстракции) ПБ из НБП содержит *NH₄Cl*–11 %, *HCl* (20 %, инг.)–0,15%, *NaNO₂*–12 %, ПГФ–30 %, ПАВ–2 % и воду 44,85 %. Следовательно, применение нитритной композиции (эмульсии) позволяет повысить выход органической части с эффективностью до 98 % при температуре смеси 78 °С и продолжительности реакции до 32 минут.

Преимуществами предлагаемой эмульсии являются: дешевизна и доступность используемых компонентов; минимальные энергозатраты, экономичность процесса. Достаточно высокая температура обеспечивается за счёт экзотермической реакции компонентов; эмульсия обладает отличной проникающей и удаляющей способностью (эффективность выделения ПБ свыше 90 %), которая позволяет проникнуть в структуру НБП, тем самым эффективно отделяет органическую часть от минеральной.

Выделение ПБ из НБП с применением нитритной композиции (эмульсии) защищено патентом РК.

Установлен диапазон содержания органических веществ 1,15...20,06 % (среднее–11,37 %) и НБП отнесены к классу богатых мальт (таблица 2).

Таблица 2 – Физико-химические свойства органической части НБП месторождения Карасязь-Таспас

№	Наименование показателя	ЕИ	Фактический результат
1	2	3	4
1	Плотность при 20 °С	кг/м ³	945,35
2	Динамическая вязкость при 25 °С	мПа*с	5 990
3	Молекулярная масса	–	553
4	Зольность	% масс.	0,36
5	Коксуемость	% масс.	29,9
6	Температура размягчения по КиШ	°С	23
7	Температура застывания	°С	15

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
8	Глубина проникания иглы при 0 °С	0,1 мм	22
9	Элементарный состав: –углерод –водород –кислород –азот –серы	% масс.	84,34 11,45 3,21 0,54 0,46
10	Групповой химический состав: –масел, в том числе –парафинонафтеновые (ПН) –моноциклоароматические (МЦА) –бициклоароматические (БЦА) –полициклоароматические (ПЦА) –смола, в том числе –бензольные (Б) –спиртобензольные (СБ) –асфальтенов	% масс.	58,89 23,49 15,12 8,24 12,04 27,21 7,18 20,03 13,90
11	Фракционный состав: –бензиновая фракция (до 180 °С) –дизельное топливо (180–350 °С) –масляные дистилляты фракции 350–400 °С 400–460 °С –остаток выкипающий >460	%	1,38 14,67 13,44 18,68 51,83
12	Содержание металлов: –никель –ванадий	ppm	83,6 1,9

НБП состоит из 80–85 % минеральной части. Минеральная часть НБП представлена преимущественно глинистой фракцией с примесью песчаной фракции мелкозернистой и алевритовой размерности. Элементарный состав показал содержание кварца (80 %), полевых шпатов (12 %) и глинистых минералов: гипс (3 %), магнезит (1 %), слюда (1 %), лимонит (1 %) и пирит (2 %). Глинистые сланцы и песчаники слабометаморфизованы, имеют зеленовато-серую, темно-красную окраску, сильно дислоцированы. По зерновому составу и модулю упругости минеральная составляющая НБП относится к группе тонкий, класс II (таблица 3).

Таблица 3 – Физико-химические свойства минеральной части НБП месторождения Карасязь-Таспас

Плотность, кг/м ³		Пустота межфазная	Зерновой состав < 0,63, % масс.	Группа песка	Содержание металлов, ppm				
истинная	насыпная				Ni	V	Pb	Mn	Zn
2630	1452	44,8	до 10	тонкий M _к 0,7–1,0	8	44	24	966	0

Частицы зёрен минеральной части НБП характеризуются неоднородностью (Рисунок 1), размеры $\sim 100\text{--}200\ \mu\text{m}$, некоторые частицы $\sim 500\ \mu\text{m}$, имеют плотный поверхностный слой и микропористую структуру. Элементный состав (Рисунок 2) минеральной части НБП сформирован из ($> 10\%$) кислорода и кальция, а также (содержит $< 10\%$)–Al, Si, Ti, K, Rb, Sb и Fe.

