

Эльвира Адильбековна Байбазарова – старший преподаватель кафедры «Химия и химическая технология» Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, e-mail: evisko_87_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7059-9093>.

Information about the authors

Akmaral Darmenbayeva* – PhD, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Republic of Kazakhstan, e-mail: maral88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>.

Danagul Aubakirova – PhD, researcher at D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan, e-mail: d_8406@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9818-9854>.

Akmaral Orynbekova – master's student of the department of «Chemistry and Chemical Technology» of M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Republic of Kazakhstan. e-mail: maralzhanbo@gmail.com

Elvira Baybazarova – senior lecturer at the Department of Chemistry and Chemical Technology, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Republic of Kazakhstan, e-mail: evisko_87_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7059-9093>.

Редакцияға енуі 28.06.2024

Өңдеуден кейін түсуі 28.08.2024

Жариялауға қабылданды 29.08.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-43](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-43)



MPHTI: 61.53.91

Е.И. Иманбаев^{1*}, Е. Тилеуберди¹, Д. Мукталы¹, А.Н. Боранбаева², Б. Серкебаева³

¹Институт проблем горения, Алматы,

050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 172

²Университет Есенова,

130000, Республика Казахстан, г. Актау, микр-н 32

³Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» «КазНИПИМунайгаз»,

R00P0D6, Республика Казахстан, Мангистауская область, г. Актау, 35 мкр, участок 6/1

*e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ НЕФТЕШЛАМАМИ

Аннотация: В настоящее время в мире ученые рассматривают возможность использования нефтешламов в качестве вторичного сырья для различных целей. Известно, что применяемые в стране методы переработки некоторых нефтеотходов экономически неэффективны. Применение нефтешламов как вторичного сырья представляется одним из основных направлений в использовании их при модификации битумов и имеет большое практическое значение. В научно-исследовательской работе изучался состав и свойства нефтяных шламов Мангистауской области и возможность их потенциального использования для получения модифицированных битумов. Из проведенного лабораторного исследования установлено, что можно применять нефтешламы в качестве наполнителя при модификации битумов в сочетании со специальными модификаторами. В полученных образцах выявлено улучшение качества полученной смеси. Такой подход решает экологические проблемы по утилизации нефтеотходов. Результаты исследования подтверждают, что выбранные нефтешламы по своим физико-химическим характеристикам пригодны для использования в модифицировании дорожностроительных материалов. Представленная принципиальная технологическая схема модификации битумов нефтешламами позволяет нивелировать проблему утилизации нефтяных отходов с получением полимерно-битумного вяжущего и позволяет включить заключенный в нефтешламах ресурсный потенциал в технологический процесс.

Ключевые слова: нефтешламы, нефтяной битум, модификация, физико-химические характеристики, модификаторы.

Введение

Вместе с увеличением объема промышленного производства растёт количество промышленных отходов. Проблема ликвидации отходов, накопленных в результате деятельности предприятий нефтегазового комплекса, стоит достаточно остро, что в первую очередь связано с существенным ростом объемов добычи нефти и газа. Экологические

исследования, проведенные в последние десятилетия во многих странах мира, показали все возрастающее разрушительное воздействие антропогенных факторов на окружающую среду, которое привело ее на грань экологического кризиса. В настоящее время в мире ежегодно накапливается более 60 миллионов тонн нефтяных шламов [1-5]. В связи с увеличением спроса на нефтепродукты увеличивается и общий объем производства нефтешламов. Высокий рост добычи и переработки нефти во всем мире приводит к тому, что уровень загрязнения окружающей среды нефтепродуктами в настоящее время приобретает глобальный характер. В окружающую среду из нефтехимического производства попадают все больше новых ядовитых веществ, часть этих веществ накапливается в атмосфере, биосфере и гидросфере, что приводит к негативным экологическим последствиям. Накопление и хранение нефтешламов осуществляется в открытых земляных резервуарах – нефтешламовых амбарах различной конструкции. В связи с возрастающими требованиями к охране окружающей среды проблема утилизации нефтешламов и ликвидации нефтешламовых амбаров из года в год приобретает все большее значение.

Нефтяной шлам обычно содержит 10-50 мас. % углеводородов, 6-10 мас. % минеральных веществ [6]. Количество нефтешламов, образующихся на нефтеперерабатывающих заводах, зависит от многих факторов и условий, включая мощность нефтеперерабатывающего завода, методы хранения нефти, процессы нефтепереработки в дополнение к свойствам сырой нефти, таким как плотность и вязкость. Однако, как правило, на каждые 500 тонн переработанной сырой нефти образуется одна тонна нефтешлама [7, 8].

В работе [9] показано что в Китае количество нефтешлама, образовавшегося на нефтеперерабатывающих заводах и нефтяных месторождениях, в 2006 г. составило около $450 \cdot 10^3$ тонн. К 2011 году это значение увеличилось до $3 \cdot 10^6$ тонн. Исследование, проведенное Агентством по охране окружающей среды США, показало, что в США каждый нефтеперерабатывающий завод производит в среднем $30 \cdot 10^3$ тонн нефтешлама в год. По оценке авторов [10, 11] на нефтеперерабатывающих заводах Казахстана и стран СНГ образуется около 400-450 тыс. т нефтешламов в год, а их общий объем составляет 7,6 млн т. Нефтяные шламы обычно предлагают утилизировать или перерабатывать в масла, пригодные для повторного использования. Поэтому возникает необходимость определения их состава и воздействия на окружающую среду для эффективной переработки в масла.

