

ЭФФЕКТИВНАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД В ЦЕЛЕВЫЕ ПРОДУКТЫ

Е.К. Онгарбаев^{1,2*}, Е. Тилеуберди^{1,2}, Е.И. Иманбаев³, З.А. Мансуров^{1,2}

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

²Институт проблем горения, ул. Богенбай батыра, 172, Алматы, Казахстан

³Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш.Есенова, 32 мкр, Актау, Казахстан

АННОТАЦИЯ

В работе представлены способы извлечения и переработки природных битумов из нефтебитуминозных пород месторождений Беке и Мунайлы Мола (Казахстан). Проведено экстракционное, термическое, ультразвуковое извлечение природных битумов. Сравнены физико-химические характеристики и фракционные составы природных битумов, извлеченные экстракционным и термоконтактным способами. Термопереработка привела к повышению выхода дистиллятных фракций в составе битумов. Ультразвуковое извлечение проводилось в растворе силиката или карбоната натрия с концентрацией 0,5–1,1 моль/л. Природный битум нефтебитуминозных пород месторождения Беке также извлечен в сверхкритической среде изопропанола и гексана. Сверхкритическая флюидная экстракция позволила повысить выход дизельных фракций в составе битума месторождения Беке на 20%. В результате гидрогенизации природного битума месторождения Беке выход легких фракций повышается до 70,0 мас.%.

Ключевые слова: нефтебитуминозные породы, природные битумы, извлечение, переработка, ультразвуковое воздействие, термическое извлечение.

1. Введение

В связи с уменьшением запасов легких и средних нефтей альтернативным источником нетрадиционного углеводородного сырья являются тяжелые высоковязкие нефти и природные битумы (ПБ) нефтебитуминозных пород (НБП). Мировые ресурсы тяжелых нефтей и природных битумов оцениваются более чем в 810 млрд. т. [1]. Казахстан обладает огромными запасами нефтебитуминозных пород, основные промышленные запасы которых сосредоточены в Западном Казахстане [2, 3]. 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.

Переработка природных битумов требует усовершенствования технологической схемы и разработки новых технологий их добычи и переработки для получения целевых продуктов и повышения их качества.

Для извлечения битума из НБП применяются разнообразные методы: экстракционные, термические, флотационные с различными добавками и другие. Под руководством профессора З.А. Мансурова в Институте проблем горения проводились работы по переработке тяжелых нефтей и нефтяных остатков, также природных битумов НБП [4, 5].

Выделение природных битумов из нефтебитуминозных пород горячей водой используется в промышленности в течение многих лет. Применяемые при этом щелочь и другие реагенты образуют побочные продукты процесса.

В работе [6] разработан новый процесс извлечения битума из песков, который включает в себя циклы сжатия и декомпрессии. Более

92% битума было извлечено в течение 5 мин из твердой суспензии с соотношением воды и твердого вещества 1:1 за 4 цикла изменения давления воздуха при 6,9 атм и температуре 105 °С. Использование CO_2 вместо воздуха позволило провести извлечение при более низкой температуре и давлении. Процесс требует меньшего количества воды и нагрева и приводит к высоким выходам.

Исследованием [7] показано, что природный цеолит в качестве катализатора извлекает битум из нефтебитуминозных пород с выходом до 81%. При этом наблюдается высокий выход жидких продуктов (до 96%) с низкой вязкостью, температурой кипения и средней молекулярной массой. Кроме того, битум после обработки природным цеолитом содержит меньше ароматических углеводородов и низкое количество гетероатомов (азот, сера) и тяжелых металлов (ванадий).

В работе [8] нефтеносный песок месторождения Дацин был обработан модифицированным реагентом с нагревом ультразвуковой волной. Результаты испытаний показали, что при концентрации модифицированного реагента 10,0 г/л, частоты ультразвуковой волны 53 кГц, мощности 75 кВт, температуре 50 °С и продолжительности 10 мин нефтеносный песок месторождения Дацин с исходным содержанием нефти 30,8% превращается в сухой шлам с низким содержанием остаточной нефти 0,66 % после разделения флотационной машиной.

В статье [9] для извлечения битума из нефтеносных песков использовали силикат натрия при воздействии ультразвуковой волной. Степень извлечения битума составила 94% при соотношении реагента и песка 0,8:1, температуре 60 °С и времени воздействия ультразвуковой волной 13 мин.

Исследованием [10] проведено выделение битума при воздействии ультразвука частотой 200 кГц и пероксида водорода и показано, что высокая концентрация пероксида водорода ($> 100 \text{ ppm}$) положительно влияет на процесс выделения битума из нефтеносных песков при ультразвуковом облучении. При применении ультразвуковой обработки и H_2O_2 одновременно, на поверхности битума образуются полости, которые облегчают подъем нефтеносного песка на поверхность раствора.

В обзорной статье [11] описано применение микроволн в добыче битума нефтеносных песков и сланцев. Принципиально иной способ передачи энергии от источника к образцу яв-

ляется главным преимуществом использования микроволновой энергии. Прямой доставкой энергии в СВЧ-поглощающие материалы минимизируются обычные проблемы, такие как длительные периоды нагрева и потери энергии. Показана эффективность микроволновой энергии в некоторых приложениях, тем не менее, в настоящее время она не используется в промышленных масштабах.