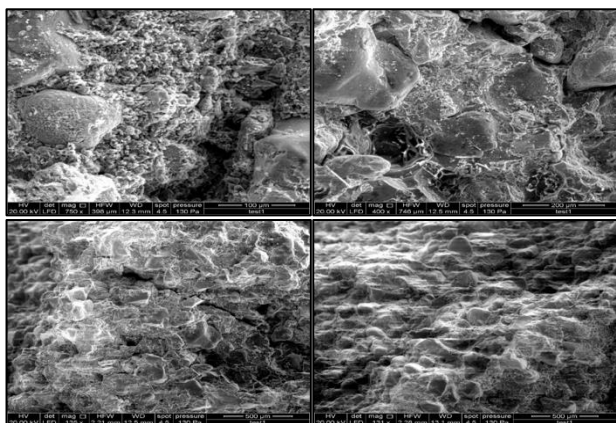


Рисунок 1 – Пример снимка образца НБП месторождения Карасязь-Таспас

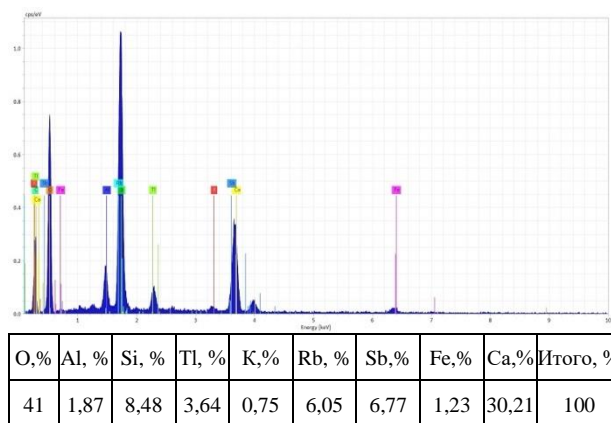


Рисунок 2 – Элементный состав минеральной части НБП месторождения Карасязь-Таспас

Ключевой задачей переработки тяжёлого углеводородного сырья – получение максимального ассортимента товарных продуктов для народного хозяйства. С целью выбора оптимальной технологии переработки ПБ месторождения Карасязь-Таспас проведена перегонка ПБ и отобраны $\sim 17\%$ масс. атмосферных дистиллятов, вакуумных – 33% масс., остаток – 48% масс. Суммарный выход дистиллятов составил $\sim 50\%$ (потери – $2,1\%$).

Физико-химические характеристики бензиновой фракции (н.к. – $200\ ^\circ\text{C}$) ПБ месторождения Карасязь-Таспас представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика бензиновой фракции ПБ месторождения Карасязь-Таспас

$\rho(20\ ^\circ\text{C})$, кг/м ³	W(S), %	Кислотность, мг КОН на 100 см ³	Водорастворимые кислоты и щелочи	Концентрация фактических смолов, мг на 100 см ³	Фракционный состав				
					н.к.	10%	50%	90%	к.к.
768,9	0,082	0,82	отсутствует	0,75	40	73	114	118	196

Бензиновая фракция имеет следующие свойства: $\rho(20\ ^\circ\text{C})=769\ \text{кг/м}^3$, $S=0,08\%$ масс., $T_{\text{НК}}=40\ ^\circ\text{C}$, стабильна, содержание смол равно $0,75\ \text{мг на } 100\ \text{см}^3$ и органических кислот – $0,82\ \text{мг КОН на } 100\ \text{см}^3$, отсутствуют водорастворимые кислоты и щелочи.

Бензиновая фракция ПБ месторождения Карасязь-Таспас может быть применена в качестве сырья процессов риформинга (каталитический) для получения высокооктанового бензина, а также в качестве прямогонных компонентов автобензинов (после очистки), бензин-растворителей для лакокрасочной промышленности.

Для оценки возможности получения дизельного топлива из ПБ месторождения Карасязь-Таспас изучены фракции, выкипающие в интервале температур 200–350 °С (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика дизельной фракции ПБ месторождения Карасязь-Таспас

$\rho(20\text{ °C}), \text{ кг/м}^3$	W(S), %	$\nu(20\text{ °C}), \text{ мм}^2/\text{с}$	Кислотное число, мг КОН на 100 см ³	Температура, °С			Зольность, %	Коксусесть, 10 %-ного остатка, %	Фракционный состав, °С	
				застывания	помутнения	вспышки			50 %	95 %
856	0,352	5,32	4,17	-20	-16	44	0,01	0,19	278	358

Характеристика дизельной фракции: $\rho(20\text{ °C})=856\text{ кг/м}^3$, $T_{\text{заст.}}=-20\text{ °C}$, $T_{\text{вспш.}}=44\text{ °C}$, $\nu_{\text{кин.}}^{20}=5,3\text{ мм}^2/\text{с}$, $S\sim 0,3\%$, смолы=2,4 мг на 100 см³, не содержит механические примеси, воду, органические, минеральные кислоты, щелочи. Температуры выкипания при 50 % и 95 % выходе, соответственно равны 278 °С и 358 °С. Следует, что дизельная фракция по основным физико-химическим характеристикам близка к свойствам марки «Л» дизельного топлива и может служить сырьём для получения дизельного топлива.

В таблице 6 представлена физико-химическая характеристика мазута (фракция > 350 °С), полученного из ПБ месторождения Карасязь-Таспас.