В работе [12] была исследована модификация битума с добавлением нефтяных шламов. По результатам исследования выявлено, что компоненты нефтешламов приводит к снижению стабильности битума. Добавление серы при модификации битумов с нефтешламами привело к уменьшению сопротивления битумного вяжущего. Однако, добавление готового СБС-полимера привело к положительному эффекту, что увеличило окислительную стойкость битумных образцов. По результатам анализа установлено, что термическая стойкость асфальтобетонной смеси увеличивается от 25 до 50% при добавлении серы и на 2-7% при добавлении СБС-полимера.

Указом Президента от 30 мая 2013 года № 577 утверждена концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Согласно данной Концепции, к 2030 году доля переработки отходов должна быть доведена до 40%, к 2050 году – до 50%. В этой связи, данное научное направление имеет высокую значимость в утилизации промышленных отходов и способствуют снижению техногенной нагрузки на окружающую среду.

Анализ литературных данных показывает, что в исследованиях в этом направлении имеется принципиальный пробел. Он заключается в том, что для большинства видов нефтешламов нет единой технологии для утилизации нефтешламов, позволяющей получить вторичное сырье. То есть существующие технологии переработки нефтешламов предусматривают получение на его основе печного топлива, мазута и нефти, однако использование таких способов для суспензионных и битуминозных типов шламов, содержащих тяжелые фракции углеводородов (асфальтены и смолы) и большое количество минеральных компонентов, неэкономично.

Целью данного исследования является определение состава нефтяного шлама, образующегося на нефтеперерабатывающем предприятии, для изучения возможности применения для получения модифицированных битумов.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали нефтешламы из амбаров, полигона, из шламонакопителей и отстойника месторождений Каражанбас, Жетыбай и Узень.

Для определения содержания органической части нефтешламов использовали метод экстракции органическим растворителем (бензолом) в аппарате Сокслета. Содержание воды в нефтешламе определяли по ГОСТ 2477-65. Сущность метода состоит в нагревании пробы нефтепродукта с нерастворимым в воде растворителем и измерении объема сконденсированной воды. Содержание металлов определено на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «Спектроскан Макс-G». Концентрация хлористых солей в нефти определена согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 21534-76. Сущность метода заключается в извлечении хлористых солей из нефти водой и индикаторном титровании их в водной вытяжке. Массовое содержание механических примесей определено согласно ГОСТ 6370-83, сущность которого заключается в фильтровании испытуемых продуктов с предварительным растворением медленно фильтрующихся продуктов в толуоле, промывании осадка на фильтре растворителем с последующим высушиванием и взвешиванием. Определение плотности нефтешлама проведено с использованием пикнометра по ГОСТ 3900-85. Фракционный состав органической части определяли по ASTM 2887 на газовом хроматографе Кристалл 5000.2. Вещественный состав органической части нефтешламов определяли методом колоночной хроматографии с использованием растворителей и их смесей.

Для модификации битумов нефтешламами приготовили нагретый битум в реакторе до 180°C, добавляли определенное количество нефтешлама от 20 до 40 мас. % от массы битума и модификатора типа СБС, затем смешивали в течение 3 часов со скоростью 1000 оборотов в минуту. После остывания образцов были определены их физико-механические показатели. Для установления соответствия модифицированного битума требованиям технических условий (ТУ) для полимер-битумных вяжущих определены следующие основные физико-механические характеристики: Температуру размягчения определяли методом «Кольцо и шар» по СТ РК 1227. Пенетрация определяется пенетрометром по СТ РК 1226. Растяжимость определяли дуктилометром ЦКБ-974Н по СТ РК 1374. Температура хрупкости по Фраасу определяли на аппарате для определения температуры хрупкости битумов АТХ-04 по СТ РК 1229.

В качестве модификатора для увеличения совместимости битума с компонентами нефтешламов использовали готовый полимер СБС-01-10 (стирол-бутадиен-стирол), SBS LG-501 (LG Luprene, Южная Корея), SBS Luprene LG-501S (LG Chem., Южная Корея), SBS T6302L (Shanghai Fuyou International Trading Co., Китай), Elvaloy (США).

Результаты и обсуждение

Из таблицы 1 видно, что в составе нефтешламов содержание механических примесей очень мало (0,0025 мас. %). Легкие фракции нефти не полностью испарились, выход фракции до 200°C составил 21,5 мас. %, а до 300°C – 38,2 мас. %. Массовое содержание серы в нефти составило 1,2%, парафинов 18,5% и характеризуется высокой плотностью (0,92 г/см³) и высокой кинематической вязкостью (140,4 мм²/сек).