Известны методы извлечения битумов открытым способом с последующим тепловым отделением органической части от минеральной породы, но данный метод является затратным и представляет экологическую опасность для окружающей среды. Одним из перспективных методов является использование паротеплового воздействия в пласте или сверхкритические (СК) технологии, когда органическая часть извлекается из пласта растворителем с его последующей регенерацией.

Рудык С.Н. и др. экстрагировали битум Нигерийского нефтеносного песка в сверхкритической среде углекислого газа при высоком давлении [12, 13]. 50 г нефтеносного песка поместили в экстрактор объемом 100 мл при температуре 110 °С и давлении 50, 60 или 65 МПа, модифицировали добавкой 3 г этанола или 2-пропанола для изучения влияния соразтворителя на процесс извлечения. Выход жидкого битума, с использованием чистого CO_2 составил в среднем 16,3%.

В работе [14] представлены результаты добычи тяжелой нефти с использованием CO_2 в критических условиях 31 °С и 73,3 бар. Выход составил от 15 до 30% с экстрактами, представленных соединениями выше C_{12} .

Преимущества СК-воды в качестве реакционной среды для извлечения битума нефтеносных песков были исследованы в работе [15]. Битум нефтеносных песков Канады, добытый паром при содействии гравитационного метода дренажа обрабатывали в автоклаве при 420-450 °С и давлении 20-30 МПа до 120 мин с тремя видами реакционной среды: СК-вода, азот высокого давления и СК-толуол. Остатки перегонки, полученные в СК-воде, имели низкую молекулярную массу, соотношение Н/С, высокую ароматичность и, следовательно, более конденсированную структуру по сравнению с остатками перегонки в атмосфере азота. Кокс, полученный с использованием СК-воды, также имел низкое значение Н/С и высокую ароматичность.

Выделение битума из нефтеносных песков в сверхкритической среде в периодическом

автоклаве при разных температурах также проводился в работе [16]. Выход битума составил 24,3% при использовании смеси н-пентана и бензола при соотношении 1:1 при 655 К. Сравнение количества н-алканов C_1 – C_4 , выделенных при 585 и 685 К показало, что количество метана значительно возрастает при 685 К, в то время как количество C_4 -алкана снижается. При 685 К выход водорода и метана составил 45,1 об.%. Выходы C_1 – C_3 алканов в СК-среде были выше при 685 К, чем при 585 К. Количество олефинов ($C_2H_4 + C_3H_6$) составило 5,1–10,1 об.%.

Одним из эффективных способов переработки природных битумов является каталитическая переработка в синтетическую нефть в критической или сверхкритической среде растворителей [17, 18] либо переработка в дорожные битумы и компоненты для гидроизоляционных материалов.

Также перспективными методами переработки битума из нефтебитуминозных пород могут быть термокаталитические и гидрокаталитические процессы [19], которые позволяют получить товарные сорта топлив и масел, и других нефтепродуктов.

Каталитический крекинг природных битумов является одним из технически упрощенных способов превращения в легкие углеводороды. Свириденко Н.Н. и др. анализировали состав продуктов крекинга природного битума Ашальчинского месторождения [20]. В результате исследований [21] содержание фракций, выкипающих до 200 °С составило 4,6 мас.%. Для интенсификации процесса крекинга воздействовали микросферами энергетической золы. Воздействие 10 % микросфер на процесс крекинга при температуре 450 °С привело к повышению выхода фракций, выкипающих до 360 °С на 10%. Обработка озono-кислородной смесью до проведения крекинга приводит к повышению выхода фракций, выкипающих до 360 °С на 21 мас.%.

Таким образом, из обзора литературных данных [22, 23] следует, что существуют многочисленные способы извлечения органической части нефтебитуминозных пород. Выбор более эффективного варианта извлечения битума из НБП непосредственно связан с физико-химическими свойствами конкретного месторождения нефтебитуминозной породы.

Природные битумы по физико-химическим свойствам близки к тяжелым высокосмолистым нефтям. Им характерны большое количество смол и асфальтенов, металлооргани-

ческих и сернистых соединений, повышенная коксуемость – все это затрудняет их переработку в целевые продукты. Поэтому, получение данных о составе и структуре смолисто-асфальтеновых компонентов, особенностях их поведения в термических процессах необходимы для создания новых процессов переработки природных битумов.

Целью данной работы является разработка эффективных способов извлечения и переработки природных битумов из нефтебитуминозных пород Казахстана.

2. Экспериментальная часть

Объектами исследования служили нефтебитуминозные породы месторождений Беке (Мангистауская область) и Мунайлы Мола (Атырауская область).

Извлечение природного битума из НБП осуществлялось экстракционным, термическим, ультразвуковым и сверхкритическим флюидным (СКФ) способами. Экстракция проводилась в аппарате Сокслета, в качестве растворителя использовались гексан, бензол, хлороформ.

Термическое извлечение ПБ проводилось на пилотной установке (рис. 1) периодического действия при температурах 450–560 °С в течение 2-х ч.