Таблица 6 – Характеристика фракций мазута ПБ месторождения Карасязь-Таспас

$\rho(20\text{ °C}), \text{ кг/м}^3$	W(S), %	Кинематическая вязкость, мм ² /с при				Температура, °С			Зольность, %
		40 °С	50 °С	80 °С	100 °С	застывания	помутнения	вспышки	
963,1	0,453	20,93	14,90	6,65	4,42	-20	-17	142	0,26

Полученный мазут может использоваться в качестве топлива для промышленных печей, а также для паровых котлов, и в качестве исходного сырья для выработки мазута, судового и флотского, котельного и тяжёлого моторного топлива для крейцкопфных дизельных и бункерных топлив, кроме того для получения моторных масел-основ, смазочных масел, битумов и кокса.

Актуальной задачей современной нефтеперерабатывающей промышленности является обеспечение республики собственными товарными смазочными маслами. В настоящее время в этом направлении ведутся интенсивные исследования по производству масел из местного казахстанского сырья.

В результате атмосферно-вакуумной перегонки получены лёгкие и средние масляные фракции, общий выход (350–460 °С) которого составляет ~ 33 %. Эксплуатационные показатели качества масляных фракций приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика масляных фракций ПБ месторождения Карасязь-Таспас

№	Наименование показателя	350–400 °С		400–460 °С	
		до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
1	Плотность при 20 °С, кг/м ³	924,2	920,51	951,4	947,5
2	Вязкость (мм ² /с) при: 40 °С 100 °С	54,34	61,22	94,88	103,25
		6,91	8,36	10,24	12,29
3	Индекс вязкости, ВУ	76,3	106,2	87,0	110,7
4	Соотношение вязкостей η_{40}/η_{100}	7,86	7,32	9,27	8,40
5	Показатель преломления (n_D^{20})	1,5084	1,5080	1,5289	1,5137
6	Температура застывания, °С	минус 10	минус 10	минус 10	минус 12
7	Содержание общей серы, %	0,44	0,39	0,46	0,43
8	Содержание углеводородов, %:				
	ароматических	17	10	22	6
	нафтеновых	47	59	44	69
	парафиновых	36	31	34	25

Полученные масляные фракции отличаются низким серосодержанием (до 0,5 %), хорошими температурно-вязкостными свойствами. Базовые масла, полученные путём очистки, также отличаются высоким численным значением индекса вязкости выше 100. Так, фракция 350–400 °С имеет индекс вязкости равный 106,2; фракция 400–460 °С – 110,7. С увеличением температуры кипения, плотность и показатель преломления масляных фракции естественным образом увеличиваются. Углеводородный состав, групповой, базовых масел в основном состоит из изопарафиновых, нафтеновых, ароматических и нафтоароматических углеводородов.

В соответствии с полученными результатами, опытные масляные фракции ПБ месторождения Карасязь-Таспас пригодны для производства базовых масел и проведённый анализ показал возможность производства индустриальных, моторных масел, а также смазочных консервационных материалов.

Таким образом, в работе показана перспективность применения продуктов разделения ПБ месторождения Карасязь-Таспас в народном хозяйстве.

Основной частью ПБ является остаток (~50 % масс.), характеристика которого представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристика остатка ПБ месторождения Карасязь-Таспас

Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	Дуктильность при 25 °С, см	Температура, °С		
		размягчения по КиШ	хрупкости	вспышки
29	32	56	минус 16	227

Остаток, полученный из ПБ, отличается хорошими низкотемпературными свойствами и высокой пластичностью, и по основным показателям качества близок к битумным материалам. Следует иметь в виду, что в последние годы прослеживается направленность к увеличению научных изысканий в области улучшения качества битумов с помощью компаундирования, что позволит получать более высококачественные материалы для дорожного строительства, а также специальные кровельные, гидроизоляционные, антикоррозионные, герметизирующие, изолирующие и другие материалы. Поэтому полученный остаток из ПБ месторождения Карасязь-Таспас является превосходным сырьём для получения специальных и компаундированных битумов, применяемых для дорожных, антикоррозионных и гидроизоляционных покрытий.

Таким образом, следует, что остаток ПБ, выкипающий при температуре более 460 °С, позволяет получить товарные марки битума и тем самым расширить сырьевую базу для получения качественных дорожных покрытий.

В таблице 9 приведены результаты процесса коксования ПБ месторождения Карасязь-Таспас.

Таблица 9 – Результаты процесса коксования ПБ месторождения Карасязь-Таспас

Выход, % масс.				Потери, % масс.
кокса	летучих веществ	жидкой фракции, в т.ч.		
		бензин	газойль (лёгкий + жидкий)	
25,82	6,49	5,31	60,69	1,75

Большой выход кокса (~ 26 %) в процессе коксования объясняется высокими показателями содержания смол и асфальтенов, значения которых согласуется с высоким значением коксуюемости исходного сырья.

