

Перспективы и комплексные технологии переработки нефтебитуминозных пород Казахстана

Е.О. Аяпбергенов^{1,3*}, Б.Ж. Туркпенбаева¹, А.Ф. Ахметов², М.Б. Туркменбаева³,
А.Ш. Аккенжеева³, А.Ч. Бусурманова³, А.К. Шакирова⁴

¹Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» «КазНИПИмунайгаз», 35 микр., 6 здание, Актау, Казахстан

²ФГАОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», ул. Космонавтов, 1, Уфа, Башкортостан

³НАО «Каспийский университет технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова», 32 микр., 1 здание, Актау, Казахстан

⁴АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», ул. Уалиханова, 106, Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

В условиях истощения запасов традиционных углеводородных ресурсов возрастает интерес к освоению нетрадиционных источников сырья, включая природные битумы (ПБ) и нефтебитуминозные породы (НБП). В настоящей статье представлены результаты комплексных научных исследований, направленных на изучение физико-химических характеристик и состава природного битума месторождения Карасязь-Таспас (Мангистау, Казахстан), а также на разработку эффективных технологических решений по его глубокой переработке. Проведен всесторонний анализ элементного, группового и фракционного составов природного битума, на основе которого установлена его технологическая ценность как сырья для получения широкого спектра целевых продуктов – топливных дистиллятов, базовых масел и строительных битумов. На основе экспериментальных данных обоснована возможность эффективного извлечения природного битума с использованием нитритной композиции, а также проведена оценка потенциала дистиллятных и остаточных продуктов. Установлено, что дистиллятные фракции могут быть использованы в качестве компонентов моторных топлив и смазочных материалов, а остаточные продукты пригодны для производства дорожных и строительных битумов. Разработаны и предложены технологические решения комплексной переработки природного битума. Полученные результаты подтверждают перспективность комплексного освоения нефтебитуминозных пород Казахстана как источника ценных углеводородных ресурсов, что открывает возможности для расширения сырьевой базы и способствует развитию нефтехимической отрасли Казахстана.

Ключевые слова: нефтебитуминозная порода, природный битум, Карасязь-Таспас, переработка, дистиллятные фракции, базовые масла, комплексная технология переработки.

1. Введение

Сегодня нефть остается одним из основных источников энергии, обеспечивая более 30% мирового энергопотребления. К странам, обладающим наибольшими подтвержденными запасами нефти, относятся Венесуэла (17,5%), Саудовская Аравия (17,2%), Канада (9,8%), Иран (9,0%), Ирак (8,4%) и Россия (6,2%) [1].

В условиях истощения запасов традиционных легких нефтей возрастает интерес к освоению аль-

тернативных источников углеводородного сырья, таких как тяжелые высоковязкие нефти (ВВН) и природные битумы (ПБ) нефтебитуминозных пород (НБП). В отличие от легкой нефти данный вид углеводородного сырья характеризуется высокой вязкостью (50-10 000 мПа·с) и плотностью (920-1000 кг/м³), а также повышенной склонностью к коксообразованию вследствие значительного содержания асфальто-смолистых веществ (АСВ). Несмотря на существующие технологические трудности, связанные с извлечением (экстракцией) и переработкой, нетрадиционные углеводороды обладают значительным потенциалом для развития топливно-энергетического комплекса.

**Ответственный автор*

E-mail: E.Ayapbergenov@kmg.kz

Согласно данным [2], около 73,4% мировых извлекаемых запасов нетрадиционного углеводородного сырья сосредоточены в Северной Америке, Центральной Азии и России, а также в Центральной и Южной Америке. Извлекаемые запасы в Северной Америке оцениваются в 1502,0·10⁸ т, что составляет 35,7% от общемирового объема, где преобладают сланцевые нефти, НБП и ВВН. Основными видами нетрадиционных углеводородных ресурсов в Центральной Азии и России являются ПБ и НБП, суммарные запасы которых составляют 960,9·10⁸ т, что эквивалентно 22,8% от общемирового объема. В Центральной и Южной Америке извлекаемые запасы оцениваются в 627,2·10⁸ т или 14,9% от мирового уровня, с преобладанием ВВН и сланцевой нефти (табл. 1).

Расширение минерально-сырьевой базы Казахстана, а также перспективы ее устойчивого развития в будущем требуют наряду с традиционно используемым сырьем (нефтью, газом) освоения новых источников углеводородного сырья. Одним из таких альтернативных источников сырья является ПБ (кир), который служит комплексным материалом и может использоваться в различных отраслях промышленности. Казахстан располагает существенными запасами НБП, значительная часть которых локализована в Западном регионе страны [3]. Согласно оценкам, приведенным в работе [4], прогнозные ресурсы тяжелого углеводородного сырья в Казахстане составляют свыше 125-350 млн. т природного битума и порядка 20-25 млрд. т нефтебитуминозных (кировых) пород.

Недостаточная проработанность ряда технических и технологических аспектов, связанных с добычей и переработкой ПБ, а также экономических, сдерживает в настоящее время широкое промышленное освоение НБП. Вместе с тем на ближайшую перспективу, по крайней мере в отдельных областях народного хозяйства, таких как дорожное строительство и извлечение металлов, ПБ, вероятно, станут важным дополнительным источником сырья.

Таким образом, переработка НБП, как одного из видов нетрадиционного углеводородного сырья, представляет собой перспективное направление, способствующее расширению ресурсной базы топливно-энергетического комплекса. Комплексное освоение НБП обеспечивает получение широкого спектра ценных продуктов – топливных компонентов, смазочных материалов, промежуточных продуктов органического синтеза, строительных и дорожных битумов. В связи с этим особую научную и практическую значимость приобретает разработка эффективных технологических решений, направленных на извлечение и последующую переработку органической составляющей НБП.

