

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ ИЗ НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД

Е.И. Иманбаев^{1*}, Е.К. Онгарбаев^{2,3}, Е. Тилеуберди^{3,4}

¹Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, 32 мкр, Актау, Казахстан

²Казахстанско-Британский технический университет, ул. Толе би, 59, Алматы, Казахстан

³Институт проблем горения, ул. Богенбай Батыра 172, Алматы, Казахстан

⁴Казахский национальный университет имени аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

Дата поступления:

2 ноября 2020

Принято на печать:

7 декабря 2020

Доступно онлайн:

28 декабря 2020

УДК: 665.775, 665.637

АННОТАЦИЯ

Впервые осуществлено извлечение природных битумов месторождений Беке и Мунайлы Мола в сверхкритической среде. Представлены результаты одного из эффективных способов извлечения природных битумов из нефтебитуминозных пород Казахстана и результаты анализа. А также приводятся исследования по установлению изменений количества смолисто-асфальтеновых компонентов при термической переработке битумов. Показано, что в результате экстракции в СКФ-среде изопропанола повышается выход дистиллятных фракций на 16 % и уменьшается содержание смолисто-асфальтеновых веществ на 12,37 %, что объясняется алкилирующим действием сверхкритических флюидов.

Ключевые слова: сверхкритический флюид, природный битум, нефтебитуминозная порода, извлечение, смолисто-асфальтеновые компоненты.

Введение

Рациональное использование нефтебитуминозных пород (НБП) характеризуется экономическими и экологическими задачами. Высокие темпы развития экономики страны постоянно повышают потребность в природных битумах. Чтобы ограничить расход дефицитной нефти для производства битума, необходимо искать другие источники углеводородного сырья. Наиболее распространенными источниками такого рода являются НБП, запасы которых в стране значительны, однако вопросы их добычи и использования в экономике решаются медленно. Это связано с тем, что разработка месторождений такого сырья осложняется его специфическими физико-механическими свойствами: высокими липкостью и вязкостью, большой сопротивляемостью проникновению рабочих органов добычных машин в массив, низкой несущей способностью [1, 2].

В настоящее время применяются методы переработки битуминозного песка для извлечения природного битума из песка с использованием горячей воды, технология гравитационного дренажа с водяным паром, процесс экстракции на водной основе, сверхкритическая флюидная экстракция, экстракция щелочным раствором, экстракция растворителем и пенная флотация [3-6]. Для нефтенасыщенного битуминозного песка основными методами являются пиролиз и процесс экстракции растворителем [7, 8]. Процесс экстракции растворителем может увеличить выход битума из нефтесодержащего битуминозного песка, но он требует большого количества органического растворителя, что приводит к высоким затратам на оздоровление окружающей среды [9]. Пиролиз битуминозного песка, безусловно, вызовет значительное осложнение энергетических и экологических проблем, таких как загрязнение воздуха и парниковый эффект.

*Ответственный автор

E-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru (Е. Иманбаев)

Сверхкритические флюиды (СКФ) представляют собой нечто среднее между жидкостью и газом. Они могут сжиматься как газы (обычные жидкости практически несжимаемы) и способны растворять твердые вещества, что газам не свойственно. Так, сверхкритический этанол (при температуре выше 243 °С) легко растворяет некоторые неорганические соли (CoCl_2 , KBr , KI). Дioxid углерода, низший оксид азота, этилен и некоторые другие газы в состоянии СКФ приобретают способность растворять многие органические вещества. Свойства сверхкритического CO_2 как растворителя можно регулировать, при повышении давления его растворяющая способность резко увеличивается. При этом сверхкритические флюидные экстракционные процессы, традиционно реализуемые в виде замкнутых экстракционных циклов (с минимальными выбросами экстрагента в окружающую среду), не являются новыми генераторами CO_2 . Они лишь используют диоксид углерода, как правило, являющийся побочным продуктом других технологических процессов. Тем самым, СКФ-технологии снижают объемы выбросов CO_2 в атмосферу и не способствуют развитию парникового эффекта и изменению климата на Земле. Именно диоксид углерода нашел наибольшее распространение в качестве экстрагента в сверхкритических флюидных экстракционных процессах. Причиной тому послужили: инертность и нетоксичность, пожаро- и взрывобезопасность, дешевизна и доступность, удобные критические параметры и высокая летучесть диоксида углерода. Сверхкритические флюиды, с одной стороны, обладают достоинствами жидких органических растворителей, а именно высокими растворяющими способностями, а с другой, СКФ значительно менее вязки, нежели их аналоги в жидком состоянии, и это является бесспорным преимуществом использования СКФ с целью улучшения массообменных характеристик процессов [10]. В целом, коэффициент диффузии в сверхкритических флюидах при условии бесконечного разбавления по величине на 1-2 порядка превосходит аналогичный показатель для жидкостей, что также является фактором интенсификации массообмена. Более высокая селективность сверхкритических флюидных экстрагентов в сопоставлении с возможностями тех же органических растворителей объясняется характером изменения растворяющей способности СКФ при изменении давления и температу-