Показатели качества кокса: влажность–0,8 %, зольность–17 %, содержание общей серы не превышает 0,2 %, что отвечает требованиям ГОСТ 22898-78.

Анализ данных показывает, что ПБ месторождения Карасязь-Таспас является ценным сырьём для коксования, которое можно рассматривать как технически целесообразный процесс, позволяющий заметно углубить

переработку углеводородного сырья и получать высококачественные остродефицитные продукты, в частности нефтяной кокс.

На основании проведенных исследований в данной работе разработаны схемы переработки природного битума, полученного из нефтешифтуминозной породы месторождения Карасязь-Таспас с применением нитритной композиции.

Разработанные варианты нетрадиционной переработки НП месторождения Карасязь-Таспас представлены на Рисунках 3 и 4.

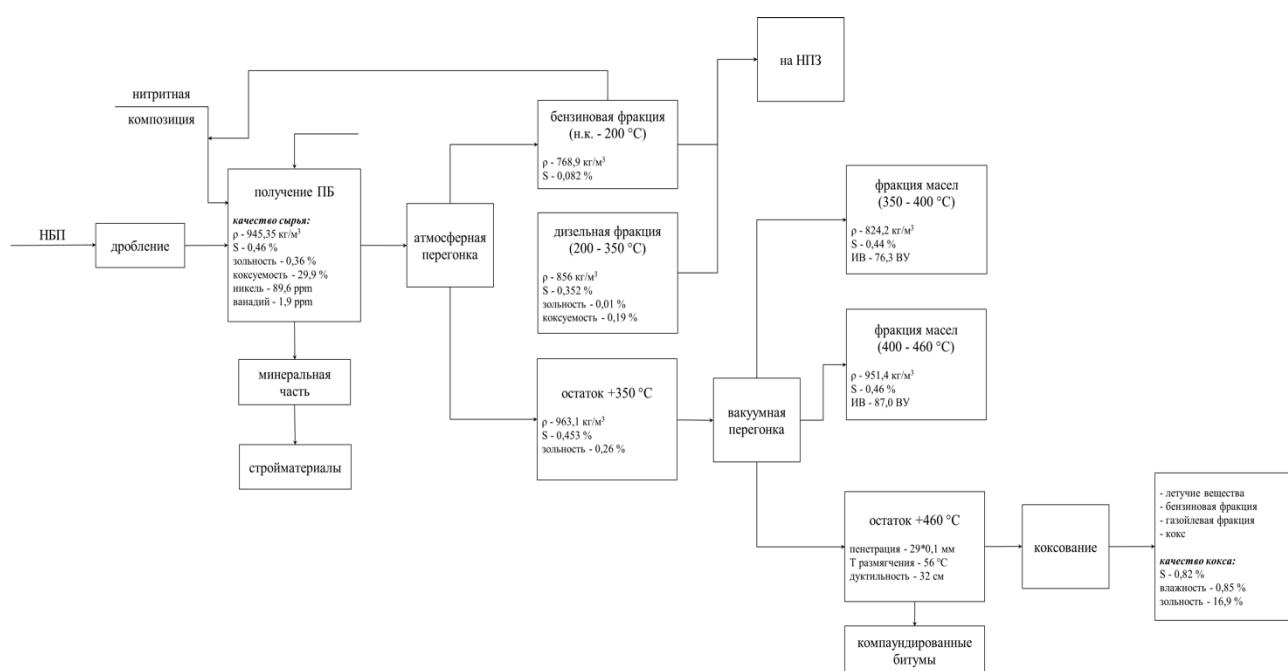


Рисунок 3 – Схема переработки НП месторождения Карасязь-Таспас (вариант 1)

