

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/51NZVN619.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Надилов Н.К., Ширинских А.В., Нуржанова С.Б., Солодова Е.В., Таныбаева А.К., Зайтова С.Т. Технология переработки тяжелого углеводородного сырья механо-волновым способом // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/51NZVN619.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Nadirov N.K., Shirinskih A.V., Nurzhanova S.B., Solodova E.V., Tanybaeva A.K., Zaitova S.T. (2019). Processing technology of heavy hydrocarbons raw by mechano-wave method. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/51NZVN619.pdf> (in Russian)

*Статья написана в рамках работы по гранту BR 05236739 «Создание основ производства продуктов нефти и газопереработки на базе отечественных каталитических технологий»*

**УДК 665.63**

**ГРНТИ 61.51.17**

**Надилов Надир Каримович**

ОО «Национальная инженерная академия Республики Казахстан», Алматы, Республика Казахстан  
Первый вице-президент  
Доктор химических наук  
Академик Национальной академии наук РК, академик Национальной инженерной академии РК  
E-mail: [nnk32@mail.ru](mailto:nnk32@mail.ru)

**Ширинских Александр Васильевич**

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Республика Казахстан  
Главный научный сотрудник  
Кандидат химических наук  
E-mail: [shirinskix40@bk.ru](mailto:shirinskix40@bk.ru)

**Нуржанова Сауле Бакировна**

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Республика Казахстан  
Старший научный сотрудник  
Кандидат химических наук  
E-mail: [nurzhanova.s@mail.ru](mailto:nurzhanova.s@mail.ru)

**Солодова Елена Владимировна**

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Республика Казахстан  
Ведущий научный сотрудник  
Кандидат биологических наук, член-корреспондент Национальной инженерной академии РК  
E-mail: [solodova.e@mail.ru](mailto:solodova.e@mail.ru)

**Таныбаева Айнул Кабдрасуловна**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан  
И.о. доцента  
Кандидат химических наук  
E-mail: [Aina.tan@bk.ru](mailto:Aina.tan@bk.ru)

**Зайтова Сахида Талгатовна**

ОО «Национальная инженерная академия Республики Казахстан», Алматы, Республика Казахстан  
ОО Научно-инженерный центр «Нефть»  
Научный сотрудник  
Магистр экономических наук  
E-mail: [talgatova\\_sahida@mail.ru](mailto:talgatova_sahida@mail.ru)

## Технология переработки тяжелого углеводородного сырья механо-волновым способом

**Аннотация.** Авторами изучено влияние гидродинамического воздействия на фракционный состав нефти месторождения Каражанбас, легкую парафинистую нефть месторождения Кумколь и нефтяные остатки – мазут, битум, гудрон, – индивидуально и смеси в различных сочетаниях компонентов и тяжелых нефтяных остатков.

Цель работы – разработка технологии гидродинамического воздействия на нефтяное сырье с использованием установки для реализации процесса.

Проведена модернизация установки, работающей в режиме гидродинамической (механо-волновой) активации сырья, отработаны технологические режимы гидродинамического воздействия на исходную нефть и смеси с тяжелыми нефтяными остатками (гудрон, битум и мазут).

Определены фракционный состав образцов нефти и смесей методом хроматографического анализа до и после активации, дана оценка полученных результатов.

Установлено, что в процессе механо-химической активации тяжелой и легкой нефти и их смеси с нефтяными остатками (различных соотношений компонентов) можно получить нефтяную гомогенно-ультрадисперсную смесь, которая в дальнейшем подается на переработку; в результате гидродинамического и кавитационного воздействий происходит снижение доли тяжелой фракции нефти и увеличение легких и средних углеводородных дистиллятов. Интенсивное гидродинамическое воздействие на нефть и смеси с предварительным нагревом в изученных условиях ведет к деструкции с образованием продуктов меньшей молекулярной массы.

Авторами предложен способ в виде замкнутого цикла – от подготовки тяжелого нефтяного сырья и нефтяных остатков для переработки в подходящем технологическом переделе, до возврата на начальную стадию некондиционных остатков. Характеризуется простотой аппаратного оформления и относительно невысокими энергетическими и экономическими затратами.