Таблица 1 – Основные физико-химические характеристики нефтешлама месторождения Узень

Название параметров	Результат испытаний
Плотность при температуре 20°C, кг/м ³	920,3
Содержание парафина, мас. %	18,5
Содержание воды, мас. %	0,0
Концентрация хлористых солей, мг/дм ³	21,5
Содержание механических примесей, мас. %	0,0025
Температура потери текучести, °C	– 6,0
Содержание серы, мас. %	1,2
Вязкость кинематическая при 50°C, мм ² /сек	140,4

Как видно из таблицы 2, нефтешлам месторождения Жетыбай характеризуется высоким содержанием воды (38,9%) и механических примесей (37,8%). Увеличение механических примесей в отстойниках объясняется тем, что при коалесценции капель воды на границе

раздела фаз происходит концентрирование механических примесей и частиц стабилизаторов в промежуточном слое, поскольку механические примеси, входящие в состав защитных оболочек глобул воды, не переходят в водную фазу. Содержание смолы составляет 8,4 %. На основе полученных результатов установлено, что в составе нефтешламов имеется значительное количество тяжелых фракций нефти. При разных условиях и источниках накопления нефтешламов происходит постепенное усреднение состава нефтяных шламов.

Таблица 2 – Основные физико-химические характеристики нефтешлама месторождения Жетыбай

Наименование показателя	Результат испытаний
Содержание воды, мас. %	38,9
Содержание механических примесей, мас. %	37,8
Содержание хлористых солей, мг/л	2339,4
Содержание парафина, мас. %	22,5
Содержание смол, мас. %	8,4
Содержание асфальтенов, мас. %	0,5

В таблице 3 представлены физико-химические свойства и состав нефтяных шламов месторождения Каражанбас разного происхождения.

Таблица 3 – Физико-химические свойства и состав нефтешламов месторождения Каражанбас

Наименование показателя	Виды нефтешламов			
	Амбар	Полигон	Шламонакопитель №1	Шламонакопитель № 2
Содержание воды, мас. %	13,0	14,2	15,6	40,7
Плотность нефтешлама, г/см ³	0,98	–	1,81	1,58
Содержание хлористых солей, мг/л	39303,5	1955,4	7011,4	10745,7
Содержание минеральной части, мас. %	0,69	53,9	69,5	49,4
Органическая часть, мас. %	86,3	31,9	14,9	9,9
В том числе:				
парафины	11,5	0,32	0,49	0,32
асфальтены	19,8	6,6	0,95	0,65
смолы	3,7	1,8	3,31	1,94
парафиновые углеводороды	62,9	77,48	67,18	74,06
нафтеновые углеводороды	–	13,69	11,56	9,34
ароматические углеводороды	2,1	0,11	16,51	13,69
Фракционный состав, % об.				
Н.к. – 60°C	–	–	0,69	1,77
60-100°C	0,12	2,32	2,34	1,77
100-125°C	0,15	2,32	3,48	2,81
125-150°C	0,15	2,94	3,60	3,77
150-170°C	0,26	3,39	4,39	5,65
170-200°C	0,96	4,47	7,24	17,46
200-225°C	2,47	5,96	7,37	18,44
225-250°C	4,30	6,56	11,75	21,83
250-285°C	10,78	11,73	18,51	26,51
285-300°C	14,89	15,11	22,58	29,28
остаток	65,92	84,89	77,42	70,72
свинец (Pb), ppm	27	169	13,1	17,5
никель (Ni), ppm	45	43	31,3	42,3
железо (Fe), ppm	490	1996,6	2556,2	617,1
марганец (Mn), ppm	1	156	41,3	5,6
ванадий (V), ppm	96	111	131,8	229,5
цинк (Zn), ppm	3	56	2,9	6,0
Плотность органической части, г/см ³	0,947	0,932	0,845	0,836

Результаты испытаний показали, что лучшие показатели качества углеводородной части характерны для нефтешламов, полученных из накопительного резервуара. Один из важных показателей, на который необходимо ориентироваться при оценке качества - это фракционный состав, который позволяет выбрать наиболее оптимальный способ переработки нефти. Из таблицы 3 наглядно видно распределение по фракциям, в частности, среди легких бензиновых фракций, максимальная доля содержится в продукте из шламонакопителя № 2 (17,5%), керосиновых фракций в продуктах из шламонакопителей № 1 и № 2 (22,5 и 29% соответственно) и тяжелых масляных фракций около 20%.

Среди обнаруженных металлов огромный интерес представляет ванадий. В настоящее время ванадий главным образом используется в качестве добавки к стали для обеспечения большей прочности и коррозионной стойкости. Он также примечателен тем, что может находиться в четырех различных степенях окисления, что позволяет использовать его в качестве катализатора при получении серной кислоты. В будущем его будут использовать в основном в ванадиевых окислительно-восстановительных батареях для накопления и хранения энергии в больших масштабах, особенно в сочетании с источниками солнечной и ветровой энергии. Ванадий все чаще используется в высокопрочных металлах в аэрокосмической и транспортной промышленности. Согласно полученным результатам таблицы 3, содержание ванадия во всех пробах варьирует от 96 до 230 ppm. Большое содержание наблюдается в пробах из накопительных резервуаров 132 и 230 ppm. Известно, что стабилизаторами эмульсий и нефтяных шламов являются механические примеси. В изучаемых образцах установлено высокое содержание механических примесей. Вместе с тем, данные отложения содержат в составе достаточно высокое содержание смолисто-асфальтовых компонентов – природных эмульгаторов, что способствует высокой стабильности нефтяных шламов. Содержание железа в составе нефтешламов свидетельствует о присутствии продуктов коррозии.