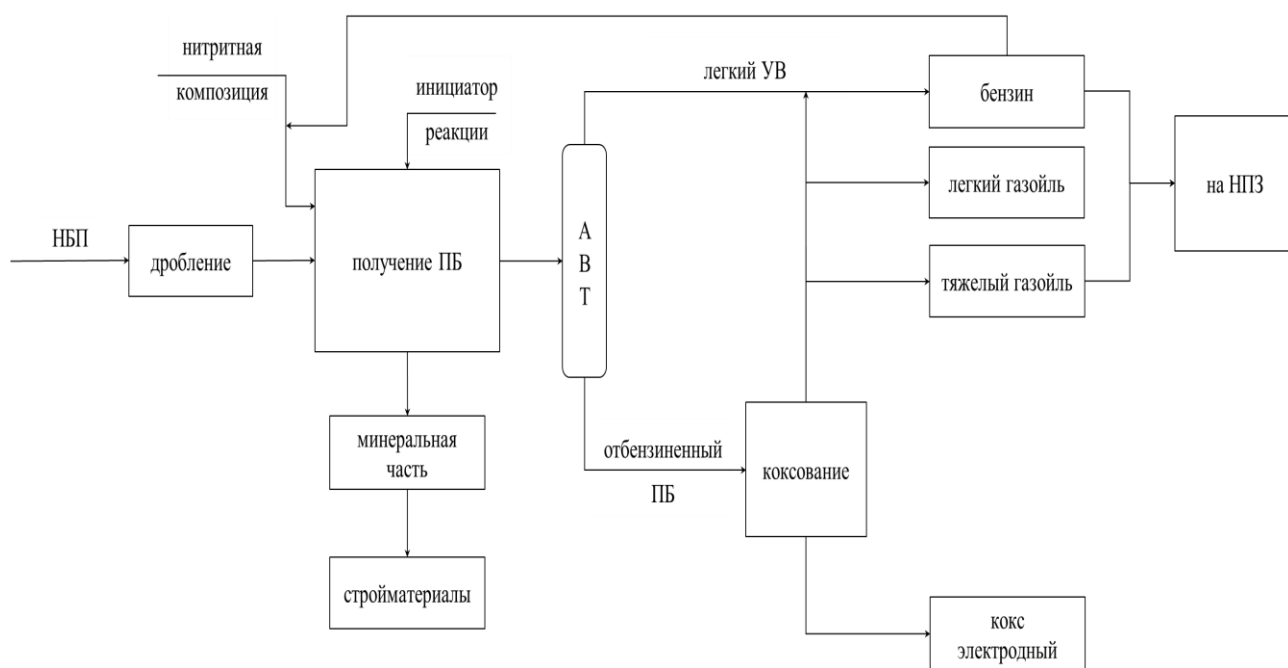


Рисунок 4 – Схема переработки НП месторождения Карасязь-Таспас (вариант 2)

Разработанные схемы представляют собой технологически несложные и одновременно эффективные процессы, на основе комплекса изученных и практически испытанных технологий. Для решения вопроса об актуальности переработки отечественного альтернативного углеводородного сырья, предложенные технологические схемы отвечают всем требованиям как с технической, так и экономической сторон. Поэтому имеется возможность реализовать мини-НПЗ на месте добычи НБП Карасязь-Таспас.

Предложенные схемы включают в себя полный цикл от подготовки сырья до получения товарного продукта, а именно от выделения и переработки ПБ из НБП месторождения Карасязь-Таспас до получения различных полупродуктов и готовой продукции. При рациональном использовании НБП, который является уникальным углеводородным сырьём, экономика Казахстана получит огромный источник материальных ценностей для многих отраслей промышленности и для развития экономики страны в целом.

В четвертой главе приведены результаты применения НБП месторождения Карасязь-Таспас без переработки в качестве компонента асфальтобетона для дорожных покрытий.

С целью перспективного применения и расширения номенклатуры дорожно-строительных материалов проведены исследования по подбору составов и изучению физико-механических свойств асфальтобетонных смесей (АБС) на основе НБП месторождения Карасязь-Таспас, в том числе её минеральной части. Оценка эффективности применения НБП месторождения Карасязь-Таспас в составе АБС проводилась путём сопоставления показателей физико-механических свойств, полученных при испытании образцов с НБП и контрольной смесью (таблица 10).

Таблица 10 – Композиционный состав асфальтобетонных смесей

Композиция	Содержание, % масс.				
	Щебень и отсев дробления фракции, мм			Минеральный порошок	НБП
	10–20	5–10	0–5		
Состав №1	18	26	50	6	–
Состав №2	11	30	20	6	33
Состав №3	15	30	17	5	33

В качестве контрольной смеси принят состав №1 с добавлением вяжущего БНД 60/90 в количестве 5,5 % масс. Физико-механические характеристики контрольного образца следующие: предел прочности при сжатиях 50 °С (R_{50}), 20 °С (R_{20}) и 0 °С (R_0) соответственно равен 1,25 МПа, 4,08 МПа и 7,52 МПа, водостойкость–0,95, водонасыщенность–3,34 % и средняя плотность составляет 2,49 г/см³.

В первоначальном шаге минеральная часть асфальтобетонной композиции изучена на зерновую составляющую. Гранулометрический состав подобран таким образом, чтобы он укладывался в пределы нормы (от 6 до 100 %) и соответствовал требованиям ГОСТ 9128-2013. В качестве добавки органических вяжущих исследованы нефтяные дорожные битумы марок БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60, строительный битум марки БН 90/10 и остаток вакуумной перегонки ПБ месторождения Карасязь-Таспас.

Выбор вяжущего определялся на основе показателей: плотность, водонасыщение и предел прочности на сжатие при 50 °С. Для улучшения вязкостных характеристик органического вяжущего использовались различные модификаторы: «КМА», «Elvaloy», «Kraton D-1184», «ТАФРАСК-Super» (TPS), «PR PLAST S», «VESTOPLAST».