Извлечение ПБ из НБП с ультразвуковым воздействием проводилось аппаратом МЛУК-3/22-ОЛ с частотой ультразвуковых колебаний 22 кГц. Изготовлена и испытана пилотная установка для ультразвукового извлечения природных битумов (рис. 2).

Совместно с учеными ИХН СО РАН (г. Томск) была испытана проточная установка для сверхкритической флюидной экстракции природных битумов. Она работает при следующих условиях: давление до 100 атм, температура реактора до 600 °С. На этой установке проведена сверхкритическая флюидная экстракция природных битумов в среде изопропанола и гексана. Условия проведения процесса СКФ-экстракции показаны в таблице 1. Сравнение условий проведения СКФ-экстракции с критическими параметрами растворителей (изопропанол $T_{кр} = 235,1$ °С, $P_{кр} = 47,0$ атм; гексан $T_{кр} = 234,3$ °С, $P_{кр} = 29,3$ атм) показывает, что в случае обеих растворителей достигаются критические состояния.

Была проведена гидрогенизация природного битума месторождения Мунайлы Мола, извлеченного гексаном методом экстракции.

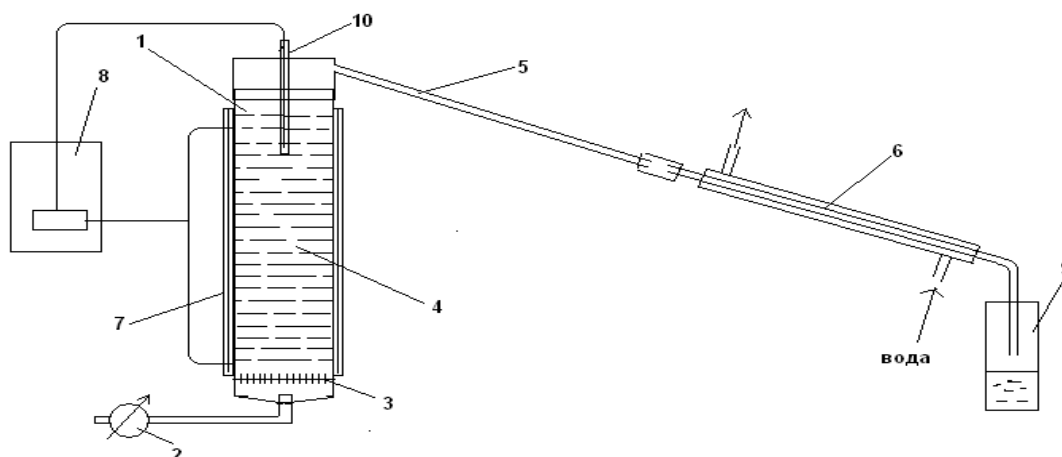


Рис. 1. Схема установки для термического извлечения природных битумов: 1 – цилиндрический реактор; 2 – трубка; 3 – перфорированная диафрагма; 4 – сырье; 5 – патрубок для вывода газа и продуктов; 6 – холодильник; 7 – электрическая печь; 8 – терморегулятор; 9 – приемник; 10 – термопара.

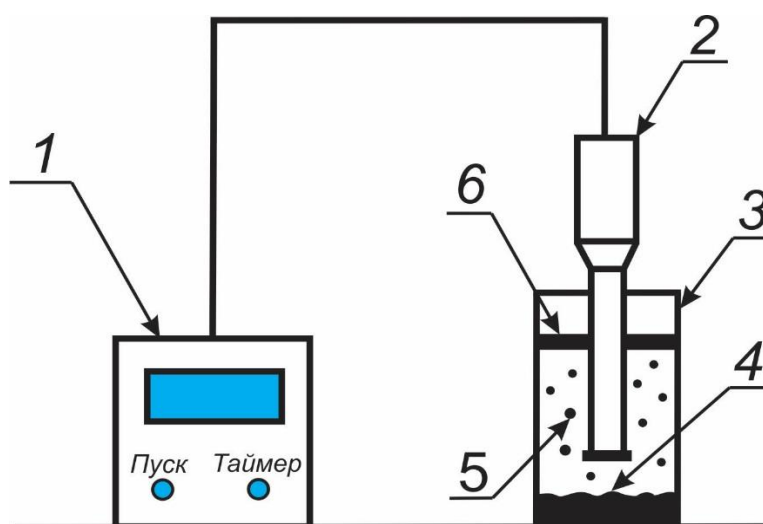


Рис. 2. Схема установки для ультразвукового извлечения природных битумов: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – волновой излучатель; 3 – стакан; 4 – нефтебитуминозная порода; 5 – капли битума, поднимающиеся к поверхности; 6 – слой битума.

Таблица 1. Условия процесса СКФ-экстракции

Параметры	Растворитель	
	Изопропанол	Гексан
Температура, °C	297,0	255,0
Давление, МПа (атм)	5,55 (54,8)	2,5-3,0 (29,6)
Время, ч	5,5-6,0	5,5-6,0
Скорость подачи растворителя, мл/мин	1,0	1,0
Объем растворителя, мл	320,0	320,0

Гидрогенизация проводилась на автоклавной установке при температуре 460 °C, давлении водорода 350 бар за время процесса 2 ч 40 мин. В качестве катализатора использовался оксид

молибдена MoO_3 , нанесенный на активированный уголь, массой 2 г. Выход гидрированного природного битума составил 72,7 %.