Сегодня Канада является мировым лидером в области подготовки и переработки тяжелого углеводородного сырья, ресурсы и запасы которого оцениваются в несколько триллионов баррелей. В настоящее время в Канаде добываются два основных типа нефти: традиционная и нефть из НБП. Извлекаемая НБП содержит в среднем до 60% ПБ, около 30% воды и до 10% механических примесей [5].

Таблица 1. Распределение извлекаемых ресурсов нетрадиционного углеводородного сырья в мире

Регион	Извлекаемые ресурсы нетрадиционного углеводородного сырья, · 10 ⁸ т	Доля в %			
		сланцевой нефти	тяжелой нефти	НБП	трудно извлекаемой нефти
Северная Америка	1 502,0	46,5	21,2	26,3	6,0
Центральная Азия и Россия	960,9	59,4	13,7	18,9	8,0
Центральная и Южная Америка	627,2	23,9	65,2	0	10,9
Европа	479,5	73,8	17,2	3,7	5,3
Ближний Восток	291,7	35,1	60,6	0	4,3
Африка	198,5	34,3	31,9	12,3	21,5
Азиатско-Тихоокеанский регион	149,8	24,0	44,9	0	31,1
Всего	4 209,4	47,0	29,7	14,7	8,6

В работах [5-7] представлен обзор современных технологий переработки тяжелого нефтяного сырья, включая ВВН и ПБ. Проанализированы новые подходы к переработке тяжелой нефти (ТН), а также выполнено сравнительное исследование различных технологических процессов. Каталитические процессы с участием водорода являются эффективным методом переработки ВВН и ПБ, обеспечивая высокий выход и качество дистиллятов за счет гидрирования продуктов термической деструкции и удаления серо-, азот- и кислородсодержащих соединений. Однако их применение ограничено высокой стоимостью, быстрой деактивацией катализаторов вследствие присутствия металлоорганических соединений, значительной металлоемкостью оборудования, жесткими условиями проведения процессов и высоким расходом водорода. Тем не менее, гидрокаталитические технологии остаются приоритетным направлением в переработке ВВН и ПБ. В зарубежной практике термические и экстракционные методы рассматриваются как стадии первичной подготовки тяжелого сырья, направленные на получение синтетической нефти с пониженной вязкостью, пригодной для трубопроводного транспорта. Одним из перспективных решений в этом направлении являются процессы деасфальтизации.

Известны также технологические подходы к переработке тяжелой нефти (ТН) и ПБ [8], основанные на разделении сырья на дистиллятные и остаточные фракции. Остаточные фракции, как правило, используются в качестве котельного топлива и в производстве битумной продукции. Перед фракционированием поток ТН и/или ПБ разделяют на основной, направляемый на разделение, и дополнительный, используемый для компаундирования с дистиллятными фракциями, выделяемыми из основного потока. В результате получают продукт, приближенный по свойствам к «синтетической» нефти. Предлагаемый способ переработки ТН и/или ПБ обладает рядом существенных преимуществ – обеспечивает увеличение выхода целевого продукта, а также позволяет регулировать как количественные, так и качественные характеристики получаемой «синтетической» нефти.

В целом, рациональное использование данного ценного сырья необходимо осуществлять по комплексной схеме, предусматривающей его глубокую переработку с целью получения ценных компонентов, включая редкоземельные элементы.

Следовательно, актуальность поиска альтернативных и нетрадиционных технологических

решений, направленных на повышение эффективности извлечения ценных компонентов из НБП на этапах их добычи и переработки, остается высокой. В связи с этим продолжают научные исследования, ориентированные на разработку эффективных и комплексных технологических схем промышленного освоения НБП.

Целью данной работы является разработка комплекса технологических решений, направленных на эффективную переработку ПБ Мангышлака.

2. Материалы и методы исследования

Объектом настоящего исследования выбраны НБП крупного и перспективного месторождения Мангышлака – Карасязь-Таспас (Беке). Месторождение расположено на юге Мангышлакского полуострова, в 53 км северо-западнее города Озен и в 40 км от поселка Жетыбай. С тектонической точки зрения месторождение приурочено к наиболее возвышенной части свода Беке-Баскудукской мегантиклинали, известной как Карасязь-Таспасская антиклинальная складка. По степени геологической изученности и объемам разведанных запасов месторождение оценивается как перспективное, что создает предпосылки для планирования добычи и переработки НБП.

Следует особо отметить, что месторождение ПБ обнажается на поверхности либо характеризуется крайне низкими значениями коэффициента вскрышки (< 1). Это является несомненно благоприятным фактором при промышленной разработке месторождения как с практической, так и с экономической точек зрения.

Извлечение ПБ из НБП осуществлялось с использованием нитритной композиции [9, 10], включающей следующие компоненты: хлорид аммония, ингибированную соляную кислоту, нитрит натрия, пентан-гексановую фракцию, ПАВ-эмульгатор и воду.

Для разделения мальтенов на узкие группы углеводородов использовался адсорбционно-хроматографический метод, подробно изложенный в работе [11]. Перегонка ПБ при атмосферном давлении и под вакуумом проводилась на автоматической дистилляционной установке EuroDist Combi в соответствии с методиками ASTM D 2892 и ASTM D 5236.