Ввиду того, что в нефтешламах месторождения Каражанбас содержатся ценные металлы, для модификации битумов были выбраны нефтешламы месторождений Узень и Жетыбай. Нефтешлам месторождения Жетыбай представляет собой малоподвижную массу с высоким содержанием парафинистых углеводородов. Результаты анализа показывают, что с увеличением содержания добавляемого нефтешлама более 30 % по отношению к битуму, не привело к положительным результатам (табл. 4). Вяжущее с содержанием 25% нефтешлама по показателям технически удовлетворяет требования ТУ на ПБВ 60. С увеличением количества добавляемого нефтешлама температура размягчения по КиШ незначительно повышается, но затем при добавке 15-20% снижается. Пенетрация битумных вяжущих понижается, но затем при добавке 20 % повышается. Растяжимость полученных образцов достигает максимального значения при добавлении 20 % нефтешлама. Вяжущее, с содержанием менее 15% нефтешлама по техническим показателям, соответствует нормативным значениям ПБВ 40.

Таблица 4 – Физико-механические характеристики модифицированных битумов с нефтешламом месторождения Жетыбай

Содержание нефтешлама, мас. %	Пенетрация	Температура размягчения, °C	Растяжимость, см
5	49	54	21
10	45	67	17
15	40	53	22
20	79	57	27
25	61	73	20
30	57	74	13
35	51	78	9
40	46	85	8
Требования по ТУ ПБВ 40	40	Не менее 56	Не менее 15
Требования по ТУ ПБВ 60	60	Не менее 54	Не менее 25

Как видно из таблицы 5, с уменьшением количества нефтешлама наблюдается повышение, затем снижение пенетрации. С увеличением содержания нефтешлама растяжимость битумных вяжущих понижается. Размягчение битумных вяжущих по КиШ уменьшается при содержании 35% нефтешлама, затем резко повышается. Результаты

испытаний показали, что из полученных образцов модифицированных битумов с нефтешламом из месторождения Узень при содержании 40% соответствует фактическим показателям требований по ТУ ПБВ 40. Вяжущее с содержанием 20% нефтешлама по показателям технически удовлетворяет требования ТУ на ПБВ 90.

Полученные данные показывают структурирование битума, вызванного взаимодействием парафинонафтеновых углеводородов с полимерной составляющей нефтешлама. Но повышенное содержание нефтешлама более 30% может привести к набуханию полимеров и разрушению структурирования битума в углеводородных растворителях. Необходимо отметить, что минимальные значения растяжимости битумов с увеличением содержания нефтешлама свидетельствуют о наличии в готовом продукте парафиновых соединений. Повышение содержания нефтешлама приводит к образованию наиболее прочной коллоидной системы битума.

Таблица 5 – Физико-механические характеристики модифицированных битумов с нефтешламом месторождения Узень

Наименование показателя	Содержание нефтешлама, мас. %					ПБВ 40	ПБВ 90
	20	25	30	35	40		
Пенетрация	40	96	100	86	87	40	90
Температура размягчения, °С	59	46	58	63	71	Не менее 56	Не менее 51
Растяжимость, см	30	24	27	17	14	Не менее 15	Не менее 30

Были проведены лабораторные исследования по изучению эффективности влияния различных модификаторов на свойства модифицированных битумов. Как видно из таблицы 6 модифицированный битум с модификатором Elvaloy при содержании 1,5% удовлетворяет требования ТУ ПБВ 130 по пенетрации, температуре размягчения и температуре хрупкости, но растяжимость битумных вяжущих не отвечает требованиям. Такое явление происходит из-за повышенной концентрации используемого нефтешлама (20%), вследствие которого парафиновые соединения не вступают в реакцию компонентами битума, а играют роль наполнителя в битумной массе.

Таблица 6 – Физико-механические характеристики модифицированных битумов с нефтешламом месторождения Узень и различными модификаторами

Наименования показателя	Содержание модификатора, мас. %				ПБВ 60	ПБВ 90	ПБВЭ 130
	1,5% Elvaloy	4% SBS LG-501	4% SBS Luprene	6% SBS T6302L			
Пенетрация	131	99	103	75	60	90	91-130
Температура размягчения по КиШ, °С	56	47	47	58	Не менее 54	Не менее 51	Не менее 51
Растяжимость, см	41,5	39	63	31,5	Не менее 25	Не менее 30	Не менее 65
Температура хрупкости, °С	-23,8	-21,1	-23,7	-23,9	Не более -20	Не более -25	Не более -25

Результаты испытаний показали, что полученные образцы модифицированных битумов с модификаторами SBS LG-501 и SBS Luprene LG-501S соответствует фактическим показателям требований по ТУ ПБВ 90, но только температура размягчения на 4 показателя ниже, чем требования технических условий для полимер-битумных вяжущих. Вяжущее с содержанием 6% SBS T6302L модификатора по показателям технически удовлетворяет требования ТУ на ПБВ 60. Повышение температуры хрупкости объясняется тем, что повышенное содержание полимера приводит к прочному сшиванию битумных компонентов.