ры. Энергосберегающий характер сверхкритических флюидных технологий и процесса сверхкритической флюидной экстракции в частности, связан с тем, что вследствие сильной зависимости растворяющей способности сверхкритических флюидных сред от параметров состояния, полную регенерацию экстрагента можно осуществить путем изменения лишь температуры (или давления), не прибегая к реагентным методам или дистилляции. Основным недостатком сверхкритических растворителей считалась необходимость работы в режиме периодического процесса.

При использовании СКФ не всегда возможно повышение производительности за счет увеличения объема аппарата, поскольку создание больших емкостей, выдерживающих давление, близкое к 10 МПа технически трудно реализуется (таблица 1). Однако для некоторых процессов химической технологии удалось разработать непрерывные технологии.

Сверхкритические флюиды стали широко использовать только с 1970-х годов, когда общий уровень развития индустрии позволил сделать установки для получения СКФ широкодоступными. С этого момента началось интенсивное развитие сверхкритических технологий. В первую очередь исследователи сосредоточили внимание на высокой растворяющей способности СКФ. На фоне традиционных методов использование сверхкритических флюидов оказалось очень эффективным. СКФ – это не только хорошие растворители, но и вещества с высоким коэффициентом диффузии, т.е. они легко проникают в глубокие слои различных твердых веществ и материалов.

В 1970 году компания Kerr-McGee (США) продемонстрировала промышленную реализацию и рентабельность процесса ROSE (Residuum Oil Supercritical Extraction), предназначенного для очистки тяжелых нефтяных фракций от асфальтенов и смол [12]. Процесс сверхкритической экстракции ROSE является очень эффективным вариантом экстракции растворителем для извлечения продуктов с более высокой стоимостью из остатков. Установки ROSE дают деасфальтированное масло, которые являются отличным сырьем для процессов каталитического крекинга и гидрокрекинга, а также для получения смол и асфальтенов, которые имеют множество применений. Технология ROSE основана на использовании легко доступного парафинового растворителя для экстракции

деасфальтированного масла из сырья, богатого асфальтенами. Растворитель отделяют от деасфальтированного масла в нижнем деасфальтированном сепараторе нефти, затем извлекают и рециркулируют. Выбор растворителя основан на желаемой деасфальтированной чистоте масла и выходе для данного сырья. Блок ROSE включает деасфальтированную масляную отпарную машину и асфальтовую отпарную колонну для полного извлечения и рециркуляции растворенного растворителя из двух выходящих потоков. Причиной расслоения при переводе раствора в СКФ состояние является то, что при соответствующих этому состоянию параметрах (температура 120-130 °С, давление 40-50 атм) растворимость деасфальтизата в пропане становится очень малой.

Сверхкритическая вода (СКВ: $T_{кр} - 374$ °С и $P_{кр} - 22,6$ МПа) является эффективным растворителем для извлечения тяжелой нефти [13]. Растворяющие свойства СКВ, такие как плотность и диэлектрическая постоянная, могут значительно варьироваться при изменении температуры и давления. СКВ растворяет легкие газы, масла и ароматические вещества [14]. Таким образом, условия растворителя сверхкритической воды могут быть выбраны для извлечения углеводородов из битуминозного песка и сланца. Изменение плотности сверхкритической воды влияет на направление реакции, скорость и равновесие, что влияет на распределение продукта при разложении тяжелых нефтей [15-17]. В работах [18,

19] показано, что механизмы превращений органических веществ в суб- и сверхкритической воде отличаются: в субкритической воде реакции протекают по механизму кислотно-основного катализа, а в сверхкритической воде реакции протекают, как правило, через образование свободных радикалов.