Изучение влияния температур на устойчивость асфальтобетонных смесей показал, что в образцах АБС на базе НБП месторождения Карасязь-Таспас коэффициенты температурной чувствительности и теплостойкости превосходят показатели по отношению к контрольному образцу. Исследуемые образцы АБС имеют низкий коэффициент термостабильности (R_0/R_{50}). Такие свойства АБС при отрицательных температурах обеспечивают низкую жёсткость, вследствие этого асфальтобетонные покрытия будут обладать высокой трещиностойкостью. Также АБС на основе НБП месторождения Карасязь-Таспас обладают улучшенными показателями морозостойкости по сравнению с контрольным.

Основные характеристики полученных составов АБС на основе НБП месторождения Карасязь-Таспас представлены в таблице 11.

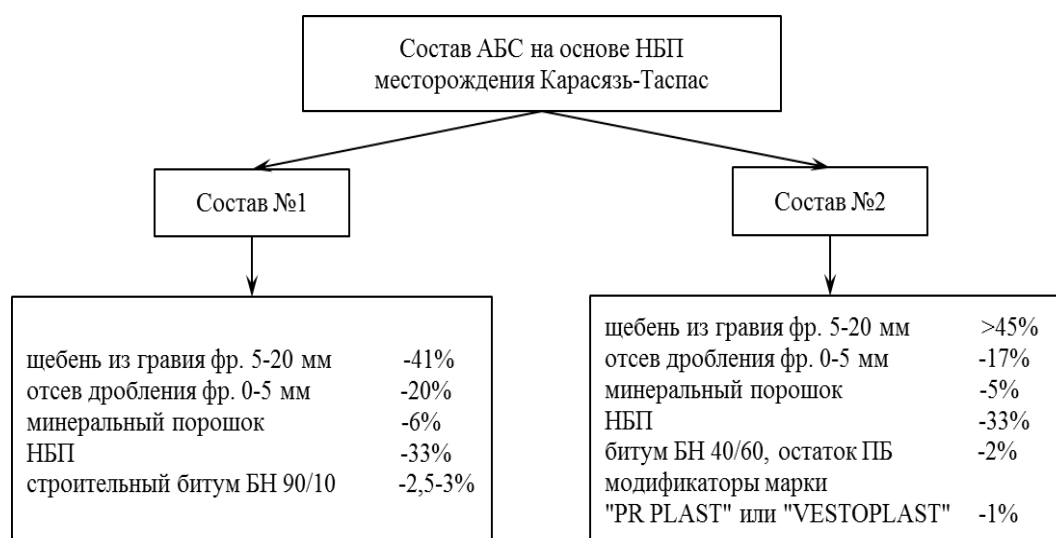
Таблица 11 – Характеристики АБС на основе НБП месторождения Карасязь-Таспас

№	Наименование показателя	Композиционный состав асфальтобетонной смеси				
		Состав №2 + БН 90/10 (3 %)	Состав №3 + БН 90/10 (2,5 %)	Состав №3 + БНД 40/60 (2 %) + PR PLAST S (1 %)	Состав №3 + остаток ПБ (2 %) + PR PLAST S (1 %)	Состав №3 + остаток ПБ (2 %) + VESTOPL AST (1 %)
1	2	3	4	5	6	7
1	Средняя плотность, г/см ³	2,45	2,47	2,42	2,36	2,38
2	Предел прочности при сжатии, МПа:					
	– 50	1,78	2,51	1,46	1,43	1,42
	– 20	4,60	4,81	3,86	3,79	3,76
	– 0	6,79	5,85	5,54	5,42	5,21
3	Водостойкость	0,92	0,96	0,96	0,95	0,96
4	Водонасыщение, %	1,78	2,93	2,51	2,45	1,75

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7
5	Коэффициент внутреннего трения	1,03	1,03	1,03	1,01	1,01
6	Сцепление при сдвиге, МПа	0,41	0,41	0,41	0,40	0,38
7	Предел прочности при расколе (0 °С), МПа	4,2	4,2	4,3	4,2	4,1
8	Потеря прочности при сжатии после замораживания-оттаивания, циклов, %					
	– 15	18,2	13,7	14,1	14,8	4,6
	– 25	20,9	22,5	19,9	20,4	22,9
	– 50	23,7	30,3	23	23,4	30,6
9	Коэффициент температурной чувствительности	0,26	0,43	0,26	0,26	0,34
10	Коэффициент термостабильности	3,81	2,33	3,79	3,79	2,96
11	Коэффициент теплостойкости	0,39	0,52	0,38	0,38	0,51

Таким образом, установлены следующие составы (% масс.) горячих АБС на основе НБП месторождения Карасязь-Таспас:



Выполненные исследования показали техническую возможность применения НБП месторождения Карасязь-Таспас в качестве компонентов горячих асфальтобетонов марки I типа Б, которые обеспечивают прочностные и эксплуатационные показатели дорожного покрытия.