В таблице 7 представлены результаты исследования модификации битумов с нефтешламами месторождения Жетыбай в соотношении битум/нефтешлам (80/20) при

различном содержании модификатора. Результаты испытаний показали несовместимость системы битум/нефтешлам с модификатором Elvaloy и что оно удовлетворяет требования ТУ ПБВ 90 только по двум показателям: глубина проникновения иглы и температура хрупкости. Как видно из таблицы 7, полученные образцы модифицированных битумов с модификаторами SBS LG-501 и SBS T6302L по всем показателям отвечают требованиям ТУ на ПБВ 60, но только температура хрупкости на 3 показателя выше, чем в требованиях ТУ полимер-битумных вяжущих.

Таблица 7 – Физико-механические характеристики модифицированных битумов с нефтешламом месторождения Жетыбай и различными модификаторами

Наименования показателя	Содержание модификатора, мас. %			ПБВ 60	ПБВЭ 90
	1,5% Elvaloy	4% SBS LG-501	6% SBS T6302L		
Пенетрация	83	70	68	60	61-90
Температура размягчения по КиШ, °C	52	54	54	Не менее 54	Не менее 54
Растяжимость см	51,5	77	29	Не менее 25	Не менее 65
Температура хрупкости, °C	–19,4	–18,2	–23	Не более –20	Не более –25

Из проведенного лабораторного исследования установлено, что можно применять нефтешламы в качестве наполнителя при модификации битумов. В нескольких образцах показано повышение качества смеси, увеличение прочности, кроме того, решаются экологические вопросы по утилизации отходов нефтепроизводства с наименьшими экологическими нагрузками на окружающую среду.

Исходя из результатов проведенных исследований была разработана принципиальная технологическая схема переработки нефтесодержащих отходов с получением вторичной продукции в виде битумных композиций (рис. 1). Модификация битумов нефтешламами по данной технологии осуществляется следующим образом: нефтешлам поступает в обогреваемый блок бункер (1), где разогревается до текучего состояния и от него отделяются механические примеси и вода. Затем вязкий нефтешлам через кассетные фильтры направляется в емкость предварительного смешения (2). В емкость смешения подается исходное сырье (дорожный битум и модификаторы) вместе с нефтешламом, где смесь предварительно смешивается при температуре 160°C до гомогенного состояния. После этого смесь насосом (3) перекачивается в коллоидную мельницу. В коллоидной мельнице (4) происходит основной процесс модификации битумов при атмосферном давлении и температуре 180°C. Модифицированный битум из коллоидной мельницы направляются в охлаждающую колонну (5) для полного очищения от газов с помощью вакуумной дегазации. В результате модификации битумов нефтешламами в охлаждающей колонне получаются газы от легких фракций нефтешламов. Образовавшие газы поступают в блок очистки газа (6) для очистки от сернистых и других вредных газов, и получения топливного газа. После полного удаления газов из охлаждающей колонны готовое битумное вяжущее откачивается насосом перекачки (7) в емкости для битумов.

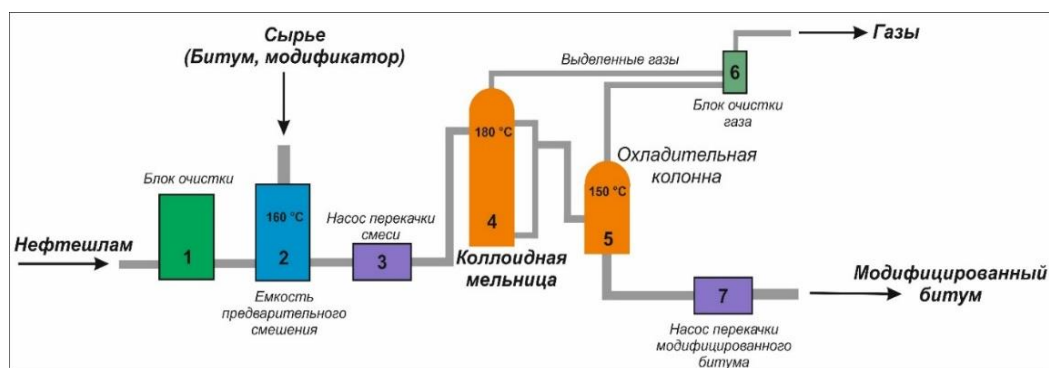


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема модификации битумов нефтешламами

Представленная принципиальная технологическая схема модификации битумов нефтешламами позволяет эффективно утилизировать и перерабатывать нефтешламы с получением вторичного битума для дорожного строительства.

Заключение

Результаты исследований нефтешламов месторождения Каражанбас можно сделать вывод, что они содержат достаточное количество металлов и практически наполовину состоят из механической примеси и воды. А также по результатам проведенных физико-химических исследований установлено, что содержание нефтепродуктов в отходах очень низкое, поэтому отходы непригодны для их переработки с извлечением нефти. Данные отложения представляют интерес в качестве вторичного сырья для применения в дорожном строительстве после извлечения ценных металлов.