3. Результаты и обсуждение

Содержание природного битума в составе НБП месторождения Беке составляет 12 мас.%, а в составе НБП месторождения Мунайлы Мола – 16 мас.% (таблица 2). Плотность битумов высокая и по ее значению их можно отнести к тяжелым нефтям. Количество серы в ПБ практически одинаково и составляет 1,4–1,5 мас.%. Природным битумам характерны малое количество фракций, выкипающих при температуре до 200 и 360 °С. Битумы характеризуются высоким содержанием масел и смол от 45 до 50%.

Фракционные составы битумов, выделенных различными способами представлены в таблице 3. ПБ месторождения Беке в основ-

ном представлен фракциями, выкипающими при температурах от 250 до 350 °С и выше 350 °С. Выделение битума термоконтактным способом привело к изменению фракционного состава, увеличилось содержание фракции, выкипающей до 180 °С с 4,9 до 19,6%. При этом содержание фракции, выкипающей в диапазоне температур от 180 до 250 °С увеличилось также в 2 раза, количество фракции, выкипающей в интервале от 250 до 320 °С с 35 до 43%. Однако, наблюдается уменьшение содержания фракции, выкипающей при температуре свыше 350 °С с 46,5 до 13,4%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при термическом извлечении природных битумов возможно протекают деструкционные процессы.

Таблица 2. Состав и физико-химические показатели ПБ

Характеристика	Природный битум месторождения	
	Беке	Мунайлы Мола
Содержание в составе НБП, мас. %	12,0	16,0
Плотность, кг/м ³	1112,0	992,0
Коксуемость, мас. %	30,0	35,0
Элементный состав, мас. %:		
углерод	84,8	84,7
водород	11,7	11,4
кислород	1,4	2,1
сера	1,5	1,4
азот	0,6	0,4
Температура застывания, °С	18,0	16,0
Компонентный состав, мас. %:		
масла	49,2	47,6
смолы	44,9	46,4
асфальтены	5,9	6,0
Фракционный состав, мас. %:		
н.к. – 200 °С	5,1	2,2
200 – 360 °С	20,2	15,6
> 360 °С	74,7	82,2

Таблица 3. Фракционный состав ПБ, извлеченных различными способами

Фракционный состав, мас. %:	Природный битум Беке		Природный битум Мунайлы Мола	
	Экстракция	Термопереработка	Экстракция	Термопереработка
Н.к. – 180 °С	4,9	19,6	–	6,1
180–250 °С	13,6	24,0	1,4	15,1
250–350 °С	35,0	43,0	1,0	46,0
350 – к.к	46,5	13,4	97,6	32,8

ПБ месторождения Мунайлы Мола характерно отсутствие фракции, выкипающей при температуре до 180 °С. Количество фракции, выкипающей в диапазоне температур от 180 до 350 °С также незначительно, всего 2,4 мас.%. Термическая переработка данного ПБ также привела к повышению содержания светлых фракций. Из-за малого количества легких фракций, природный битум данного месторождения рекомендуется для производства битумов [24].

Для извлечения природных битумов также предлагается способ воздействия ультразвуком в щелочном растворе силиката или карбоната натрия. Степень извлечения битумов 94–96% достигается при следующих оптимальных условиях: концентрация Na_2SiO_3 – 0,5 моль/л, Na_2CO_3 – 1,1 моль/л, мощность ультразвука 400 Вт, частота 22 кГц, время воздействия 8 и 15 мин. Высокая степень воздействия ультразвука на разделение органической и минеральной составляющей НБП объясняется возникновением кавитационных пузырьков в растворе и передачей колебаний битумным мембранам в мицеллярных структурах водно-битумной эмульсии.

На пилотной установке ультразвукового извлечения повышение температуры сильно сократило время выделения битумов. При комнатной температуре степень извлечения битумов при воздействии ультразвуком с частотой 20 кГц и мощностью 500 Вт не превышала 10%. Повышение температуры до 90 °С позволило извлекать битум с выходом 90 мас.% из пород месторождений Беке и Мунайлы Мола в течение 40 мин.

В результате процесса СКФ экстракции из нефтебитуминозных пород месторождения Беке была извлечена органическая часть, которая представляет смолообразную вязкую массу черного цвета. Выход природного битума при экстракции изопропанолом составил 7,6 мас.%, а при извлечении гексаном – 7,3 мас.%. При извлечении хлороформом количество ПБ в породе было 12,0 мас.%, поэтому

степень извлечения битума СКФ-экстракцией составляет 61–63%.

Термогравиметрическим методом была определена потеря массы природного битума от воздействия температуры (рис. 3.).