**Ключевые слова:** тяжелая нефть; нефтяные остатки; механо-волновое; воздействие; гидродинамическая обработка; активация; кавитация

### Введение

Вопросы глубокой переработки нефтяного сырья, удешевление технологических процессов особенно актуальны в случае тяжелых нефтей, а также нефтяных остатков, образующихся при переделе сырья по существующим классическим технологиям [1–8]. В настоящее время широко распространены два основных способа углубленной переработки – термический и каталитический крекинг (включая гидрокрекинг). Однако эти технологии не всегда могут решить ряд технологических и экономических вопросов при переработке наиболее тяжелых видов нефтяного сырья. Практически нет промышленной реализации новых технических решений, которые позволили бы снизить CAPEX и OPEX затраты и, как следствие – стоимость получаемых продуктов. Необходимо учитывать ограниченность запасов легких нефтей и все большее вовлечение в переработку тяжелого углеводородного сырья (ТУС), с возможностью его углубленной переработки (по выходу светлых продуктов).

Как известно, до сегодняшнего дня не снижается интерес к механо-волновым технологиям переработки ТУС. По-прежнему представляют интерес акустические,

ультразвуковые, кавитационные, электрические, электромагнитные, электрогидравлические и др. методы обработки нефтяного сырья, поскольку внешнее физическое воздействие вносит изменения в агрегатное состояние и дисперсионную стабильность коллоидных углеводородных сред, и внутренние процессы, протекающие в реакционной зоне. Используемые в механо-волновых технологиях гидродинамические активаторы трансформируют энергию потока в энергию колебаний, обеспечивая зарождение и схлопывание кавитационных пузырьков, значительное вихреобразование, различные формы движения многофазной среды, позволяя проводить обработку сырья до нужного состояния. Суммарный эффект сложения энергий потока и гидродинамических (кавитационных) колебаний создают условия, для разрыва связи С–С [9–11].

Волновые воздействия могут также значительно изменять качественные показатели и физико-химические свойства смесей из разных типов сырья, особенно на стадии подготовки его к переработке. Прежде всего, это касается тяжелых, битуминозных нефтей и нефтяных остатков, отличающихся высокими значениями вязкости, плотности, температуры застывания.

### Методы

В статье приведены результаты исследований гидродинамического воздействия на разные типы нефтяного сырья.

С целью интенсификации гидродинамических (кавитационных) процессов и химических реакций в исследуемой нефтяной среде была проведена модернизация гидродинамической установки, приведенной в работе [12]. Используются новые конструкционные решения, изготовлены основные узлы, способствующие положительному изменению ряда характеристик устройства.

Процесс механо-волновой активации исходного сырья осуществлялся в стальном реакторе объемом 100 мл в периодическом режиме. В результате вращения ротора разогрев сырья был ниже, чем в предыдущих исследованиях [12; 13], достигая значений 80–85 °С, что, однако не сказывалось отрицательно на конечных результатах исследований.

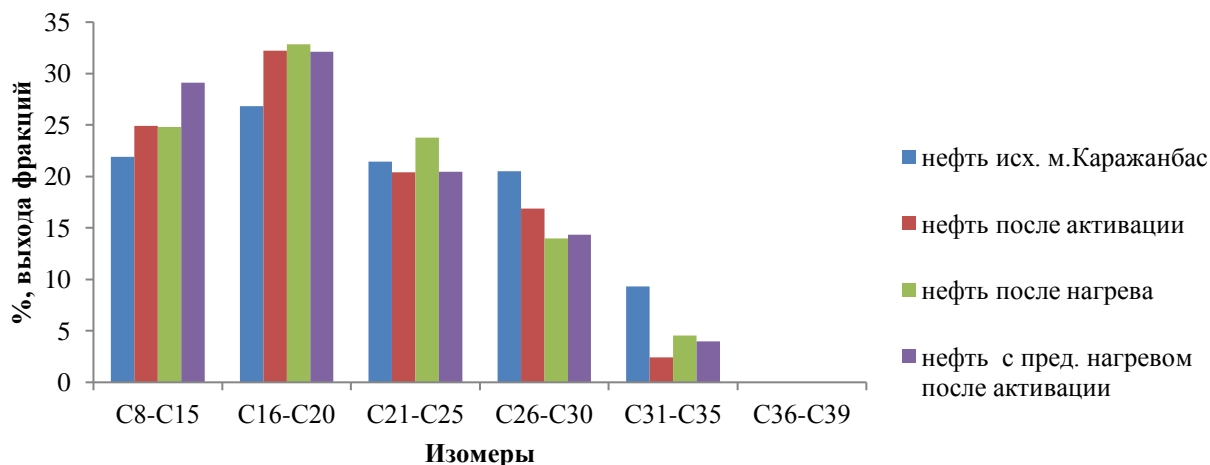
Перевод твердофазных нефтяных компонентов в жидкое состояние с получением гомогенных смесей в ряде случаев осуществляли предварительным нагревом исходных нефтей и их смеси с мазутом, гудроном и битумом, в различных соотношениях до температуры 80–85 °С. Обработка смеси, в реакторе способствовала значительному изменению фракционного (компонентного) состава по сравнению с исходными образцами (рисунок 1) по данным хроматографического анализа. После гидродинамического воздействия получаемая гомогенная смесь может быть отправлена на переработку, в подходящий для этого технологический процесс, с получением целевого продукта.

