

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ (НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕЙ КАЗАХСТАНА)

Д. Нуkenов

*Центральная комиссия по разведке и разработке полезных ископаемых Министерства нефти и газа
республики Казахстан,
проспект Кабанбай батыра, 19, г. Астана 010000, Республика Казахстан, e-mail: nukenov_d@mail.ru*

Рассмотрены проблемы комплексного использования нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья Республики Казахстан – природных битумов и тяжелых нефтей. Нефть, добываемая в Казахстане, в основном высоковязкая, тяжелая, относится к категории нетрадиционных ресурсов с высокими содержаниями металлов, особенно ванадия и никеля, которые ассоциируют в нефтях с асфальтово-смолистыми компонентами. Эти свойства нефти существенно снижают коэффициент ее извлечения, в связи с чем разработка методов повышения коэффициента извлечения нефти, является актуальной и значимой задачей. Описана разработанная автором и коллективом исследователей Казахского национального технического университета им. К. Сатпаева технология повышения коэффициента извлечения нефти, в основе которой лежит резонансно-волновое воздействие (РВВ) на высокомолекулярные соединения нефти. Применение РВВ вызывает деструкцию высокомолекулярных соединений, что приводит к заметному снижению вязкости, увеличению содержания низкомолекулярных соединений и способствует интенсификации добычи высоковязкой нефти.

Ключевые слова: природные битумы и тяжелые нефти, резонансно-волновое воздействие, нефтеотдача.

Республика Казахстан уверенно входит в элиту мировых производителей углеводородов. За годы независимости страны уровень добычи нефти вырос почти в 4 раза – с 20 млн т в 1994 г. до 80 млн т в 2010 г. В обозримом будущем планируется увеличение добычи нефти практически в 2 раза, для чего необходимо расширение ресурсной базы [4–6, 13]. Например, в 2010 г. было открыто месторождение нефти в пределах блока Лиман. Залежь располагается на южном склоне соляного купола Новобогатинска и находится в непосредственной близости от разрабатываемого ПФ “Эмбаунайгаз” нефтяного месторождения Новобогатинское. В мае 2011 г. был получен фонтанный приток нефти и газа при испытании первой разведочной скважины в карбонатной толще КТ-2 на месторождении Урихтау [2]. Перспективные геологические ресурсы углеводородов на открытой залежи составляют более 200 млн т. Наиболее значительный прирост запасов следует ожидать за счет ресурсов Каспийского моря. До недавнего времени Республика Казахстан, имеющая более чем вековую историю развития нефтяной индустрии, ни разу не проводила морские разработки.

По прогнозам, в 2020 г. уровень консолидированной добычи в Казахстане может достигнуть 132 млн т/год. В этой связи разработка методов повышения коэффициента извлечения нефти (КИН) является актуальной и практически значимой задачей.

Как известно, извлечение нефти (оценка полноты использования запасов месторождения) –

это отношение величины добычи к балансовым запасам, которое зависит от вязкости нефти, коллекторных свойств вмещающих пород, режимов и методов интенсификации при эксплуатации залежи. Извлечение нефти колеблется от 30 до 70 % по конечной нефтеотдаче [5, 6].

Добываемая в Казахстане нефть в основном высоковязкая, тяжелая, составляет категорию нетрадиционных ресурсов с высокими содержаниями металлов, ассоциирующих с асфальтово-смолистыми компонентами [8, 9, 11, 12]. Эти свойства нефтей существенно снижают их КИН – в среднем до 30 %. Для сравнения на территории России средний показатель КИН зафиксирован на уровне 33 %. Поскольку в настоящее время в Казахстане около 70 % нефти остается не извлеченной из недр, по прогнозам, общая добыча нефти и газового конденсата в 2015 г. достигнет 95,0 млн т, в недрах останется 221,7 млн т не извлеченных нефти и газового конденсата [2]. Разработка и применение новых технологий позволяют использовать “остаточные запасы” для развития ресурсной базы и повышения добычи, что особенно актуально при повышении цен на нефть.

В нефтедобывающих странах активно используются технологии увеличения КИН как инструмент для получения дополнительной добычи нефти. Всевозможные методы увеличения нефтеотдачи (МУН) широко используются в США, Канаде, Венесуэле, Индонезии, а также в Китае, где в течение последних 5–6 лет реализовано 36 проектов с использованием МУН и получено 30,7 млн т дополнительной нефти [1].

Каждая из технологий МУН характеризуется специфичными условиями применимости, методами воздействия на продуктивные пласты, типом используемых рабочих агентов (реагентов), разным уровнем энергозатрат, различной себестоимостью добычи дополнительно добываемой нефти, а также временем достижения результата по увеличению нефтеотдачи. Практически все из известных технологий МУН достаточно затратны, используемые рабочие агенты, реагенты – дорогостоящие, а себестоимость дополнительно добываемой нефти с применением МУН на 20–40 долл. США за баррель выше по сравнению с нефтью, добываемой традиционными методами [3]. Повышение степени извлечения нефти на 1 % равнозначно открытию месторождения с гигантскими запасами [6].