Экспериментальная часть и результаты

Степень извлечения природного битума из НБП экстракцией растворителями колеблется в пределах 99-100 мас. %. Извлеченный природный битум НБП месторождения Беке характеризуется следующими показателями: $\rho - 997,0$ кг/м³; $T_{заст} - 18$ °С; коксуемость - 30 %; зольность - 0,4 % мас.; содержание серы - 1,5 %; температура размягчения по КиШ - 20 °С; глубина проникания иглы 0,1 мм, при 0 °С - 17, в то время содержание природного битума в породах месторождения Мунайлы Мола составляет 16,4 мас. % и она характеризуется высокими значениями плотности, вязкости и коксуемости. Плотность битума месторождения Мунайлы Мола составляет 992,0 кг/м³, вязкость при 80 °С - 26,0 сСт. Природный битум имеет температуру застывания 16 °С и температуру размягчения 41 °С.

Данные по вещественному составу битумов месторождений Беке и Мунайлы Мола представлены в таблице 2. По данным группового углеводородного состава масла обеих место-

Таблица 1

Критические параметры состояния некоторых растворителей [11]

Растворитель	Критические параметры		
	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, г/см ³
Диоксид углерода	31,3	7,29	0,468
Аммиак	123,3	11,13	0,235
Вода	374,4	22,65	0,322
Метанол	240,5	7,89	0,278
Этанол	243,4	6,30	0,276
Изопропанол	235,2	4,70	0,274
Этан	32,4	4,83	0,203
Пропан	96,8	4,20	0,217
н-бутан	152,0	3,75	0,225
н-пентан	196,6	3,33	0,232
н-гексан	234,2	2,96	0,234
Бензол	288,9	4,83	0,302
Хлортрифторметан	28,8	3,90	0,579
Оксид азота	36,5	7,14	0,450
Диэтиловый эфир	193,6	3,63	0,265

рождений преимущественно состоят из насыщенных углеводородов: их доля достигает 67 % мас. месторождения Беке (32,8 % на битум) и 76 % мас. (24,1 % на битум) месторождения Мунайлы Мола. Среди аренов превалируют моноароматические углеводороды в битуме месторождения Беке и полиароматические углеводороды в битуме месторождения Мунайлы Мола.

По данным газожидкостного хроматографического анализа насыщенные углеводороды представлены гомологическим рядом н-алканов состава C_{13} - C_{31} . Наличие «нафтенового горба» в высокомолекулярной области обусловлено высоким содержанием циклических (нафтеновых) углеводородов битума месторождения Мунайлы Мола и усложняет идентификацию н-алканов выше C_{24} (рис. 1).

Масла природного битума месторождения Беке имеют меньшее содержание циклических углеводородов и н-алканов (рис. 2).

Молекулярно-массовое распределение (ММР) алканов имеет полимодальный характер с повышенными концентрациями высокомолекулярных гомологов. Максимум в ММР приходится на четные н-алканы C_{22} , C_{24} , C_{26} , что по геохимическим критериям указывает на то, что основной вклад в формирование исходного органического вещества битума обусловлен участием органического вещества континентального генезиса. Отсутствие в битуме низкомолекулярных н-алканов обусловлено условиями нахождения их в залежи.

Биароматические углеводороды представлены соединениями ряда нафталина. В битуме нафталины по концентрациям располагаются в ряд:

Триметилнафталины > диметилнафталины > метилнафталины > нафталин.

В битуме идентифицированы фенантрен и его метил- и диметилзамещенные изомеры.

По концентрациям они образуют ряд:

Диметилфенантрены > метилфенантрены > фенантрен.

В таблице 3 приведены данные по содержанию идентифицированных классов углеводородов в битуме.

Для извлечения природных битумов из нефтебитуминозных пород Казахстана впервые были проведены эксперименты по сверхкритической флюидной экстракции. Сначала эксперименты были проведены на стационарных реакторах-автоклавах объемом 12 см³, навеска нефтебитуминозной породы составляла 6 г. СКФ представляют собой не только хорошие растворители, а вещества с исключительно высоким коэффициентом диффузии, что позволяет им легко проникать в глубокие слои экстрагируемого материала. Вода в форме СКФ имеет плотность в три раза ниже, чем при обычных условиях. Для достижения сверхкритической точки растворителей была выбрана соответствующие значения температуры и давления для каждого растворителя. Время процесса в стационарном режиме составил 120 мин. После проведения сверхкритической экстракции органической части из нефтебитуминозных пород, выход газообразных продуктов определяли по потере массы реактора с образцом после удаления из реактора газовых продуктов. После отбора жидких продуктов реактор промывали хлороформом и взвешивали. Полученная разница между массой реактора до и после эксперимента определялась как минеральная часть нефтебитуминозной породы.