### Результаты

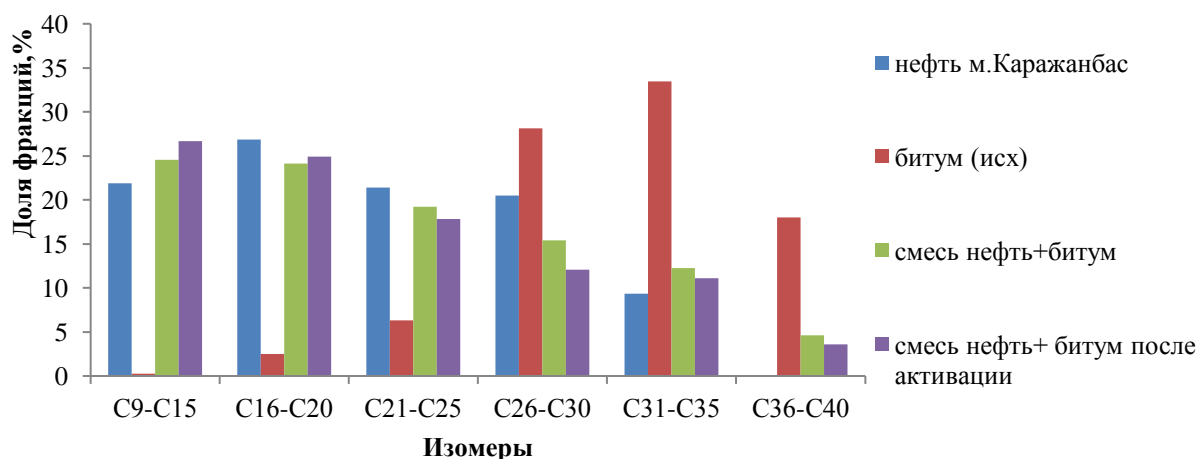
На рисунке 1 приведены диаграммы изменения фракционного состава тяжелой нефти (м. Каражанбас) (А), легкой нефти (м. Кумколь) (В) и их смесей с битумом (Б) после предварительного нагрева и дальнейшей активацией в реакторе.

Данные рисунка 1 свидетельствуют о происходящих изменениях компонентного состава исходной нефти, битума, гудрона, мазута, т. е. в процессе обработки смесей, происходят химические превращения – распад длинноцепочных высокомолекулярных соединений (С<sub>36</sub>–С<sub>39</sub>, С<sub>40</sub>–С<sub>44</sub>) на более короткие цепи. Для тяжелой нефти м. Каражанбас + битум наблюдается увеличение доли фракций С<sub>21</sub>–С<sub>25</sub>, от 6,34 % (битум) до 17,80 % после активации,

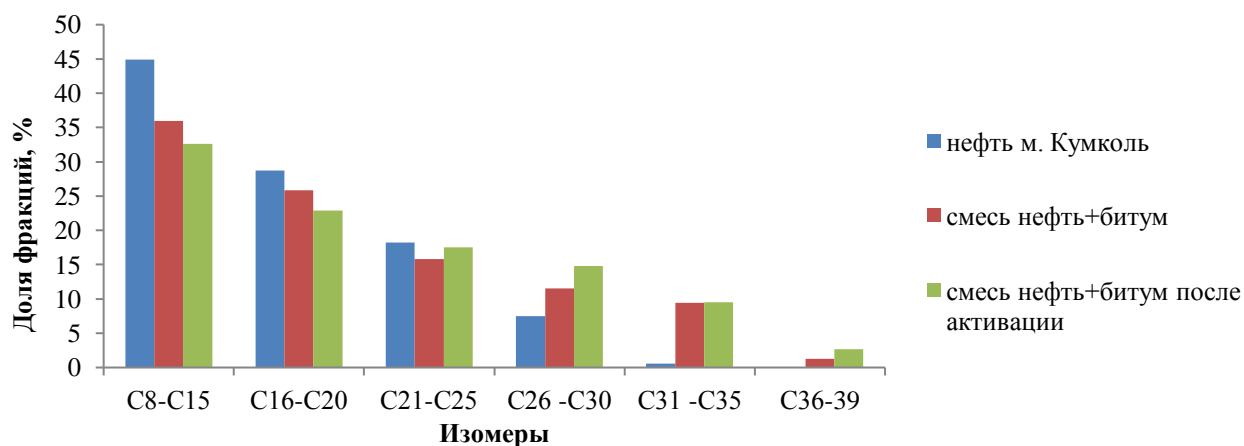
в тоже время снижение доли фракций C<sub>36</sub>–C<sub>39</sub>, от 18,0 % до 3,6 %; аналогично проведены эксперименты и для легкой нефти м. Кумколь и ее смесей с нефтяными остатками.