Физико-химические свойства полученных образцов ПБ и продуктов разделения определялись в соответствии с действующими стандартами: плотность и вязкость на вискозиметре

Штабингера модели «SVM 3000» по СТ РК ASTM D 4052-2013; элементный состав на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GF1E» согласно МВИ №09-2017; зольность по ГОСТ 1461-75; коксуюемость по ГОСТ 19932-99; температура застывания, помутнения и кристаллизации на автоматическом аппарате для определения свойств холодостойкости «PSA-70Xi» по ГОСТ 20287-91; фракционный состав на автоматическом аппарате разгонки нефти АРН ЛАБ-11 по ГОСТ 2177-99; температура вспышки в открытом и закрытом тиглях, соответственно, на автоматических приборах модели «АСО-7» и Пенски-Мартенсу модели «АРМ-7» по ГОСТ 4338-91 и ГОСТ 4333-2014; дуктильность на анализаторе растяжимости модели «DDA-3» согласно ГОСТ 11505-75; температура размягчения по ГОСТ 11506-73 на анализаторе модели «RKA-5» по методу КиШ; глубина проникания иглы на пенетрометре модели «PNR-12» согласно ГОСТ 11501-78».

3. Результаты и обсуждение

Выделенный ПБ представляет собой смолоподобное вещество типа мальт – вязкую, черную массу с характерным запахом. Физико-химические характеристики ПБ месторождения Карасязь-Таспас представлены в табл. 2.

Физико-химические свойства подтверждают тяжелый характер ПБ месторождения Карасязь-Таспас. По результатам элементного анализа установлено, что массовое содержание углерода (С) составляет 84,3%, водорода (Н) – 11,5%, кислорода (О) – 3,2%, азота (N) – 0,54% и серы (S) – 0,46%. Низкое содержание серы в составе ПБ обуславливает его экологическую безопасность и определяет перспективность данного углеводородного сырья для последующей переработки.

Групповой химический анализ показал, что основную долю компонентов ПБ составляют масла (~59%), представленные преимущественно ПН (23,5%) и ароматическими структурами МЦА (15,1%), БЦА (8,2%) и ПЦА (12%). Примечательно, что содержание спиртобензольных смол (20,0%) значительно превышает долю бензольных смол (7,2%), что свидетельствует о высокой степени окисленности органической части НБП, сформировавшейся в природных условиях. Содержание асфальтенов составляет 13,9%, что соответствует показателям, характерным для тяжелого углеводородного сырья.

Таблица 2. Физико-химические характеристики извлеченного ПБ месторождения Карасязь-Таспас

№	Показателя	Значение
1	Плотность при 20 °С, кг/м ³	945,35
2	Зольность, %	0,36
3	Коксуюемость, %	29,9
4	Элементный состав, %:	
	– углерод (С)	84,34
	– водород (Н)	11,45
	– кислород (О)	3,21
	– азот (N)	0,54
	– сера (S)	0,46
5	Групповой состав, %:	
	– асфальтенов	13,90
	– масел, в том числе	58,89
	– парафинафтеновые (ПН)	23,49
	– моноциклоароматические (МЦА)	15,12
	– бициклоароматические (БЦА)	8,24
	– полициклоароматические (ПЦА)	12,04
	– смол, в том числе	27,21
	– бензольные (Б)	7,18
	– спиртобензольные (СБ)	20,03
6	Фракционный состав, %:	
	– бензиновая фракция (< 180 °С)	1,38
	– дизельная фракция (180-350 °С)	14,67
	– масляные дистилляты фракции:	
	– 350-400 °С	13,44
	– 400-460 °С	18,68
	– остаток (> 460 °С)	51,83

Фракционный состав ПБ месторождения Карасязь-Таспас характеризуется низким содержанием легких углеводородов. Выход бензиновой фракции (< 180 °С) составляет 1,4%, дизельной фракции (180-350 °С) – 14,7%. Масляные дистилляты, выкипающие в диапазоне температур 350-460 °С, составляют в совокупности 32,1%. Остаток, выкипающий при температуре > 460 °С, достигает 51,8% [12].

Изучение физико-химических свойств, а также элементного и группового составов органической части (ПБ) НБП месторождения Карасязь-Таспас позволило отнести ее к классу мальт. Выделенный ПБ представляет интерес для применения в качестве топлива и глубокой переработки с целью получения смазочных и специализированных нефтехимических продуктов.

Для выбора комплекса технологических решений по переработке ПБ месторождения Карасязь-Таспас была проведена перегонка при

атмосферном давлении и под вакуумом на автоматической установке. В результате проведенных исследований было получено около 17% атмосферных и порядка 33% вакуумных дистиллятов. Массовая доля остатка составила 48%. Таким образом, общий выход дистиллятных фракций достиг примерно 50% при потере 2,1%.

В табл. 3 приведены физико-химические характеристики дистиллятных фракций ПБ месторождения Карасязь-Таспас.

Приведенные в табл. 3 результаты свидетельствуют о высоком потенциале переработки ПБ месторождения Карасязь-Таспа, применимого как в топливном, так и нефтехимическом направлениях. Бензиновая фракция (до 180 °С) обладает потенциалом применения в качестве сырья для каталитического риформинга с целью получения высокооктановых компонентов моторных бензинов. После соответствующей очистки она может быть использована также в качестве прямогонного компонента товарных автобензинов и бензин-растворителей, востребованных в ла-

кокрасочной промышленности. Дизельная фракция (180-350 °С) по ряду ключевых физико-химических характеристик сопоставима с дизельным топливом марки «Л», что позволяет рассматривать ее в качестве перспективного сырья для получения дизельных топлив, требующих дополнительной очистки и облагораживания. Фракции с температурой кипения свыше 350 °С представляют собой многокомпонентное сырье, пригодное для применения в качестве топлива для промышленных печей и паровых котлов, а также для производства мазута (в т.ч. судового и флотского), котельного и тяжелого моторного топлива для крейцкопфных дизельных и бункерных топлив. Кроме того, данная фракция может служить исходным сырьем для получения моторных масел-основ, смазочных материалов, битумов и нефтяного кокса.