В результате процесса СКФ-экстракции из нефтебитуминозных пород были извлечены природные битумы, которые представляют собой смолообразную маловязкую массу красно-черного цвета (таблица 4).

Таблица 2

Групповой углеводородный состав природных битумов

Компоненты	Содержание, мас. %	
	Беке	Мунайлы Мола
Смолы	44,9	46,4
Асфальтены	5,9	6,0
Масла, в т.ч.:	49,2	47,6
Насыщенные углеводороды	32,8	24,1
Моноарены	8,7	6,2
Биарены	2,5	1,3
Триарены	1,5	2,2
Полиарены	3,7	13,8

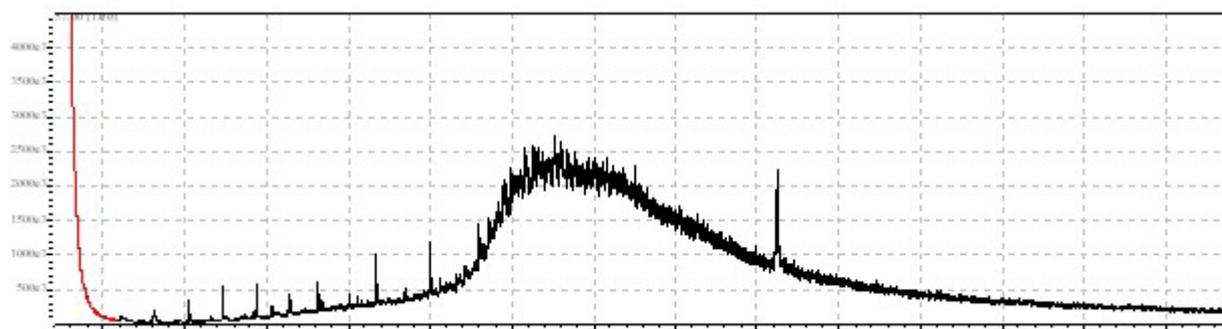


Рис. 1. ГЖ-хроматограмма масел природного битума месторождения Мунайлы Мола.

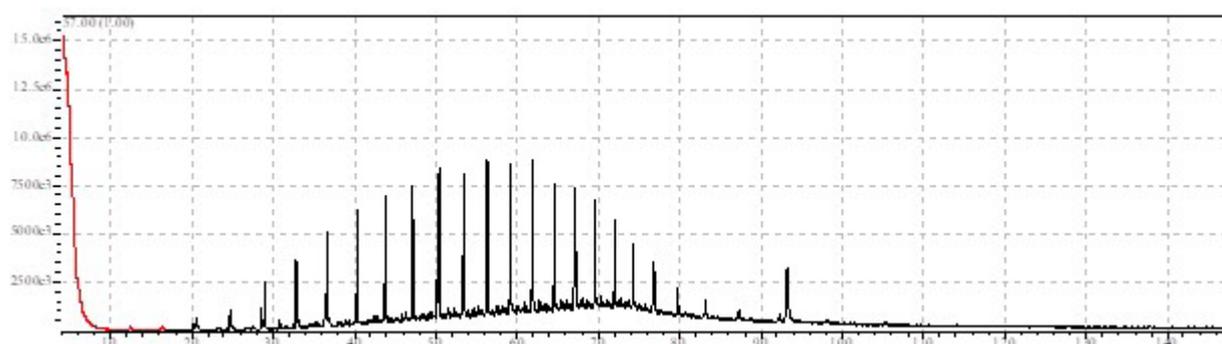


Рис. 2. ГЖ-хроматограмма масел природного битума месторождения Беке.