Согласно результатам полученных научных исследований, произведён расчёт экономического эффекта АБС на базе НБП Карасязь-Таспас.

Установлено, что применение НБП месторождения Карасязь-Таспас в составах АБС ведёт к экономии нефтяных битумов до 32 %. Использование остатка вакуумной перегонки ПБ позволяет значительно снизить стоимость асфальтобетона (до 55 %). Экономический эффект достигается за счёт количественного сокращения органических вяжущих в составе композиции АБС

(с 7–8 % до 2–3 %) и повышения эксплуатационного срока дорожных покрытий за счёт совершенствования их характеристик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан и защищён патентом Республики Казахстан новый процесс получения органической части (природного битума) из нефтебитуминозной породы (НБП) с применением нитритной композиции в виде эмульсии. Установлено, что глубокое извлечение органической части до 98 % достигается при температуре до 90 °С и продолжительности процесса до 45 минут. Высокая температура достигается за счёт экзотермической реакции (не требующей дополнительных энергозатрат) компонентов состава эмульсий и водородного показателя (рН) среды.

2. Изучен индивидуальный углеводородный состав, физико-химические свойства и определён потенциальный выход дистиллятных фракций НБП месторождения Карасязь-Таспас. Установлено, что природный битум (ПБ), выделенный нитритной композицией, относится к классу богатых НБП (содержание органической части выше 10 % масс.), вязких малт и является альтернативным источником сырья для нефтехимии. Особенностью исследованного ПБ является низкое содержание серы и повышенное содержание масел.

3. Выявлено, что минеральная часть НБП месторождения Карасязь-Таспас представлена преимущественно глинистой фракцией с примесью песчаной фракции мелкозернистой и алевритовой размерности. Элементный состав представлен O, Al, Si, K, Fe, Ca, входящих в состав кварца (80 %), полевых шпатов (12 %) и глинистых минералов: гипс (3 %), магнезит (1 %), слюда (1 %), лимонит (1 %) и пирит (2 %). Также методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии в минеральной части НБП обнаружено железо, марганец, свинец и ванадий. Минеральная часть НБП имеет плотный поверхностный слой и микропористую структуру, которая по зерновому составу и модулю упругости относится к группе тонкий (класс II).

4. Установлен детальный анализ дистиллятных фракций разделения ПБ месторождения Карасязь-Таспас. Полученные результаты показывают о возможности вовлечения в промышленную переработку НБП казахстанских месторождений в качестве альтернативного источника углеводородного сырья. Результаты комплексных исследований продуктов разделения ПБ месторождения Карасязь-Таспас доказывают перспективность данного углеводородного сырья – в качестве одного из альтернативных источников

получения энергетических ресурсов в Казахстане и необходимость дальнейшего развития данного направления.

5. Разработаны вариации схем комплексной переработки НБП, что подтверждает целесообразность их использования как перспективного и многоцелевого сырья, для получения высококачественных нефтепродуктов широкого ассортимента. Наиболее рентабельное направление переработки ПБ, полученного из НБП месторождения Карасязь-Таспас – переработка по топливно-коксовому варианту, с последующим получением продуктов для народного хозяйства.

6. Получены положительные результаты и обоснована техническая возможность применения НБП месторождения Карасязь-Таспас в качестве компонента асфальтобетонной смеси (АБС) для дорожно-строительных целей без дополнительной переработки. Подобраны составы АБС и смеси каменных материалов, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 9128-2013 и превосходящие по всем физико-механическим, прочностным и эксплуатационным показателям аналогичные традиционному горячему асфальтобетону марки 1 типа Б.

7. Выявлено, что применение НБП месторождения Карасязь-Таспас в составах АБС ведёт к экономии нефтяных битумов до 32 %, а использование остатка вакуумной перегонки ПБ позволяет значительно снизить себестоимость асфальтобетона (до 55 %). Экономический эффект достигается за счёт снижения расхода нефтяного битума в составе композиции АБС (с 7–8 % до 2–3 %), кроме того повышения межремонтных сроков эксплуатации дорожных покрытий в следствии усовершенствования их характеристик.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих научных трудах:

в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Ayapbergenov Y.O. Technology for extraction of natural bitumen from oil bituminous rock of Karasyaz-Taspas field / Ayapbergenov Y.O., Akhmetov A.F., Turkpenbayeva B.Zh., Chizhov A.P. // Вестник Технологического университета. – 2023. – Vol. 26. – No. 12. – P. 93–96.