По результатам экспериментальных работ нефтешламы месторождений Узень и Жетыбай можно применять в качестве наполнителя с модификатором для получения полимер-битумных вяжущих. В результате достигнуто улучшение эксплуатационных свойств получаемого продукта. Целью применения нефтешлама в модификации битумов является удешевление рецептуры битумного вяжущего, а также утилизация промышленных отходов для повышения экологической безопасности окружающей среды.

Список литературы

1. Боковикова Т.Н. Использование нефтешламов при строительстве дорог / Т.Н. Боковикова, Е.Р. Шпербер. // Экология и промышленность России. – 2010. – № 4. – С. 34-35.
2. Application of flocculant and coagulant in treatment of oily pollutants: a mini review / Y. Yang et al // Petroleum Science and Technology. – 2024. – P. 1-17.
3. Al-Doury M.M.I. Treatment of Oily Sludge Using Solvent Extraction / M.M.I. Al-Doury // Petroleum Science and Technology. – 2019. – Vol. 37(2). – P. 190-196.
4. Ишекенова Б. Как в Казахстане разбираются с нефтяными отходами [Электрон. ресурс]. – 2020. – URL: <https://ism.kz/kak-v-kazahstane-razbirayutsya-s-neftyanyimi-othodami>.
5. Темиргалиев С. Превращая отходы в доходы [Электрон. ресурс]. – 2015. – URL: <https://kazpravda.kz/n/prevrashchaya-othody-v-dohody-32/>.
6. Wastes from the petroleum industries as sustainable resource materials in construction sectors: Opportunities, limitations, and directions / A. Nilofar et al // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 284. – P. 125459.
7. Utilization of oil sludge as rejuvenator in hot-mix-asphalt containing reclaimed asphalt concrete / M.A. Dalhat et al // Construction and Building Materials. – 2022. – Vol. 338. – P. 127483.
8. Guangji H. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: A review / H. Guangji, L. Jianbing, Z. Guangming // Journal of Hazardous Materials. – 2013. – Vol. 261. – P. 470-490.
9. da Silva L.J. A review of the technological solutions for the treatment of oily sludges from petroleum refineries / L.J. da Silva, F.C. Alves, F.P. de França. // Waste Management Research. – 2012. – Vol. 30. – P. 1016-1030.
10. Al Zubaidy I.A. Production of sustainable pavement with oil sludge / I.A. Al Zubaidy, A.K. Al-Tamimi // Road Materials and Pavement Design. – 2014. – Vol. 15(3). – P. 691-700.
11. Nurul N.M.P. A Review on the Treatment of Petroleum Sludge and Use as Construction Materials / N.M.P. Nurul, S.A.S. Mohamad // Civil and Sustainable Urban Engineering. – 2022. – Vol. 2(1). – P. 12-20.
12. Karami E. Upgrading Iranian petroleum sludge using polymers / E. Karami, T.J. Behbahani // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2018. – Vol. 8. – P. 1319-1324.

References

1. Bokovikova T.N. Ispol'zovanie nefteshlamov pri stroitel'stve dorog / T.N. Bokovikova, E.R. Shperber. // Ehkologiya i promyshlennost' Rossii. – 2010. – № 4. – S. 34-35. (In Russian).
2. Application of flocculant and coagulant in treatment of oily pollutants: a mini review / Y. Yang et al // Petroleum Science and Technology. – 2024. – P. 1-17. (In English).
3. Al-Doury M.M.I. Treatment of Oily Sludge Using Solvent Extraction / M.M.I. Al-Doury // Petroleum Science and Technology. – 2019. – Vol. 37(2). – P. 190-196. (In English).

4. Ishekenova B. Kak v Kazakhstane razbirayutsya s neftyanymi otkhodami [Elektron. resurs]. – 2020. – URL: <https://ism.kz/kak-v-kazakhstane-razbirayutsya-s-neftyanymi-othodami>. (In Russian).
5. Temirgaliev S. Prevrashchaya otkhody v dokhody [Elektron. resurs]. – 2015. – URL: <https://kazpravda.kz/n/prevrashchaya-othody-v-dohody-32/>. (In Russian).
6. Wastes from the petroleum industries as sustainable resource materials in construction sectors: Opportunities, limitations, and directions / A. Nilofar et al // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 284. – R. 125459. (In English).
7. Utilization of oil sludge as rejuvenator in hot-mix-asphalt containing reclaimed asphalt concrete / M.A. Dalhat et al // Construction and Building Materials. – 2022. – Vol. 338. – R. 127483. (In English).
8. Guangji H. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: A review / H. Guangji, L. Jianbing, Z. Guangming // Journal of Hazardous Materials. – 2013. – Vol. 261. – P. 470-490. (In English).
9. da Silva L.J. A review of the technological solutions for the treatment of oily sludges from petroleum refineries / L.J. da Silva, F.C. Alves, F.P. de França. // Waste Management Research. – 2012. – Vol. 30. – P. 1016-1030. (In English).
10. Al Zubaidy I.A. Production of sustainable pavement with oil sludge / I.A. Al Zubaidy, A.K. Al-Tamimi // Road Materials and Pavement Design. – 2014. – Vol. 15(3). – P. 691-700. (In English).
11. Nurul N.M.P. A Review on the Treatment of Petroleum Sludge and Use as Construction Materials / N.M.P. Nurul, S.A.S. Mohamad // Civil and Sustainable Urban Engineering. – 2022. – Vol. 2(1). – P. 12-20. (In English).
12. Karami E. Upgrading Iranian petroleum sludge using polymers / E. Karami, T.J. Behbahani // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2018. – Vol. 8. – P. 1319-1324. (In English).