А)



Б)



В)

**Рисунок 1.** Диаграмма изменения состава нефти м. Каражанбас (А) и смеси с битумом (Б), и м. Кумколь (В) с предварительным нагревом до и после активации

По-видимому, при предварительном нагреве битума, мазута и гудрона в смеси с нефтями и последующей их гидродинамической активацией, – в нефтяной среде протекают процессы алкилирования, циклизации и конденсации, которые изменяют химический состав исходных компонентов.

### Обсуждение

На модернизированной установке гидродинамического воздействия испытаны нефти – тяжелая м. Каражанбас, легкая м. Кумколь и их смеси с нефтяными остатками – мазутом, гудроном, битумом. С учетом химических и физико-химических закономерностей термических превращений углеводородов, было показано, что при смешивании тяжелых нефтяных остатков (битума, мазута, гудрона) с тяжелой нефтью м. Каражанбас и легкой м. Кумколь можно получить однородную смесь. После ее активации значительно увеличивается содержание легких и средних фракций, и дальнейшая переработка смеси позволяет получить дистиллятные продукты, а остаточные – можно снова отправлять на получение однородных смесей с их последующей переработкой по данной технологии.

Результаты гидродинамической обработки нефтяного сырья позволяют высказать предположение о возможных механизмах химических превращений углеводородов: распад длинноцепочных молекул (C<sub>31</sub>–C<sub>35</sub>; C<sub>36</sub>–C<sub>40</sub>), присоединение к молекулам (C<sub>8</sub>–C<sub>15</sub>) образующихся радикалов, возможны реакции изомеризации (C<sub>16</sub>–C<sub>20</sub>) и циклизации (C<sub>21</sub>–C<sub>25</sub>) с образованием соединений меньшей и большей молекулярных масс.

Таким образом, проведенные исследования по механо-волновому воздействию на нефтяное сырье дают основание предлагать данный процесс в виде замкнутого цикла – от подготовки тяжелого нефтяного сырья и остаточных продуктов (битума, мазута, гудрона и др.) для переработки в подходящем технологическом переделе, – до возврата некондиционных остатков на начальную стадию процесса. Данный способ характеризуется простотой аппаратного оформления и относительно невысокими энергетическими и экономическими затратами.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. Т.5. – Алматы: Ғылым, 2001. – 337 с.
- 2 Калыбай А.А. Энергоэффективная сверхглубокая гидроконверсия высоковязких углеводородов в моторные топлива // Нефть и газ. – 2014. – №1. – С. 45–59.
- 3 Золотухин В.А. Глубокая переработка тяжелой нефти и нефтяных остатков // СФЕРА. Нефтегаз. – 2012. – №4. – С. 70–75.
- 4 Халикова Д.А., Петров С.М., Башкирцева Н.Ю. Обзор перспективных технологий переработки тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов // Вестник Казанского технологического ун-та., 2013. Т. 16, №3. С. 217–221.
- 5 Джандосова Ф.С., Забиняк В.Г., Шаехов М.Ф., Цой А.Н., Цой Л.А. Использование СВЧ-излучения в процессе глубокой переработки нефти и нефтепродуктов на основе технологии радиационно-волнового крекинга // Вестник Казанского технологического ун-та., 2013. Т. 16, № 23. С. 179–182.
- 6 Сатыбалдин А.Ж. Электрогидроимпульсное воздействия на высоковязкие углеводородные соединения // Вестник КарГУ. Серия Химия 2008, №4(52). – С. 58–64.
- 7 Бухаркин А.К. Изменение углеводородного состава и свойств товарного бензина в результате волновой обработки // Переработка нефти и газа. – 2002. – №3. – С. 12–17.
- 8 Курочкин А.К., Топтыгин С.Л. Синтетическая нефть. Безостаточная технология переработки тяжелых российских нефтей на промыслах // СФЕРА. Нефтегаз. – 2010. – №1. – С. 92–105.
- 9 Гимаев Р.Н., Курочкин А.К. «Висбрекинг-Термакат» – процесс карди-нального углубления переработки нефти // Международный форум «ТЭК России: региональные аспекты» Сборник материалов. Санкт-Петербург. 8–11 апреля, 2003. – С. 137–139.
- 10 D.U. Bodykov, M.S. Abdikarimov, M.A. Seitzhanova, M. Nazhipkyzy, Z.A. Mansurov, Kabdoldina A.O., Ualiyev Zh.R. Processing of oil sludge with the use of the electrohydraulic effect // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, – 2017. – № 5. – V. 90.
- 11 Калыбай А.А., Жумагулов Б.А., Надиров Н.К., Абжали А.К. Альтернативная технология энергоэффективной переработки нефтяного сырья // Нефть и газ. – 2017. – №3. – С. 88–104.
- 12 Ширинских А.В., Нуржанова С.Б., Солодова Е.В. Подготовка тяжелого нефтяного сырья к переработке // Нефть и газ. – 2018. – № 6.
- 13 Калыбай А.А., Надиров Н.К., Ширинских А.В., Нуржанова С.Б., Солодова Е.В., Зайтова С.Т. Модернизация процессов переработки тяжелого нефтяного сырья // Вестник Евразийской науки. – 2019. – №2. <https://esj.today/PDF/43NZVN219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**Nadirov Nadir Karimovich**