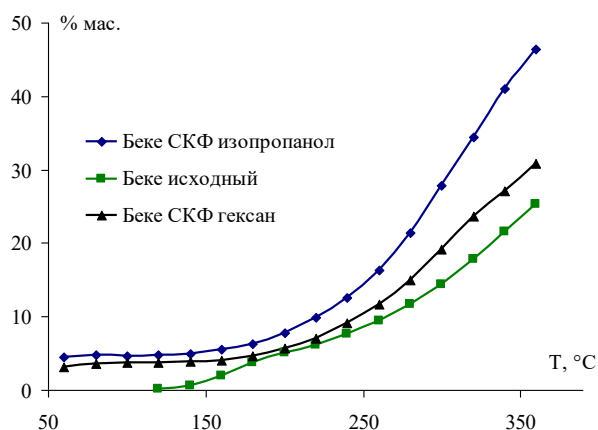


Рис. 3. Фракционный состав ПБ месторождения Беке, выделенного разными способами.

Как видно из рис. 3, образцы битума, полученные из НБП разными способами, отличаются фракционным составом. В образцах, полученных в процессе СКФ экстракции в среде изопропанола и гексана увеличивается содержание дистиллятных фракций на 21,1 и 5,6% мас. соответственно в сравнении с исходным битумом. Увеличение выхода фракций происходит за счет дизельных дистиллятов (200–360 °С), их содержание в образце, полученном в среде изопропанола составляет – 38,7%, а общий выход дистиллятных фракций составляет 46,4% мас.

Данные фракционного состава (таблица 4) показали, что по сравнению с традиционной экстракцией СКФ экстракция снижает температуру начала кипения битума. Количество фракции, выкипающей в диапазоне температуры от 200 до 360 °С в составе битума увеличивается. Повышение выхода светлых фракций обусловлено деструкционными процессами смол и асфальтенов во время СКФ-экстракции.

Таблица 4. Фракционный состав ПБ месторождения Беке, извлеченного разными способами экстракции

Способ экстракции	Фракционный состав, мас.%			
	T начала кипения, °С	н.к. – 200 °С	200–360 °С	>360 °С
Экстракция хлороформом	116,8	5,1	7,4	78,8
Экстракция в СК-среде изопропанола	80,0	2,9	38,7	58,4
Экстракция в СК-среде гексана	77,0	1,8	25,2	73

Таблица 5. Фракционный состав гидрированного природного битума Беке

Показатель	Фракции гидрированного природного битума		
	н.к. – 215 °С	216 – 316 °С	316 °С – к.к.
Давление, мбар	808	805 - 60	60
Масса фракции, г	80,39	72,72	43,88
Выход фракции, %	40,81	36,91	22,27

Таблица 6. Сравнительные характеристики природного битума до и после гидрогенизации

Показатель	Природный битум	Гидрированный природный битум
Плотность, г/см ³	0,992	0,883
Зольность, мас. %	0,5	0,07
Фракционный состав, %		
Н.к. – 180 °С	–	50,0
180 – 240 °С	1,39	20,0
240 – 300 °С	0,96	12,6
300 °С – к.к.	97,68	17,4

Полученные данные показали, что методом СКФ экстракции можно не только выделять природный битум из НБП, но и влиять на свойства получаемых продуктов [25]. Свойства битума могут варьироваться в зависимости от растворителя, в среде которого проводится СКФ экстракция, так как компоненты битума в термических процессах претерпевают изменения. Увеличение выхода дистиллятных фракций можно объяснить деструкцией высокомолекулярных компонентов и реакциями самого растворителя, например изопропанол может в данных условиях выступать в роли алкилирующего агента.

Выделенный СКФ экстракцией природный битум из НБП месторождения Беке характеризуется более высоким выходом легких фракций, чем битум, извлеченный обычной экстракцией. Это дает возможность его использовать как сырье для получения масляных нефтепродуктов, вяжущее для дорожно-строительных материалов и других видов производств.

Результаты определения фракционного состава гидрированного природного битума месторождения Беке приведены в таблице 5, где наблюдается повышение выхода легких фракций. Как видно из таблицы, выход фракции, выкипающей от начала кипения до 215 °С составляет 40,8 мас.%. Фракция, выкипающая в интервале температур от 216 до 316 °С образуется в количестве 36,9 мас.%. Эти данные под-

тверждают положительное влияние процесса гидрогенизации на состав природного битума, что привело к увеличению выхода легколетучих нефтяных продуктов.

В таблице 6 представлены сравнительные характеристики природного битума месторождения Беке, извлеченного из нефтебитуминозной породы до и после проведения процесса гидрогенизации. Как видно из табличных данных, после гидрогенизации происходит уменьшение плотности и зольности природного битума, что также подтверждает изменение фракционного состава битума. Выход легких фракций из гидрированного природного битума значительно повышается по сравнению с исходным природным битумом. Это показывает необходимость проведения процесса гидрогенизации для расширения ассортимента продуктов, получаемых из нефтебитуминозных пород. Единственным сдерживающим фактором, возможно, является дороговизна процесса в связи с использованием водорода. В результате гидрогенизации выход легких фракций повышается до 70,0 мас.% [26]. Таким образом, результаты работы показывают возможность использования нефтебитуминозных пород не только в качестве сырья для получения дорожно-строительных материалов (битум, асфальтобетонные смеси), но и для производства легких товарных нефтепродуктов.