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МНВО РК по проекту грантового финансирования AP22784648 «Разработка эффективной технологий переработки нефтяных шламов для получения ценных продуктов».

Е.И. Иманбаев^{1*}, Е. Тілеуберді¹, Д. Мұқталы¹, А.Н. Боранбаева², Б. Серкебаева³

¹Жану проблемалары институты,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Бөгенбай батыр к-сі, 172

²Есенов университеті,

130000, Қазақстан Республикасы, Ақтау қаласы, Н 32 шағын ауданы

³«КМГ Инжиниринг» ЖШС филиалы «ҚазНИПИмұнайгаз»,

R00P0D6, Қазақстан Республикасы, Маңғыстау облысы, Ақтау қаласы, 35 ш / а, 6/1 учаске

*e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru

МҰНАЙ ШЛАМДАРЫМЕН БИТУМДЫ МОДИФИКАЦИЯЛАУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта дүние жүзінің ғалымдары мұнай шламын әртүрлі мақсаттарда екінші реттік шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігін қарастыруда. Елімізде кейбір мұнай қалдықтарын өңдеудің қазіргі әдістері экономикалық тиімді емес екені белгілі. Битумды модификациялауда мұнай шламын қайталама шикізат ретінде пайдалану оларды қолданудың негізгі бағыттарының бірі болып көрінеді және үлкен практикалық маңызға ие. Зерттеу жұмысында Маңғыстау облысындағы мұнай шламдарының құрамы мен қасиеттері және оларды модификацияланған битум алу үшін тиімді пайдалануға болатыны зерттелді. Зертханалық зерттеу нәтижесінде мұнай шламын арнайы модификаторлармен бірге битумды модификациялау кезінде толтырғыш ретінде пайдалануға болатыны анықталды. Зерттеу нәтижесінде алынған үлгілер алынған қоспаның сапасының жақсарғанын көрсетті. Бұл тәсіл мұнай қалдықтарын кәдеге жаратуға байланысты экологиялық мәселелерді шешеді. Зерттеу нәтижелері таңдалған мұнай шламы өзінің физикалық және химиялық сипаттамаларына байланысты жол құрылыс материалдарын түрлендіруге жарамды екенін растайды. Битумды мұнай шламымен модификациялаудың ұсынылған негізгі технологиялық схемасы полимер-битум байланыстырғышты өндіру арқылы мұнай қалдықтарын қайта өңдеу мәселесін жоюға мүмкіндік береді және мұнай шламының құрамындағы ресурстық потенциалды технологиялық процеске қайтаруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: мұнай шламы, мұнай битумдары, модификация, физикалық-химиялық сипаттамалары, модификаторлар

Y.I. Imanbayev^{1*}, Y. Tileuberdi¹, D. Muktaly¹, A.N. Boranbayeva², B. Serkebaeva

¹Institute of Combustion Problems,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, 172 Bogenbai Batyr str.

²Yessenov University,
130000, Aktau, Republic of Kazakhstan, micr-n 32

³KazNIPImunaigas Branch of KMG Engineering,
R00P0D6, Republic of Kazakhstan, Mangystau region, Aktau, 35 mkr, plot 6/1
*e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru

RESEARCH PROCESSES OF MODIFICATION BITUMEN WITH OILY SLUDGE

Currently, scientists around the world are considering the possibility of using oily sludge as a secondary raw material for various purposes. It is known that the current methods in the country for processing some oil waste are not economically efficient. The use of oily sludge as a secondary raw material seems to be one of the main directions in their use in the modification of bitumen and is of great practical importance. The research work studied the composition and properties of oily sludge from the Mangystau region and how they could potentially be used to produce modified bitumen. From a laboratory study, it was established that oily sludge can be used as a filler when modifying bitumen together with special modifiers. The obtained samples showed an improvement in the quality of the obtained mixture. This approach solves environmental problems related to oil waste disposal. The results of the study confirm that the selected oily sludges, due to its physical and chemical characteristics, is suitable for use in modifying road building materials. The presented basic technological scheme for modifying bitumen with oily sludge makes it possible to eliminate the problem of recycling oil waste with the production of a polymer-bitumen binder and allows the resource potential contained in oily sludge to be returned to the technological process.

Key words: oily sludge, bitumen, modification, physical and chemical characteristics, modifiers

Сведения об авторах

Ержан Иманбаевич Иманбаев* – PhD, Ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник Института проблем горения; e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8273-0020>.

Динара Мукталы – PhD, старший научный сотрудник Института проблем горения; e-mail: dinara.muktaly@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1139-5488>.

Ербол Тилеуберди – PhD, Ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник Института проблем горения; e-mail: er.tileuberdi@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9733-5015>.

Асия Нурлыбаевна Боранбаева – PhD, старший преподаватель кафедры «Естественные науки» университета Есенова; e-mail: assiya.boranbayeva@yu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0592-3782>.