2. Аяпбергенов Е.О. Применение нефтебитуминозной породы месторождения Карасязь-таспас в качестве асфальтобетона / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Химическая промышленность сегодня. – 2019. – №5. – С. 10–17.

3. Аяпбергенов Е.О. Переработка нефтебитуминозной породы месторождения Карсыязь-Таспас / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Труды Академэнерго. – 2019. – №2. – С. 25–37.

4. Аяпбергенов Е.О. Дорожные покрытия на основе нефтебитуминозной породы месторождения Карасязь-Таспас / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. –2019. –№7. –С. 10–18.

5. Аяпбергенов Е.О. Металлоносность органической и минеральной части нефтебитуминозной породы / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. –2018. –№1. –С. 148–152.

6. Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. Состав и структурные характеристики компонентов нефтебитуминозной породы месторождения Карасязь-Таспас / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Башкирский химический журнал. –2016. – №2. –Том 23. –С. 20–25.

в иных изданиях:

7. Аяпбергенов Е.О. Қарасаз-Таспас кен орнының қирын ыстық асфальтбетондардың құрамдас бөлігі ретінде қолдану / Аяпбергенов Е.О., Бусурманова А.Ч., Аккенжеева А.Ч., Аимова М.Ж., Енсененова У.К., Мустапаева Г.Т., Гусманова А.Г., Койшина А.И. // Нефть и газ. – 2023. – № 3 (135). – С. 149–163.

8. Аяпбергенов Е.О. Разработка перспективных асфальтобетонных смесей на основе НБП (кир) месторождения Карасязь-Таспас / Аяпбергенов Е.О., Турмекбаева М.Б., Акмуратов К.А. // Yessenov Science Journal. –2018. –№2. – С. 57–60.

9. Аяпбергенов Е.О. Структурно-групповой состав органической составляющей нефтебитуминозной породы Карасязь-Таспасского месторождения Мангышлака // Химический журнал Казахстана. –А.: АО Орден трудового знамени «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова». –2015. – №3(5). –С. 206–210.

10. Аяпбергенов Е.О. Композиционная смесь полибутадиенового каучука с товарным битумом / Аяпбергенов Е.О., Зейналова К.Э. // Современные научные исследования и инновации. –2012. –№10(18). –С. 85–89.

в патентах:

11. Патент РК №2017/0918.1, 08.02.2019. Нитритная композиция для извлечения битума из нефтебитуминозной породы // Патент Республики Казахстан №33435. 2019. Бюл. №6. / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф.

в материалах научных конференций:

12. Аяпбергенов Е.О. Практическая целесообразность использования природного битума месторождения Карасязь-Таспас в дорожном строительстве / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф., Аккенжеева А.Ш. // Материалы LVII

Международной научно-практической конференции «Eurasiascience». – Москва, 2023. – С. 92–93.

13. Аяпбергенов Е.О. Нефтебитуминозная порода месторождения Карасязь-Таспас – прогрессивный материал для дорожного строительство / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные методы разработки месторождения с трудноизвлекаемыми запасами и нетрадиционными коллекторами». Атырау, 2019. – С. 72–80.

14. Аяпбергенов Е.О. Исследование продуктов разделения природного битума / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Материалы международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы эксплуатации зрелых месторождений». – Актау, 2019. – С. 228–235.

15. Аяпбергенов Е.О. Изучение мателлоносности нефтебитуминозной породы / Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. // Материалы международной научно-практической конференции «Методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти». – Актау, 2018. – С. 310–315.

16. Аяпбергенов Е.О. Металлоносность органической части составляющей нефтебитуминозной породы // Сборник материалов VI Молодежной научно-технической конференции «Наукоемкие химические технологии-2015». – Москва, 2015. – С. 7.

17. Аяпбергенов Е.О. Природный битум Западного Казахстана – прогрессивный материал в дорожном строительстве // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития науки: вчера, сегодня, завтра». – Великобритания, Лондон, 2015. – С. 53–55.

18. Аяпбергенов Е.О. Физико-химические исследования органической и минеральной части нефтебитуминозных пород (кир) месторождения Карасязь-таспас // Материалы Международного молодёжного научного форума «Ломоносов-2015». – Москва, 2015.

19. Аяпбергенов Е.О. Металлоносность минеральной части битуминозного песка Карасязь-Таспасского месторождения / Аяпбергенов Е.О., Батманов К.Б. // Сборник тезисов 69-ой Международной молодёжной научной конференции «Нефть и газ – 2015». – Москва, 2015. – Т.2. – С. 115.

20. Аяпбергенов Е.О. Исследование органической части нефтебитуминозных пород Карасязь-Таспасского месторождения / Аяпбергенов Е.О., Батманов К.Б. // Сборник тезисов 69-ой Международной молодёжной научной конференции «Нефть и газ – 2015». – Москва, 2015. – Т.2. – С. 116.