Таблица 3

Углеводородный состав масел, выделенных из битума месторождения Беке, по данным хромато-масс-спектрометрии

Углеводороды	Содержание, % отн.	Углеводороды	Содержание, % отн.
н-Алканы	68,7	н-Алкилтолуолы	1,9
Циклогексаны	1,4	Алкилнафталины	0,4
Терпаны	20,1	Алкилфенантрены	1,1
Стераны	2,4	Нафтенфенантрены	0,5
Нафтеномоноарены	2,3	Дибензотиофены	0,2
н-Алкилбензолы	1,0	Итого:	100

Сверхкритические флюиды как пропан и этанол являются растворителями с мягкими сверхкритическими условиями и экстрагирующая способность выше, чем обычный растворитель. Выход органической части НБП месторождения Беке при экстракции пропаном составил 4,3% мас. при температуре 125 °С и давлении 50 атмосфер, а выход органической части НБП месторождения Мунайлы Мола составил 10,18% мас. при температуре 100 °С. Выход органической части нефтебитуминозных пород месторождения Беке при

экстракции водой составил 0,73% мас., а месторождения Мунайлы Мола – 1,16 % мас.

Невысокий выход органической части НБП при стационарной сверхкритической флюидной экстракции обусловлен несовершенной схемой реактора и удалением продуктов экстракции из зоны реакции.

Дальше было проведено извлечение природного битума месторождения Беке методом СКФ-экстракции на проточной установке. В качестве растворителя использовались изопропанол и гексан.

Таблица 4

Выход природных битумов из нефтебитуминозных пород СКФ-растворителями

Месторождение НБП	Выход продукта, мас. %	Потеря массы, мас. %
СКФ-Пропан		
Беке	4,31	0,21
Мунайлы Мола	10,18	0,09
СКФ-Вода		
Беке	0,73	0,22
Мунайлы Мола	1,16	0,19
СКФ-Этанол		
Беке	0,76	0,28
Мунайлы Мола	0,96	0,39

Таблица 5

Условия процесса СКФ-экстракции

Условия экстракции	Растворитель	
	Изопропанол	Гексан
Температура, °С	297	255
Давление, атм	54,8	29,6
Скорость подачи растворителя, мл/мин	1	1
Объем растворителя, мл	320	320

Параметры растворителей в сверхкритическом состоянии представлены в таблице 1. Условия проведения процесса СКФ-экстракции показаны в таблице 5. Как видно из таблиц 1 и 5, сравнение условий проведения процесса СКФ-экстракции с критическими параметрами растворителей показывает, что в случае обоих растворителей достигаются критические состояния.

В результате процесса СКФ-экстракции из нефтебитуминозных пород месторождения Беке была извлечена органическая часть, которая представляет собой смолообразную вязкую массу чёрного цвета. Выход природного битума при экстракции изопропанолом составил 7,63% мас., а при извлечении гексаном – 7,32% мас. Холодной экстракцией хлороформом установлено содержание органической части в НБП 12,2 % мас., следовательно, извлечение битума СКФ составляет 60-62 %.

По окончании процесса экстракции реактор разбирали и выгружали оставшуюся минеральную часть, а из приёмников выгружали выделенную органическую часть в виде раствора. Растворители из органической части отгоняли при температуре кипения исходного чистого растворителя.

При разборе реактора после экстракции было выявлено, что в верхней части реактора наблюдается полное отделение органической части, а в нижней части из-за плохого распределения растворителя присутствует минеральная часть с неполным отделением органических компонентов. Визуально это было представлено как небольшое (высотой 1,5-2,0 см) слипшееся «кольцо» органической и минеральной части.

Сверхкритические флюиды обладают уникальными свойствами (проникающие, сольватирующие, экстракционные и др.). Сверхкритический изопропанол способен гидрировать двойные связи органических соединений и вести гидрогенолиз по одинарным связям, в том числе С-N, С-O, С-P, С-S. Выявлено, что сверхкритические спирты по реакционной способности по отношению к одному и тому же субстрату различаются очень сильно, например, по гидрирующей способности располагаются в следующем порядке: $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH} > \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} > \text{CH}_3\text{OH}$ [20].

СКФ изопропанол является эффективным восстановителем и обладает высокой проникающей способностью, легко преодолевает гидрофобно-гидрофильные барьеры при

Таблица 6

Фракционный и компонентный состав битумов, извлеченных различными СКФ растворителями

Фракционный состав	Содержание, мас. %		
	Экстракция с растворителем	СКФ-изопропанол	СКФ-гексан
Начало кипения, °С	116,8	80,2	77,1
Н.к.-200 °С	5,11	2,93	1,80
200-360 °С	20,18	38,71	25,24
> 360 °С	74,71	58,36	72,96
Компонентный состав, мас. %			
Асфальтены	5,94	11,32	4,49
Смолы	44,89	27,14	45,11
Масла	49,17	61,54	50,40

сорбции на поверхности, высокими экстракционными свойствами. Как видно из таблицы 6 образцы битума, извлеченные из НБП различными растворителями, отличаются фракционным составом. Извлеченные нефтепродукты из нефтебитуминозной породы характеризуются низкой температурой кипения. В фракционном составе продукта, извлеченного СК-изопропанолом содержание фракции до 200 °С уменьшилось на 2,18 мас. % по сравнению 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 41,64% мас. СК-гексан привел к незначительной деструкции углеводородов в составе битумов, фракция до 200 °С было 1,8%, но фракция 200-360 °С увеличилась до 25,24%.