Базаргул Серкебаевна Серкебаева – заведующая лабораторией физико-химических исследований нефти Филиала «КазНИПИмұнайгаз» КМГ Инжиниринг; e-mail: Serkebayeva_B@kaznipi.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0288-7210>.

Авторлар туралы мәлімет

Ержан Иманбайұлы Иманбаев* – PhD, қауымдастырылған профессор, Жану проблемалары институты жетекші ғылыми қызметкер; e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8273-0020>.

Динара Мұқталы – PhD, Жану проблемалары институты аға ғылыми қызметкер; e-mail: dinara.muktaly@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1139-5488>.

Ербол Тілеуберді – PhD, қауымдастырылған профессор, Жану проблемалары институты жетекші ғылыми қызметкер; e-mail: er.tileuberdi@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9733-5015>.

Асия Нұрлыбайқызы Боранбаева – PhD, Есенов университеті «Жаратылыстану ғылымдары» кафедрасының аға оқытушысы; e-mail: assiya.boranbayeva@yu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0592-3782>.

Базаргул Серкебайқызы Серкебаева – «КМГ Инжиниринг» ЖШС филиалы «КазНИПИмұнайгаз» мұнайды физика-химиялық зерттеу зертханасы меңгерушісі; e-mail: Serkebayeva_B@kaznipi.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0288-7210>.

Information about authors

Yerzhan Imanbaiuly Imanbayev* – PhD, Associate Professor, Leading Researcher at Institute of Combustion Problems; e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8273-0020>.

Dinara Muktaly – PhD, Senior Researcher at Institute of Combustion Problems; e-mail: dinara.muktaly@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1139-5488>.

Yerbol Tileuberdi – PhD, Associate Professor, Leading Researcher at Institute of Combustion Problems; e-mail: er.tileuberdi@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9733-5015>.

Asiya Nurlybaevna Boranbayeva – PhD, senior lecturer at the Department of Natural Sciences of Yessenov University; e-mail: assiya.boranbayeva@yu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0592-3782>.

Bazargul Serkebaevna Serkebaeva – Head of the Laboratory of Physical and Chemical Research of Petroleum of the KazNIPImunaigas Branch of KMG Engineering; e-mail: Serkebayeva_B@kaznipi.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0288-7210>.

Поступила в редакцию 26.06.2024

Поступила после доработки 21.08.2024

Принята к публикации 22.08.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-44](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-44)



МРНТИ: 67.15.49

И. Байдуллаев¹, Г.С. Айткалиева¹, М.А. Елубай^{2*}, Н.С. Демеубаева¹, А.А. Амитова¹

¹Сатпаев университет,

050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаев 22

²Торайгыров университет,

140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул.Ломова 64

*e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz

РЕГЕНЕРИРОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ АСФАЛЬТОВЫХ ПОКРЫТИЙ ОМОЛАЖИВАЮЩИМИ СРЕДСТВАМИ

Аннотация: Переработка регенерированного асфальтового покрытия выполняет важную функцию для достижения устойчивой и экологически безопасной дорожно-строительной отрасли. На основе регенерированного асфальтового покрытия (РАП) можно производить новый асфальт с небольшим количеством первичного сырья. Это позволит сократить количество требуемой энергии, необходимой для добычи и переработки первичных материалов для асфальтовых покрытий, вместе с тем и количество отходов, образующихся при реконструкции дорог. Несмотря на эти преимущества, дорожные агентства неохотно используют высокие доли материалов РАП в новом производстве асфальта, поскольку присутствие большого объема окисленного битума из РАП в новых смесях делает их менее обрабатываемыми и менее уплотняемыми, чем смеси только с первичным битумом. Также следует помнить о высокой жесткости смесей РАП, которая затруднит их использование. Для преодоления этой проблемы можно использовать различные методы, одним из наиболее эффективных является добавление омолаживающих средств. В данной статье описываются исследования в области производства асфальтобетонной смеси из переработанного материала вторичного асфальтового покрытия (РАП). Данная работа направлена на изучение эффективности различных реювенаторов для восстановления основных эксплуатационных характеристик асфальтовых покрытий. Рассмотрены наиболее эффективные реювенаторы и их классификация. Представлен предположительный механизм омоложения асфальтовых покрытий при введении реювенаторов. Описаны методы введения различных реювенаторов в РАП.

Ключевые слова: Реювенатор, регенерированное асфальтовое покрытие, дорожное строительство, отходы, регенерация.

Введение

Проблема использования вторичного сырья в дорожном строительстве является одной из значимых проблем современного дорожного строительства. По мере старения автомобильных дорог ежегодно образуется огромное количество отходов асфальтобетонных материалов. В этой связи, все более популярным и актуальным становится использование регенерированного асфальтового покрытия (РАП), что обусловлено эффектом в сокращении отходов, экономических затрат на дорогостоящий природный ресурс, выбросов углекислого газа, и достижением устойчивого развития экономики, общества и окружающей среды.

Однако связующее РАП является устаревшим и имеет ряд недостатков, в том числе плохую удобоукладываемость, низкую утомляемость получаемых смесей и низкое