На сегодняшний день на территории Республики Казахстан отсутствует собственное производство смазочных масел, в результате чего весь объем потребляемой продукции импортируется,

Таблица 3. Физико-химические свойства дистиллятных фракций ПБ месторождения Карасязь-Таспас

№	Наименование показателя	Фракция		
		бензиновая н.к. – 200 °С	дизельная 200-350 °С	мазута > 350 °С
1	Плотность при 20 °С, кг/м ³	768,90	856	963,10
2	Массовая доля серы, % мас.	0,082	0,352	0,453
3	Кислотность/кислотное число, мг КОН на 100 см ³	0,82	4,17	–
4	Водорастворимые кислоты и щелочи	отсутствует	отсутствует	отсутствует
5	Концентрация фактических смол, мг на 100 см	0,75	–	–
6	Температура застывания, °С	–	минус 20	минус 20
7	Температура помутнения, °С	–	минус 16	минус 17
8	Кинематическая вязкость (мм ² /с) при			
	20 °С	–	5,32	–
	40 °С	–	–	20,93
	50 °С	–	–	14,90
	80 °С	–	–	6,65
	100 °С	–	–	4,42
9	Зольность, % мас.	–	0,01	0,26
10	Коксуемость (10 %-ного остатка), %	–	0,19	–
11	Температура вспышки в закрытом тигле, °С	–	44	142
12	Фракционный состав:			
	н.к., °С	40	–	–
	10 %	73	–	–
	50 %	114	278	–
	90 %	188	–	–
	95 %	–	358	–
	к.к., °С	196	–	–

что сопряжено с существенными финансовыми затратами на ее приобретение и транспортировку. По имеющимся оценкам [13], ежегодная потребность внутреннего рынка в смазочных материалах составляет порядка 600 тыс. т в год и демонстрирует устойчивую тенденцию к росту в связи с развитием транспортной инфраструктуры, увеличением числа энергетических объектов и расширением промышленного сектора страны. Рост потребности в моторных топливах и смазочных материалах в сочетании с наличием в республике уникального по составу углеводородного сырья обуславливает необходимость развития процессов глубокой переработки. Использование существующих мощностей отечественных нефтеперерабатывающих заводов с адаптацией технологических решений под специфику местного сырья представляет собой приоритетное направление развития нефтехимической отрасли [14].

Следует отметить, что базовые масла служат основой для производства минеральных и полусинтетических смазочных материалов. Товарные смазочные масла различных типов с улучшенными эксплуатационными характеристиками получают путем комбинирования базовых масел со специально подобранными присадками, обеспечивающими требуемые физико-химические и эксплуатационные свойства готового продукта.

Для изучения потенциального содержания масел в ПБ были выделены дистиллятные фракции с температурными интервалами кипения 350-400 °C и 400-460 °C с использованием традиционной технологической схемы, включающей последовательное проведение термических и аналитических процессов. Очистка выделенных фракций осуществлялась с применением отбеливающей глины при температуре 170-200 °C в течение 25-30 минут. В результате атмосферно-вакуумной перегонки ПБ были получены легкие и средние масляные фракции, суммарный выход которых составил порядка 33% от массы исходного сырья. Эксплуатационные характеристики полученных масляных фракций приведены в табл. 4.

Установлен потенциал и показаны возможности производства из ПБ месторождения Карасязь-Таспас востребованных нефтепродуктов, в частности базовых масел, характеризующихся высоким качеством по показателям серы, индексу вязкости, что открывает возможности их производства. Проведенный комплексный анализ подтверждает возможности получения на их основе промышленных и моторных масел, а также консервирующих смазочных материалов.

Таблица 4. Физико-химические характеристики масляных фракций ПБ месторождения Карасязь-Таспас

№	Наименование показателя	350-400 °C	400-460 °C
1	Плотность при 20 °C, кг/м ³	920,51	947,50
2	Содержание общей серы, %	0,39	0,43
3	Вязкость (мм ² /с) при:		
	40 °C	61,22	103,25
	100 °C	8,36	12,29
4	Индекс вязкости, ВУ	106,20	110,70
5	Соотношение вязкостей n40/n100	7,32	8,40
6	Показатель преломления (n20D)	1,5080	1,5137
7	Температура застывания, °C	минус 10	минус 12

Отмечено, что основной частью ПБ является остаток. В связи с этим рассмотрена целесообразность получения битумов (табл. 5). Анализ полученных данных в табл. 5 показал, остаток ПБ обладает хорошими низкотемпературными свойствами и высокой пластичностью. По ряду ключевых показателей качества сопоставим с традиционными битумными материалами. В условиях современной технологической направленности, ориентированной на повышение эксплуатационных характеристик битумов посредством компаундирования и модификации, остаток ПБ месторождения Карасязь-Таспас представляет собой перспективное сырье для получения специализированных битумных материалов. Он может быть использован при производстве дорожных покрытий, а также кровельных, гидроизоляционных, антикоррозионных, герметизирующих, изолирующих и других специализированных материалах.