4. Заключение

Таким образом, методами экстракции, термического и ультразвукового воздействия, сверхкритической флюидной экстракции выделены природные битумы из нефтебитуминозных пород месторождений Беке и Мунайлы Мола. Разработанные способы термического воздействия и переработки в СКФ-среде изопропанола и гексана позволили увеличить выход дистиллятных фракций в составе природных битумов. Для повышения выхода легких нефтепродуктов также проведен процесс гидрогенизации природного битума месторождения Беке. Создание новых эффективных технологий извлечения и переработки природных битумов позволит значительно расширить объем производства целевых продуктов из нетрадиционных источников углеводородного сырья.

Литература

- [1]. Окунев А.Г., Пархомчук Е.В., Лысиков А.И., Парунин П.Д., Семейкина В.С., Пармон В.Н. Каталитическая гидропереработка тяжелого нефтяного сырья // Успехи химии. – 2015. – Т.84, №9. – С.981–999.
- [2]. Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. В 5 т. – Алматы: Ғылым, 2001.
- [3]. Нефтебитуминозные породы: достижения и перспективы. Под ред. Н.К. Надирова. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 308 с.
- [4]. Онгарбаев Е.К., Досжанов Е.О., Мансуров З.А. Переработка тяжелого углеводородного сырья и отходов. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 498 с.
- [5]. Tileuberdi Ye., Ongarbayev Ye.K., Behrendt F., Mansurov Z.A. Nanostructure of Bitumen Produced from Heavy Oil. – Almaty: Qazaq University, 2017. – 164 p.
- [6]. Hong P.K.A., Cha Z., Zhao X., Cheng C., Duyvesteyn W. Extraction of bitumen from oil sands with hot water and pressure cycles // Fuel Processing Technology. – 2013. – Vol.106. – P.460–467.
- [7]. Junaid A.S.M., Street C., Wang W., Rahman M.M., An W., McCaffrey W.C., Kuznicki S.M. Integrated extraction and low severity upgrading of oil sands bitumen by activated natural zeolite catalysts // Fuel. – 2012. – Vol.94. – P.457–464.
- [8]. Yingming F. Modification and separation of oil sand with ultrasonic wave and analysis of its products // Int. J. of Mining Science and Technology. – 2013. – Vol.23. – P.531–535.
- [9]. Zhao D.-Z., Sun W.-W., Sun M.-Z. The Separating of Inner Mongolian Oil Sand with Ultrasound // Petroleum Science and Technology. – 2011. – Vol.29. – P.2530–2535.
- [10]. Okawa H., Hosokawa R., Saito T., Nakamura T., Kawamura Y. The use of ultrasound irradiation for extracting bitumen from oil sand at low temperature // Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics. – 2010. – Vol.31. – P.373–374.
- [11]. Mutyala S., Fairbridge C., Paré J.R.J., Bélanger J.M.R., Ng S., Hawkins R. Microwave applications to oil sands and petroleum: A review // Fuel Processing Technology. – 2010. – Vol.91. – P.127–135.
- [12]. Rudyk S., Spirov P., Sogaard E. Application of GC-MS chromatography for the analysis of the oil fractions extracted by supercritical CO₂ at high pressure // Fuel. – 2013. – Vol.106. – P.139–146.
- [13]. Rudyk S., Spirov P., Jimoh I., Vakili-Nezhaad G. The Bitumen Upgrading of Nigerian Oil Sand by Supercritical Carbon Dioxide Modified with Alcohols // Energy & Fuels. – 2014. – Vol.28. – P. 4714–4724.
- [14]. Roopa I., Dawe R.A. A Laboratory Study of Recovery with Carbon Dioxide around Critical Conditions of Trinidad's Heavy Oil and Tar Sands // Petroleum Science and Technology. – 2010. – Vol.28, №15. – P.1544–1554.
- [15]. Morimoto M., Sugimoto Y., Saotome Y., Sato S., Takanohashi T. Effect of supercritical water on upgrading reaction of oil sand bitumen // Journal of Supercritical Fluids. – 2010. – Vol.55. – P.223–231.
- [16]. Demirbas A. Recovery of asphaltene from tar sand by supercritical fluid extraction // Petroleum Science and Technology. – 2000. – Vol.18, №7-8. – P.771–781.
- [17]. Hosseinpour M., Ahmadi S.J., Fatemi S. Successive co-operation of supercritical water and silica-supported iron oxidenanoparticles in upgrading of heavy petroleum residue: Suppression of coke deposition over catalyst // Journal of supercritical fluids. – 2015. – Vol.100. – P.70–78.
- [18]. Fumoto E., Sato S., Takanohashi T. Production of Light Oil by Oxidative Cracking of Oil Sand Bitumen Using Iron Oxide Catalysts in a Steam Atmosphere // Energy & Fuels. – 2011. – Vol.25. – P.524–527.
- [19]. Park Y.C., Paek J.-Y., Bae D.-H., Shun D., Study of pyrolysis kinetics of Alberta oil sand by thermogravimetric analysis. Korean J. Chem. Eng. – 2009. – Vol.26, №6. – P.1608–1612.
- [20]. Свириденко Н.Н., Кривцов Е.Б., Головкин А.К. Состав продуктов крекинга высокосернистого природного битума в присутствии микросфер зол ТЭЦ // Известия