Экспериментальные данные показывают, что СК-изопропанол положительно влияет на состав битума с образованием более низкого общего содержания асфальтено-смолистых компонентов (38,46 мас. %). Здесь, изопропанол может в данных условиях выступать в роли алкилирующего агента, компоненты битума могут реагировать с изопропанолом. В то время СК-гексан не повлиял на компонентный состав битума, он близок к составу исходного битума.

Заключение

В результате проведенных лабораторных исследований показано, что методом СКФ экстракции можно не только выделять при-

родный битум из НБП, но и влиять на состав получаемых продуктов. Состав битума может 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. Для извлечения битума месторождения Мунайлы Мола со степенью извлечения 62% оптимальным растворителем является СК-пропан при температуре 100 °С и давлении 4,25 МПа, для битума месторождения Беке – СК-гексан при температуре 255 °С и давлении 3 МПа (степень извлечения 60%).

Список литературы

- [1]. Анчита Х., Спейт Дж. Переработка тяжелых нефтей и нефтяных остатков Гидрогенизационные процессы / пер. с англ. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 384 с.
- [2]. 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. – № 9. – С. 987-999.
- [3]. Saadatmand M., Yarranton H.W., Moran K. Rag layers in oil sand froths // Ind. Eng. Chem. Res. – 2008. – Vol. 47. – P. 8828-8839.
- [4]. Chung T., Bae W., Lee J., Lee W., Jung B. A review of practical experience and management of the SAGD process for oil sands development // Energy Sources Part A. – 2011. – Vol. 34. – P. 219-226.
- [5]. Ongarbayev Y.K., Golovko A.K., Krivtsov E.B., Imanbayev Y.I., Tileuberdi E., Tuleutaev B.,

- Mansurov Z.A. Thermocatalytic Cracking of the Natural Bitumens of Kazakhstan // Solid Fuel Chemistry. – 2016. – Vol. 50, № 2. – P. 81-87.
- [6]. Wu J., and Dabros T. Process for solvent extraction of bitumen from oil sand // Energy Fuels. – 2012. – Vol. 26. – P. 1002-1008.
- [7]. Meng M., Hu H., Zhang Q., Li X., and Wu B. Pyrolysis behaviors of Tumuji oil sand by thermogravimetry (TG) and in a fixed bed reactor // Energy Fuels. – 2007. – Vol. 21. – P. 2245-2249.
- [8]. Kar Y. Co-pyrolysis of walnut shell and tar sand in a fixed-bed reactor // Bioresour. Technol. – 2011. – Vol. 102. – P. 9800-9805.
- [9]. Zhang A., Gao J., Wang G., Xu C., Lan X., Ning G., and Liang Y. Reaction performance and chemical structure changes of oil sand bitumen during the fluid thermal process // Energy Fuels. – 2011. – Vol. 25. – P. 3615-3623.
- [10]. Федяева О.Н. Превращения низкосортных топлив в сверхкритических водных флюидах: дис. ... док. хим. наук: 05.17.07. – Новосибирск, 2014. – 256 с.
- [11]. Филенко Д.Г., Дабашев М.Н., Винокуров В.А., Григорьев Е.Б. Сверхкритическая флюидная технология в нефтепереработке и нефтехимии // Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов. – 2011. – № 2 (7). – С. 82-92.
- [12]. Subramanian M., Hanson F.V. Supercritical fluid extraction of bitumens from Utah oil sands // Fuel Processing Technology. – 1998. – Vol. 55. – P. 35-53.
- [13]. El Harfi K., Bennouna C., Mokhlisse A., Chanaa M.B., Lemee L., Joffre J., Ambles A.J. Supercritical fluid extraction of Moroccan (Timahdit) oil shale with water // J. Analytical and Applied Pyrolysis. – 1999. – Vol. 50. – P. 163-174.
- [14]. Frank E.U. Special aspects of fluid solution at high pressures and sub- and supercritical temperatures // Pure and Applied Chemistry. – 1981. – Vol. 53. – P. 1401-1416.
- [15]. Sato T., Adschiri T., Arai K., Rampel G.R., Ng F.T.T., Upgrading of asphalt with and without partial oxidation in supercritical water // Fuel. – 2003. – Vol. 82. – P. 1231-1239.
- [16]. Уразгалиева А., Султанов Ф., Тенельбаев Д., Тулеутаев Б., Иманбаев Е., Тилеуберди Е., Онгарбаев Е. Переработка нефтебитуминозной породы месторождения Беке в целевые продукты // Промышленность Казахстана. – 2015. – № 4. – С. 78-81.
- [17]. Онгарбаев Е., Жамболова А., Иманбаев Е., Тилеуберди Е., Головко А., Мансуров З. Сверхкритическая флюидная экстракция природного битума месторождения «Беке» // Промышленность Казахстана. – 2016. – № 1. – С. 50-53.
- [18]. Watanabe M., Kato S., Ishizeki S., Inomata