Таблица 5. Физико-химические характеристики остатка ПБ месторождения Карасязь-Таспас

№	Наименование показателя	Результат
1	Пенетрация при 25 °C, 0,1 мм	29
2	Температура размягчения по КиШ, °C	56
3	Дуктильность при 25 °C	32
4	Температура хрупкости, °C	минус 16
5	Температура вспышки, °C	227

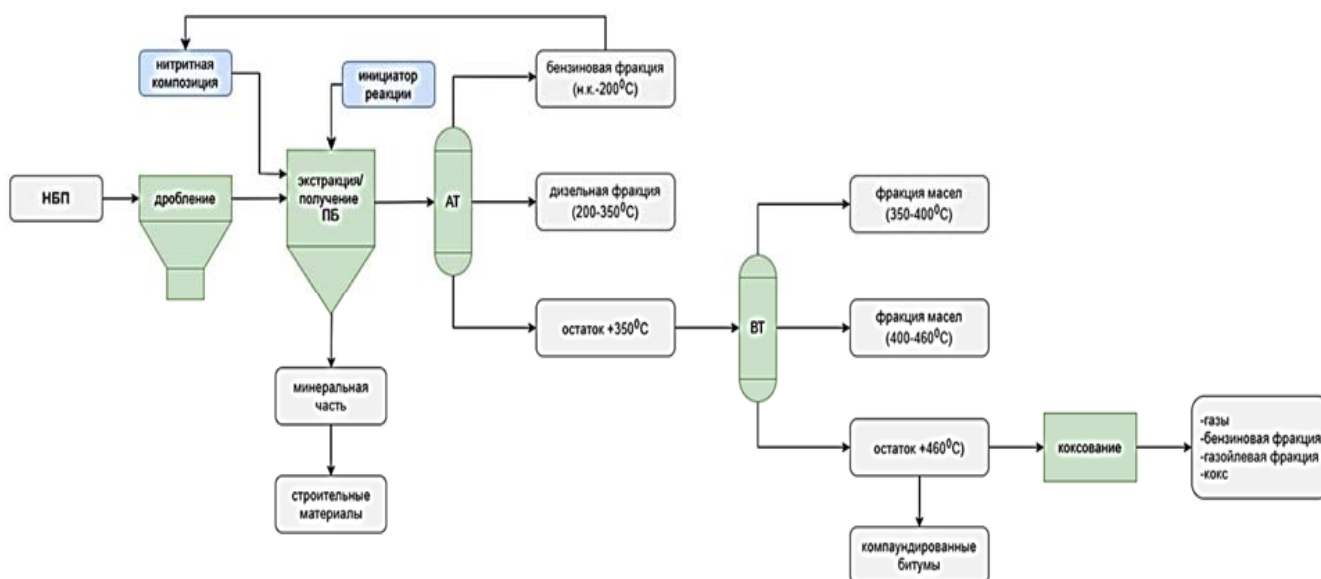


Рис. 1. Схема переработки НБП месторождения Карасязь-Таспас (вариант 1)

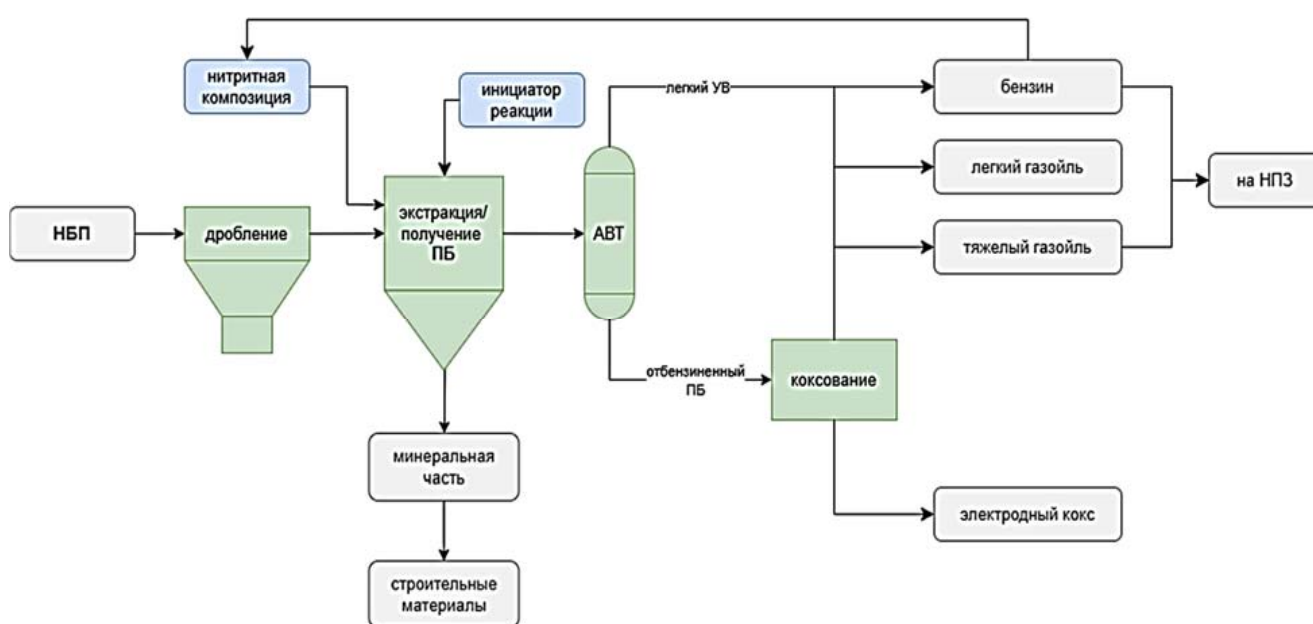


Рис. 2. Схема переработки НБП месторождения Карасязь-Таспас (вариант 2)

4. Технические и технологические решения

На основании проведенных исследований предложены технологические решения по переработке ПБ, выделенного из НБП месторождения Карасязь-Таспас (рис. 1 и 2).