- Томского политехнического университета. – 2013. – Т.323, №3. – С.37–42.
- [21]. Свириденко Н.Н., Кривцов Е.Б., Головки А.К. Крекинг битума Ашальчинского месторождения в присутствии микросфер зол ТЭЦ // Фундаментальные исследования. – 2014. – №8. – С.854–858.
- [22]. Joon S., Bhatt S-D, Lee W., Lee H.Y., Jeong S.Y., Baeg J-O, Lee C.W. Separation and characterization of bitumen from Athabasca oil sand // Korean J. Chem. Eng. – 2009. – Vol.26, №1. – P.64–71.
- [23]. Xiaoming Z, Yi P. Development and application of oil sand // Int. Journal of Scientific & Engineering Research. – 2012. – Vol.3, №4.
- [24]. Tileuberdi Ye., Mansurov Z.A., Ongarbayev Ye.K., Tuleutayev B.K. Structural Study and Upgrading of Kazakhstan Oil Sands // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2015. – Vol.17, №2. – P.173–179.
- [25]. Imanbayev Ye.I., Ongarbayev Ye.K., Tileuberdi Ye., Mansurov Z.A., Golovko A., Rudyk S. Supercritical Solvent Extraction of Oil Sand Bitumen // AIP Conference Proceedings. – 2017. – Vol.1879. – P.050003.
- [26]. Ongarbayev Ye.K., Tileuberdi E., Imanbayev E.I., Tuleutayev B.K., Mansurov Z.A., Behrendt F. Hydrogenation of Kazakhstan's natural bitumen // Chemical Bulletin of Kazakh National University. – 2015. – Vol.77a, №1. – P.73–77.
- References**
- [1]. Okunev AG, Parkhomchuk EV, Lysikov AI, Parunin PD, Semeikina VS, Parmon VN (2015) Russ. Chem. Rev. 84(9):981–999. DOI: 10.1070/RCR4486.
- [2]. Nadirov NK (2001) High-viscosity oils and natural bitumens [Vysokov'yazkie nefi i prirodnye bitumy]. Gylm, Almaty, Kazakhstan. (in Russian)
- [3]. Nadirov NK (1988) Oil-bituminous rocks: achievements and prospects [Neftebituminoznye porody: dostizheniya i perspektivy]. Nauka, Almaty, Kazakhstan. (in Russian)
- [4]. Ongarbayev Y, Doszhanov Y, Mansurov ZA (2017) Processing of heavy hydrocarbons and wastes [Pererabotka tyazhelogo uglevodorodnogo syria i otkhodov]. Qazaq University, Almaty, Kazakhstan. (in Russian)
- [5]. Tileuberdi Y, Ongarbayev YK, Behrendt F, Mansurov ZA (2017) Nanostructure of Bitumen Produced from Heavy Oil. Qazaq University, Almaty, Kazakhstan
- [6]. Hong PKA, Cha Z, Zhao X, Cheng C, Duyvesteyn W (2013) Fuel Processing Technology 106:460–467. DOI: 10.1016/j.fuproc.2012.09.013
- [7]. Junaid ASM, Street C, Wang W, Rahman MM, An W, McCaffrey WC, Kuznicki SM (2012) Fuel 94:457–464. DOI: 10.1016/j.fuel.2011.10.043
- [8]. Yingming F (2013) International Journal of Mining Science and Technology 23:531–535. DOI: 10.1016/j.ijmst.2013.07.011
- [9]. Zhao D-Z, Sun W-W, Sun M-Z (2011) Petroleum Science and Technology 29:2530–2535. DOI: 10.1080/10916460903057907
- [10]. Okawa H, Hosokawa R, Saito T, Nakamura T, Kawamura Y (2010) Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics 31:373–374.
- [11]. Mutyala S, Fairbridge C, Paré JR, Bélanger JMR, Ng S, Hawkins R (2010) Fuel Processing Technology 91:27–135. DOI: 10.1016/j.fuproc.2009.09.009
- [12]. Rudyk S, Spirov P, Sogaard E (2013) Fuel 106:139–146. DOI: 10.1016/j.fuel.2012.12.004.
- [13]. Rudyk S, Spirov P, Jimoh I, Vakili-Nezhaad G (2014). Energy & Fuels 28:4714–4724. DOI: 10.1021/ef500493n
- [14]. Roopa I, Dawe RA (2010) Petroleum Science and Technology 28(15):1544–1554. DOI: 10.1080/10916460903117578
- [15]. Morimoto M, Sugimoto Y, Saotome Y, Sato S, Takanohashi T (2010) Journal of Supercritical Fluids 55:223–231. DOI: 10.1016/j.supflu.2010.08.002
- [16]. Demirbas A (2000) Petroleum Science and Technology 18(7–8):771–781. DOI: 10.1080/10916460008949872
- [17]. Hosseinpour M, Ahmadi SJ, Fatemi S (2015) Journal of supercritical fluids 100:70–78. DOI: 10.1016/J.SUPFLU.2015.02.013
- [18]. Fumoto E, Sato S, Takanohashi T (2011) Energy & Fuels 25:524–527. DOI: 10.1021/ef101069m
- [19]. Park YC, Paek J-Y, Bae D-H, Shun D (2009) Korean J. Chem. Eng. 26(6):1608–1612. DOI: 10.1007/s11814-009-0277-5
- [20]. Sviridenko NN, Krivczov EB, Golovko AK (2013) Bulletin of the Tomsk Polytechnic University [Izvestia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta] 323(3):37–42. (in Russian)
- [21]. Sviridenko NN, Krivczov EB, Golovko AK (2014) Fundamental research [Fundamentalnye issledovaniya] 8:854–858. (in Russian)
- [22]. Joon S, Bhatt S-D, Lee W, Lee HY, Jeong SY, Baeg J-O, Lee CW (2009) Korean J. Chem. Eng 26(1):64–71.
- [23]. Xiaoming Z, Yi P (2012) Int. Journal of Scientific & Engineering Research 3(4).
- [24]. Tileuberdi Y, Mansurov ZA, Ongarbayev YK, Tuleutayev BK (2015) Eurasian Chemico-Technological Journal 17(2):173–179.
- [25]. Imanbayev YI, Ongarbayev YK, Tileuberdi Y, Mansurov ZA, Golovko A, Rudyk S (2017) AIP Conference Proceedings 1879:050003. DOI: 10.1063/1.5000473