В настоящей статье приведена разработанная автором и коллективом исследователей Казахского национального технического университета им. К. Сатпаева [7] технология резонансно-волнового воздействия (РВВ) на высокомолекулярные соединения с целью их деструкции для снижения вязкости. РВВ подразумевает равенство частот внешнего волнового воздействия и собственных частот колебаний больших молекул обрабатываемых объектов. Затраты энергии на деструкцию этих молекул в резонансном режиме на 2 порядка (в 100 раз) меньше, чем при волновой обработке известными способами.

Экспериментальные исследования, проводимые на нефти месторождения Кумколь, содержащей до 15 % парафинов, показали, что обработка РВВ позволила увеличить содержание бензина в нефти на 74 % при практически полной деструкции высокоплавких парафинов C_{20} – C_{35} .

Нами получены экспериментальные данные на двух разработанных и изготовленных экспери-

ментальных установках: РВВ при атмосферном давлении и в камере высокого давления с переменным объемом. РВВ изучалось на двух видах высоковязкой нефти из месторождений Кумколь и Каражанбас, а также на водонефтяной смеси.

Время обработки РВВ – 30 мин в лабораторных условиях. Плотность нефти, обработанной кавитацией в камере высокого давления и разряжения, с увеличением времени обработки τ монотонно уменьшается, в то время как плотность смеси с увеличением τ вначале увеличивается, затем начинает снижаться. Возникает вопрос, за счет каких факторов происходит изменение плотности и вязкости нефти и водонефтяной смеси после обработки кавитацией в камере высокого давления и разряжения.

С этой целью проведено хроматографическое исследование исходной и обработанной резонансно-волновым воздействием нефти и водонефтяной смеси (рис. 1, 2). Сравнение результатов эксперимента показало, что состав нефти заметно изменился – уменьшилось содержание тяжелых углеводородов.

Применение РВВ в ультразвуковом диапазоне эффективно для высокопарафинистых нефтей. Даже если в состав нефти входит 1–3 % парафинов, но вязкость ниже 20 мм²/с, использование РВВ целесообразно, поскольку это позволяет значительно повысить дебит скважины. Деструкция парафинов приводит к увеличению содержания светлых фракций, что способствует снижению вязкости добываемой нефти и росту дебита скважины.

Например, на месторождении Караган в Атырауской области на глубине 1400 м пластовая температура составляла 57 °С, плотность при пластовом давлении – 0,8218 г/см³, дебит скважины – 2 м³/сут. После обработки РВВ дебит скважины увеличился до 12 м³/сут. Массовая доля парафина

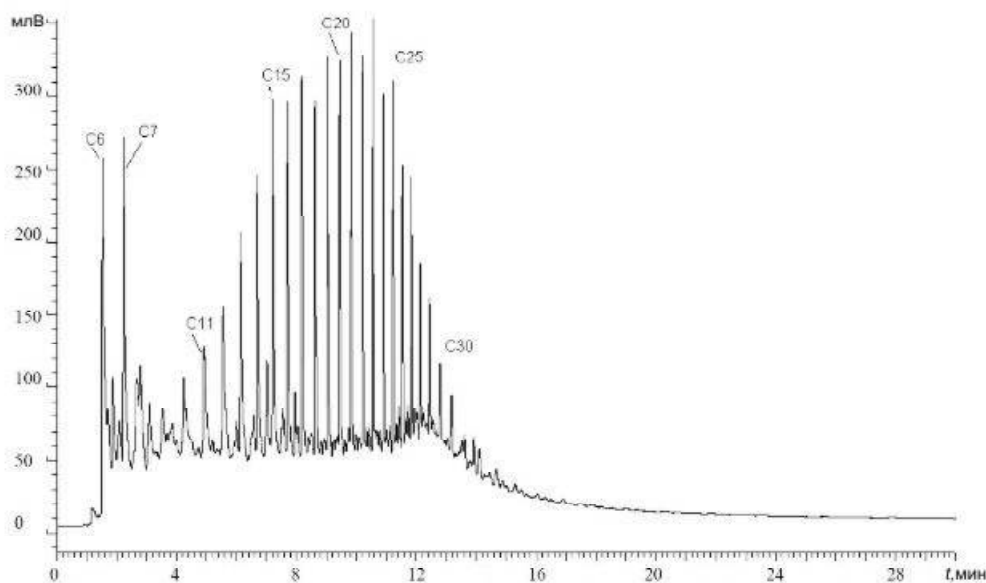


Рис. 1. Хроматограмма кумкольской нефти (исходная)