Разработанные в рамках проведенных исследований технические решения представляют собой технологически реализуемые и одновременно эффективные процессы, основанные на комплексе всесторонне изученных и апробированных на практике технологических подходов. Основным преимуществом предложенных

решений является их адаптивность к условиям действующих производственных объектов, а также возможность внедрения без необходимости строительства капитальной инфраструктуры. Обоснована техническая целесообразность размещения модульного мини-НПЗ непосредственно на территории добычи НБП. Реализация данного подхода позволит снизить транспортные расходы, повысить экономическую эффективность переработки углеводородного сырья и обеспечить выпуск качественных продуктов (топлива, масел, битума и т.д.) для народного хозяйства.

4. Заключение

В результате проведенных комплексных исследований разработаны и предложены новые технологические решения по переработке ПБ месторождения Карасязь-Таспас. Основные научные и прикладные результаты:

– впервые выполнена комплексная оценка физико-химических характеристик продуктов разделения ПБ, на основании которой обоснована их пригодность для различных направлений глубокой переработки и получения целевых продуктов с высокой добавленной стоимостью;

– разработаны и экспериментально обоснованы варианты технологических схем переработки ПБ, позволяющие получить товарную продукцию (топливные дистилляты, базовые масла и битум различного назначения), востребованную в различных отраслях народного хозяйства;

– установлена возможность интеграции предложенных решений в модульные мини-НПЗ установки с размещением непосредственно на территории добычи НБП, что позволяет существенно снизить транспортные расходы и повысить экономическую эффективность переработки.

Полученные результаты подтверждают перспективность практического использования продуктов разделения ПБ месторождения Карасязь-Таспас в качестве альтернативного источника углеводородного сырья и энергетических ресурсов. Это подчеркивает актуальность дальнейших научных исследований, направленных на расширение технологических возможностей освоения аналогических нетрадиционных видов углеводородного сырья.

Таким образом, предложенные технологические решения охватывают весь производственный цикл – от извлечения ПБ до получения конечной продукции. Их внедрение в условиях месторождений с аналогичными физико-химическими характеристиками способствует формированию устойчивой сырьевой базы, развитию малотоннажной переработки и укреплению ресурсной независимости Республики Казахстан.

Список литературы (ГОСТ)

- [1]. Khusnutdinov I., Goncharova I., Safiulina A. Extractive deasphalting as a method of obtaining asphalt binders and low-viscosity deasphalted hydrocarbon feedstock from natural bitumen // Egypt. J. Petrol. – 2021. – № 30. – P. 69–73.
- [2]. Tong X., Zhang G., Wang Zh., Wen Z., Tian Z., Wang H., Ma F., Wu Y. Distribution and potential of global oil and gas resources // Pet. Explor. Dev. – 2018. – № 45(4). – P. 779–789.
- [3]. Онгарбаев Е.К., Тилеуберди Е., Иманбаев Е.И., Мансуров З.А. Эффективная переработка нефтебитуминозных пород в целевые продукты // Горение и плазмохимия. – 2021. – № 19. – С. 299–308.
- [4]. Иманбаев Е.И., Оңғарбаев Е.К., Мылтықбаева Ж.К., Серикказинова А.К., Малаев А.Қ., Мұқталы Д., Тілеуберді Е., Аяпбергенов Е.О. Мұнайбитумды жыныстардан таушайырды бөліп алуға ультрадыбыстық технологияның әсерін зерттеу // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. – 2024. – Т. 6. – № 3. – С. 94–101.
- [5]. Гончарова И.Н., Качалова Т.Н., Сафиулина А. Г. Тяжелое углеводородное сырье: подготовка и переработка // Сб. матер. XV Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов», Москва, 2022. – С. 171–176.
- [6]. Галиуллин Э.А., Фахрутдинов Р.З. Новые технологии переработки тяжелых нефтей и природных битумов // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 4. – С. 47–51.
- [7]. Tileuberdi Ye., Akkazin Ye., Azyzbek L., Zhanbekov K., Imanbayev Ye., Kuoshiken U., Yermekova A. Studying group composition of natural bitumen of the Beke oil sands // Горение и плазмохимия. – 2023. – № 21. – С. 209–216.
- [8]. Пат. 2364616 РФ, МПК C10G 7/00, C10G 7/06, C10C 3/06. Способ переработки тяжелой нефти и/или природного битума / Р.З. Сахабутдинов, А.Н. Судыкин, С.Н. Судыкин, И.Х. Исмагилов, Ф.Р. Губайдулин; № 2008105500/04; заявл. 12.02.2008; опубл. 20.08.2009.
- [9]. Пат. 33435 РК, МПК C10G 1/04 (2006.01), C09K 8/58 (2006.01). Нитритная композиция для извлечения битума из нефтебитуминозной породы / Е.О. Аяпбергенов, А.Ф. Ахметов. – № 2017/0918.1; заявл. 16.10.2017; опубл. 08.02.2019, бюл. № 6'2019.
- [10]. Ayapbergenov Y.O., Akhmetov A.F., Turkpenbayeva B.Zh., Chizhov A.P. Technology for extraction of natural bitumen from oil bituminous rock of Karasyaz-Taspas field // Вестник технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 12. – С. 93–96.
- [11]. Мамонова Т.Б. Физико-химические характеристики нефтебитуминозных пород месторождения Мортук: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.14. – Алматы, 1994. – 24 с.