[26]. Ongarbayev YK, Tileuberdi E, Imanbayev EI, Tuleutayev BK, Mansurov ZA, Behrendt F (2015) Chemical Bulletin of Kazakh National University 77a(1):73–77.

Efficient processing of oil sands into purpose products

Y.K. Ongarbayev^{1,2*}, Y.Tileuberdi^{1,2}, Y.I. Imanbaev³, Z.A. Mansurov^{1,2}

¹Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi ave., Almaty, Kazakhstan

²Institute of Combustion Problems, Bogenbai Batyr Str., 172, Almaty, Kazakhstan

³Yessenov University, 32 microdistricts, Aktau, Kazakhstan

Abstract

The paper presents the methods of extraction and processing of natural bitumen from oil sands of the Beke and Munaily Mola fields of Kazakhstan. Extraction, thermal, ultrasonic extraction of natural bitumen was carried out. Physicochemical characteristics and fractional compositions of natural bitumen extracted by solvents and thermal contact methods are compared. Thermal processing has led to an increase in the yield of distillate fractions in the content of bitumen. Ultrasonic extraction was carried out in a sodium silicate or carbonate solution with a concentration of 0.5 to 1.1 mol/l. Natural bitumen of oil sands of the Beke field was also recovered in a supercritical medium of isopropanol and hexane. SCF-extraction made it possible to increase the yield of diesel fractions in the bitumen from the Beke deposit by 20%. As a result of the hydrogenation of natural bitumen from the Beke deposit, the yield of light fractions increases to 70.0 wt.%.

Keywords: oil sands, natural bitumen, extraction, processing, ultrasonic treatment, thermal extraction.

Мұнайбитумды жыныстарды мақсатты өнімдерге тиімді өңдеу

Е.К. Онғарбаев^{1,2*}, Е. Тілеуберді^{1,2}, Е.И. Иманбаев³, З.А. Мансұров^{1,2}

¹Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан

²Жану проблемалары институты, Бөгенбай батыр көшесі, 172, Алматы, Қазақстан

³Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, 32 ша, Ақтау, Қазақстан

Аннотация

Жұмыста Қазақстанның Беке және Мұнайлы Мола кен орындарының мұнайбитумды жыныстарынан табиғи битумды бөліп алу және өңдеу әдістері берілген. Табиғи битумды экстракция, термиялық, ультрадыбыстық тәсілдермен бөліп алу жүргізілді. Экстракциялық және термоконтактті тәсілдермен бөлініп алынған табиғи битумдардың физика-химиялық сипаттамалары мен фракциялық құрамы салыстырылды. Термиялық өңдеу битум құрамындағы дистилляттық фракциялардың шығымының артуына әкелді. Ультрадыбыспен әсер ету арқылы битумды бөліп алу концентрациясы 0,5-1,1 моль/л натрий силикаты немесе карбонаты ерітіндісінде жүргізілді. Беке кен орнының мұнайбитумды жыныстарының табиғи битумы изопропанол мен гексанның аса кризистік ортасында бөлініп алынды. АКФ-экстракция Беке кен орнының битумындағы дизельдік фракциялардың шығымын 20%-ға арттыруға мүмкіндік берді. Беке кен орнының табиғи битумын гидрлеу нәтижесінде жеңіл фракциялардың шығымы 70,0 мас.%-ға дейін жоғарылады.

Кілт сөздер: мұнайбитумды жыныстар, табиғи битум, бөліп алу, өңдеу, ультрадыбыспен әсер ету, термиялық бөліп алу.