H., Smith Jr. R.L. Heavy oil upgrading in the presence of high density water: basic study // J. Supercritical Fluids. – 2010. – Vol. 53. – P. 48-52.

- [19]. Akiya N., Savage P.E. Roles of water for chemical reactions in high-temperature water // Chemical Reviews. – 2002. – Vol. 102. – P. 2725-2750.
- [20]. 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 1879, 050003. – 2017.

Аса кризисті флюидтерді қолдану арқылы мұнайбитумды жыныстардан табиғи битумдарды бөліп алу

Е.И. Иманбаев¹, Е.К. Онгарбаев^{2,3}, Е. Тилеуберди^{3,4}

¹Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, 32 ш.а., Ақтау, Қазақстан

²«Қазақстан-Британ техникалық университеті, Төле би көшесі 59, Алматы, Қазақстан

³Жану проблемалары институты, Бөгенбай батыр көшесі 172, Алматы, Қазақстан

⁴Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, Алматы, Қазақстан

АНДАТПА

Алғаш рет аса кризисті флюидтер ортасында Беке және Мұнайлы Мола кен орындарынан табиғи битумдарын бөліп алу жүзеге асырылды. Қазақстанның мұнайбитумды жыныстарынан табиғи битумды бөліп алудың тиімді әдістің нәтижелері және оларды талдау нәтижелері келтірілген. Сонымен қатар, битумды термиялық өңдеу кезінде шайырлы-асфальтенді компоненттер мөлшерінің өзгеруін анықтау бойынша зерттеулер келтірілген. Аса кризисті флюидтер ортасындағы изопропанолмен бөліп алу нәтижесінде мұнай дистиллят фракцияларының шығымы 16 %-ға артып, шайырлы асфальтенді қосылыстардың мөлшері 12,37 %-ға төмендейтіні көрсетілген, бұл аса кризисті флюидтердің алкилдеу әсерімен түсіндіріледі.

Түйінді сөздер: аса кризисті флюид, табиғи битум, мұнайбитумды жыныс, бөліп алу, шайырлы-асфальтенді компоненттер.

The use of supercritical fluids for the extraction of natural bitumen from bituminous sands

Ye. Imanbayev¹, Ye. Ongarbayev^{2,3}, Ye. Tileuberdi^{3,4}

¹Yessenov University, 32 microdistrict, Aktau, Kazakhstan

²Kazakh-British Technical University, st. Tole bi 59, Almaty, Kazakhstan

³Institute of Combustion Problems, st. Bogenbai Batyr 172, Almaty, Kazakhstan

⁴Al-Farabi Kazakh National University, Ave. al-Farabi 71, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

First time, the extraction of natural bitumen from bituminous sands of Beke and Munaily Mola deposits in a supercritical fluids' environment

was carried out. The results of one of the most effective methods for extracting natural bitumen from bituminous sands of Kazakhstan and their analysis results are presented. It also provides research to establish changes in the amounts of resinous-asphaltene components during thermal processing of bitumen. It is shown that as a result of extraction in the supercritical isopropanol the yield of distillate fractions increases by 16 % and the content of resinous asphaltene components decreases by 12.37 %, which is explained by the alkylating effect of supercritical fluids.

Keywords: supercritical fluid, natural bitumen, bituminous sands, extraction, resinous-asphaltene components.