- [12]. Аяпбергенов Е.О., Ахметов А.Ф. Переработка нефтебитуминозной породы месторождения Карася́з-Таспас // Труды Академэнерго. – 2019. – № 2. – С. 25–37.
- [13]. Буканова А.С. Нефти Казахстана для производства масел // Вестник АГТУ. – 2008. – № 2(43). – С. 236–238.
- [14]. Сатенов К.Г., Калиманова Д.Ж., Мадиева Л.К., Нажетова А.А. Смазочные масла из нефти Республики Казахстан // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. – 2020. – № 1-1.

References

- [1]. I. Khusnutdinov, I. Goncharova, A. Safiulina, Extractive deasphalting as a method of obtaining asphalt binders and low-viscosity deasphalted hydrocarbon feedstock from natural bitumen, *Egypt. J. Petrol.* 30 (2021) 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2021.03.002>
- [2]. X. Tong, G. Zhang, Zh. Wang, Z. Wen, Z. Tian, H. Wang, F. Ma, Y. Wu, Distribution and potential of global oil and gas resources, *Pet. Explor. Dev.* 45(4) (2018) 779–789. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(18\)30081-8](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(18)30081-8)
- [3]. Y. Ongarbayev, Y. Tileuberdi, Y. Imanbaev, Z. Mansurov, Efficient processing of oil sands into purpose products. *Combust. Plasma Chem.*, 19(4), (2021) 299–308. <https://doi.org/10.18321/cpc467>
- [4]. Y.I. Imanbayev, Y.K. Ongarbayev, Z.K. Myltykbaeva, A.K. Serikkazinova, A.K. Malayev, D. Muktaly, Y. Tileuberdi, Y.O. Ayapbergeno, Study of the effect of ultrasonic technology on the extraction of bitumen from bituminous rocks, *Vestn. Neft. Gaz. Otrastli Kaz.* 6(3) (2024) 94–101. <https://doi.org/10.54859/kjogi108762>
- [5]. I.N. Goncharova, T.N. Kachalova, A.G. Safiulina, Tyazheloe uglevodorodnoe syre: podgotovka i pererabotka, *Sb. Mater. XV Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf. «Aktualnye problemy nauki i obrazovaniya v usloviyah sovremennykh vyzovov»*, Moskva, 2022. S. 171–176.
- [6]. E.A. Galiullin, R.Z. Fahrutdinov, Novye tehnologii pererabotki tyazhelykh neftej i prirodnkh bitumov, *Vestn. Tekhnol. Univ.* 19(4) (2016) 47–51.
- [7]. Ye. Tileuberdi, Ye. Akkazin, L. Azylbek, K. Zhanbekov, Ye. Imanbayev, U. Kuoshiken, A. Yermekova, Studying group composition of natural bitumen of the Beke oil sands, *Combust. Plasma Chem.*, 21 (2023) 209–216. [https://doi.org/10.18321/cpc21\(3\)209-216](https://doi.org/10.18321/cpc21(3)209-216)
- [8]. R.Z. Sahabutdinov, A.N. Sudykin, S.N. Sudykin, I.H. Ismagilov, F.R. Gubajdulin, Sposob pererabotki tyazheloy nefti i/ili prirodnogo bituma, Patent RU 2364616 C1. Ross. Federatsiya. – Zayavl. 12.02.2008; opubl. 20.08.2009.
- [9]. E.O. Ayapbergenov, A.F. Ahmetov, Nitritnaya kompoziciya dlya izvlecheniya bituma iz neftebituminoznoj porody, Patent №33435 Respublika Kazahstan. – Zayavl. 16.10.2017; opubl. 08.02.2019, Byul. №6'2019.
- [10]. Y.O. Ayapbergenov, A.F. Akhmetov, B.Zh. Turkpenbayeva, A.P. Chizhov, Technology for extraction of natural bitumen from oil bituminous rock of Karasyaz-Taspas field, *Vestn. Tekhnol. Univ.* 26(12) (2023) 93–96.
- [11]. T.B. Mamonova, Fiziko-himicheskie harakteristiki neftebituminoznych porod mestorozhdeniya Mortuk: avtoref. dis. ... kand. him. nauk: 02.00.14, A., 1994. 24 s.
- [12]. E.O. Ayapbergenov, A.F. Ahmetov, Pererabotka neftebituminoznoj porody mestorozhdeniya Karasyaz-Taspas, *Trudy Akademenergo.* 2 (2019) 25–37.
- [13]. A.S. Bukanova, Nefti Kazahstana dlya proizvodstva masel, *Vestn. AGTU.* 2(43) (2008) 236–238.
- [14]. K.G. Satenov, D.Zh. Kalimanova, L.K. Madiyeva, A.A. Nazhetova, Smazochnye masla iz nefti Respubliki Kazahstan, *Nov. Impul'sy Razvit.: Vopr. Nauch. Issled.* 1-1 (2020). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/smazochnye-masla-iz-nefti-respubliki-kazahstan>

Қазақстанның мұнайбитумды жыныстарын өңдеудің болашағы мен кешенді технологиялары

Е.О. Аяпбергенов^{1,3*}, Б.Ж. Түркпенбаева¹,
А.Ф. Ахметов², М.Б. Түркменбаева³,
А.Ш. Аккенжеева³, А.Ч. Бусурманова³,
А.К. Шакирова⁴

¹«КМГ Инжиниринг» ЖШС филиалы «Қазақмұнай-газ» ЖШС, 35 шағын аудан, 6 ғимарат, Ақтау, Қазақстан

²ФМТЖБҰ «Уфа мемлекеттік мұнай техникалық университеті», Космонавтов көшесі, 1, Уфа, Башқұртстан

³«Ш. Есенов ат. Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті» КЕАҚ, 32 шағын аудан, 1 ғимарат, Ақтау, Қазақстан