National engineering academy of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan  
E-mail: Nnk32@mail.ru

**Shirinskih Alexandr Vasilevich**

D.V. Sokolovskiy institute of fuel, catalysis and electrochemistry JSC, Almaty, Republic Kazakhstan  
E-mail: shirinskix40@bk.ru

**Nurzhanova Saule Bakirovna**

D.V. Sokolovskiy institute of fuel, catalysis and electrochemistry JSC, Almaty, Republic Kazakhstan  
E-mail: nurzhanova.s@mail.ru

**Solodova Elena Vladimirovna**

D.V. Sokolovskiy institute of fuel, catalysis and electrochemistry JSC, Almaty, Republic Kazakhstan  
E-mail: Solodova.e@mail.ru

**Tanybaeva Ainur Kabdrasulovna**

Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Republic Kazakhstan  
E-mail: Aina.tan@bk.ru

**Zaitova Sahida Talgatovna**

National engineering academy of Kazakhstan, Almaty, Republic Kazakhstan  
E-mail: talgatova\_sahida@mail.ru

## Processing technology of heavy hydrocarbons raw by mechano-wave method

**Abstract.** The authors have studied the influence of hydrodynamic impact on the fractional oil content in the Karazhanbas field, light paraffin oil in the Kumkol field and oil residues – fuel oil, bitumen, tar – individually and in mixtures in various combinations of components and heavy oil residues.

The work is aimed to develop a technology for hydrodynamic impact on oil raw materials with using a plant for the implementation of the process.

The plant operating in the hydrodynamic (mechano-wave) mode of raw material activation has been debottlenecked, and the processing modes of hydrodynamic impact on the source raw oil and on the mixtures with heavy oil residues (tar, bitumen and fuel oil) have been developed.

The fractional content of oil samples and mixtures has been identified by chromatographic analysis before and after activation, and the results obtained have been evaluated.

It was established that in the process of mechano-chemical activation of heavy and light oil and their mixture with oil residues (various ratios of components), a homogeneous ultrafine oil mixture can be obtained, which is subsequently charged for processing; as a result of hydrodynamic and cavitating impact, the proportion of the heavy oil fraction decreases and the light and middle hydrocarbon distillates increase. The intense hydrodynamic impact on oil and mixtures with preliminary heating under the studied conditions leads to destruction with the formation of products of lower molecular weight.

The authors have proposed a method of closed circuit – from heavy crude oil treatment and oil residues for processing in a suitable process conversion, till returning to the initial stage of off-spec residues. The work is marked by the simplicity of instrumentation and relatively low energy and economic costs.

**Keywords:** heavy oil; residual fractions; blending; hydrodynamic unit; mechanowave actions; activation; destruction; feedstock preparation