⁴«А.Б. Бектуров ат. Химия ғылымдары институты» АҚ, Уалиханов көшесі, 106, Алматы, Қазақстан

АҢДАТПА

Дәстүрлі көмірсутегі қорларының сарқылуына байланысты табиғи шайырлар (ТШ) мен мұнай-

битумды жыныстарды (МБЖ) қоса алғанда, дәстүрлі емес шикізат көздерін игеруге деген қызығушылық артып келеді. Бұл мақалада Маңғыстау облысындағы Қарасаз-Таспас кен орнының табиғи шайырының физика-химиялық қасиеттері мен құрамын зерттеуге әрі оны терең өңдеуге арналған тиімді технологиялық шешімдерді әзірлеуге бағытталған кешенді ғылыми зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Табиғи шайырдың элементтік, топтық және фракциялық құрамына жан-жақты талдау жүргізіліп, оның отындық дистилляттар, базалық майлар және құрылыс битумдарын алу үшін құнды технологиялық шикізат ретіндегі әлеуеті анықталды. Тәжірибелік деректер негізінде нитриттік құрамды қолдана отырып табиғи шайырды тиімді бөліп алу мүмкіндігі дәлелденді, сондай-ақ алынған дистилляттық және қалдық өнімдердің қолдану мүмкіндігі бағаланды. Дистилляттық фракциялар мотор отындары мен жағармай материалдарының компоненттері ретінде, ал қалдық өнімдері құрылыс және жол битумдарын өндіруде пайдалануға жарамды екені анықталды. Табиғи шайырды кешенді өңдеуге арналған технологиялық шешімдер әзірленді әрі ұсынылды. Алынған нәтижелер Қазақстандағы мұнайбитумды жыныстарды құнды көмірсутек ресурсы ретінде кешенді игерудің перспективасын растайды, бұл елдің шикізаттық базасын кеңейтуге және мұнай-химия өнеркәсібінің дамуына ықпал етеді.

Түйінді сөздер: мұнайбитумды жыныс, табиғи шайыр, Карасаз-Таспас, өңдеу, дистиллят фракциялары, базалық майлар, кешенді өңдеу технологиялары.

Prospects and complex technologies for processing of oil sands in Kazakhstan

Y.O. Ayapbergenov^{1,3*}, B.J. Turkpenbaeva¹,
A.F. Akhmetov², M.B. Turkmenbaeva³,
A.S. Akkenzheeva³, A.Ch. Busurmanova³,
A.K. Shakirova⁴

¹Branch of “KMG Engineering” LLP “KazNIPImunaigas”, 35 microdistrict, 6 building, Aktau, Kazakhstan

²FSAEI HE “Ufa State Petroleum Technical University”, Cosmonavtov, 1, Ufa, Bashkortostan

³NJSC “Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Esenov”, 32 microdistrict, 1 building, Aktau, Kazakhstan

⁴JSC “A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences”, 106, Ualikhanov str., Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

As conventional hydrocarbon resources become depleted, there is growing interest in developing unconventional sources of raw materials, such as natural bitumen (NB) and oil-bituminous rocks (OBR). This article presents the results of comprehensive scientific research into the physical and chemical properties and composition of the natural bitumen found in the Karasyaz-Taspas field in Mangistau, Kazakhstan, and the development of effective technological solutions for its processing. A comprehensive analysis of the elemental, group and fractional composition of the natural bitumen was carried out. On the basis of this analysis, the technological value of the natural bitumen as a raw material for obtaining a wide range of target products, such as fuel distillates, base oils and construction bitumen, was established. Based on experimental data, the effectiveness of extracting natural bitumen using a nitrite composition has been demonstrated, as has the potential of distillate and residual products. Distillate fractions were found to be suitable for use as components of motor fuels and lubricants, while residual products were found to be suitable for the production of road and construction bitumen. Technological solutions for the complex processing of natural bitumen have been developed and put forward. The results obtained confirm the potential for the integrated development of Kazakhstan's oil-bituminous rock reserves as a valuable source of hydrocarbons, opening up opportunities to expand the raw material base and promote the development of the Republic of Kazakhstan's petrochemical industry.

Keywords: oil sands, natural bitumen, Karasyaz-Taspas, processing, distillate fractions, base oils complex processing technology.

Сведения об авторах

Е.О. Аяпбергенов — к.т.н., начальник управления анализа флюидов

E-mail: E.Ayapbergenov@kmge.kz

ORCID 0000-0003-3133-222X

Б.Ж. Туркпенбаева — д.т.н., профессор, эксперт новых технологий и НИОКР

E-mail: B.Turkpenbaeva@kmge.kz

ORCID 0000-0003-0170-4774

А.Ф. Ахметов — д.т.н., профессор, заведующий
кафедрой технологии нефти и газа
E-mail: tngrusoil@mail.ru
ORCID 0000-0003-0170-4774

М.Б. Туркменбаева — к.х.н., ассоциированный
профессор кафедры нефтехимического инжини-
ринга
E-mail: maira.turkmenbayeva@yu.edu.kz
ORCID 0000-0002-4494-7533

А.Ш. Аккенжеева — к.т.н., профессор кафедры
нефтехимического инжиниринга
E-mail: anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz
ORCID 0000-0002-9847-8218

А.Ч. Бусурманова — к.х.н., профессор кафедры
естественных наук
E-mail: akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz
ORCID 0000-0001-8228-7188

А.К. Шакирова — к.х.н., ассоциированный про-
фессор, ведущий научный сотрудник
ORCID 0000-0003-1371-470X