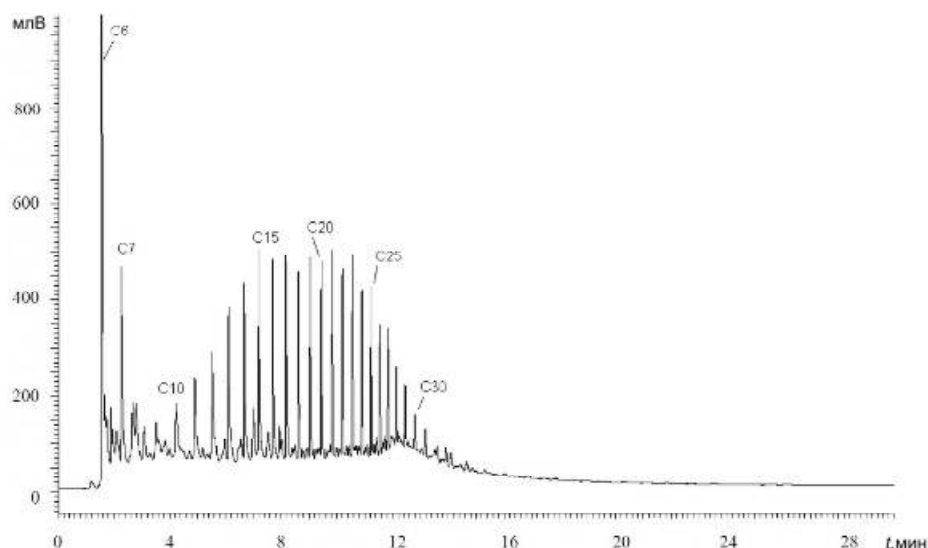


Рис. 2. Хроматограмма смеси кумкольской нефти с 3 %-м раствором NaCl, обработанной в камере высокого давления и разряджения резонансно-волновым воздействием. Время обработки $\tau = 60$ мин

в нефти составила 1,38 %. Затрубное давление поднялось с 1 до 8 атм.

Необходимо отметить, что деструкция парафинов происходит на частоте РВВ, которая помимо состава нефти зависит от температуры. Если не учитывать этот фактор, то вместо деструкции можно вызвать синтез тяжелых фракций молекул, и скважина перестанет функционировать. На месторождении Караган в соседней скважине, где нефть с глубины 1138 м имела температуру 49 °С, воздействие колебаний применяемой ранее частоты привело к закупорке скважины, и нефть не поднималась по напорно-компрессорной трубе. Скважина перестала функционировать. Только после применения РВВ удалось восстановить ее работу.

В опытах на промысле время воздействия РВВ составляло 20 ч. После обработки РВВ повышенный дебит скважины наблюдался в течение шести месяцев.

Для интенсификации процесса деструкции тяжелых молекул нефти, например на месторожде-

ниях Каламкас, Каражанбас, Бузачи Северные, необходим другой спектр частот. Содержание оксидов ванадия в нефти этих месторождений составляет соответственно 92,04; 73,87; 87,91 мг/кг, что наряду с наличием смол, парафинов и асфальтенов приводит к значительному росту вязкости нефти. Например, несмотря на то что в нефти месторождения Кумколь содержится 14,4 % парафина, Каражанбаса – 3,1 %, Каламкаса – 5 %, Бузачей Северных – 1,77 % (табл. 1), а доля смол и асфальтенов разнится не столь значительно, вязкость кумкольской нефти значительно меньше, чем вязкость нефти месторождений Каламкас, Каражанбас, Караган и Бузачи Северные [10].

Следует отметить, что для нефтей месторождений Бузачи Северные, Каражанбас и Каламкас вследствие высокой вязкости, значение которой является определяющим при выборе частот РВВ, ультразвуковой диапазон не эффективен.

Ультразвуковой диапазон волновых колебаний относится к механическим способам воздей-

Таблица 1. Физико-химические свойства исследованных нефтей

Месторождение	Плотность при 20 °С, кг/м ³	Парафины, %	Смолы селикагелевые, %	Асфальтены, %	Кинематическая вязкость при 20 °С
Кумколь	810,4	14,4	7,6	0,1	8,0
Каламкас	901,1	5,0	18,6	4,7	111,7
Каражанбас	938,2	3,1	22,7	5,9	262,4*
Караган	821,8	1,38	10,39	0,08	16,9
Бузачи Северные	940	1,77	19,1	5,1	178,3

* При 40 °С.

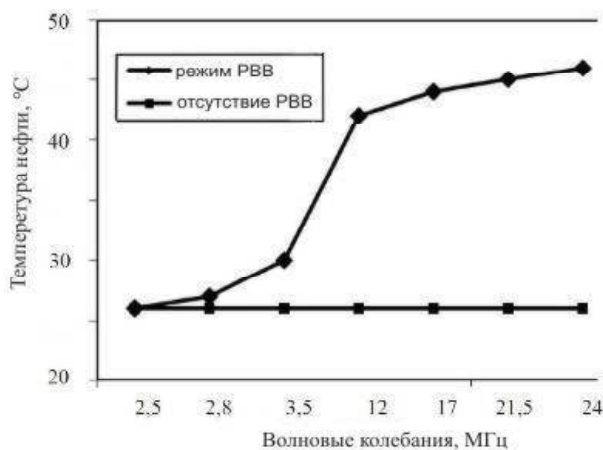


Рис. 3. Изменение температуры нефти месторождения Каламкас при воздействии радиоволновыми колебаниями Δt и при отсутствии такового режима

ствия. Применение ультразвука для высоковязких нефтей не привело к заметному снижению вязкости, значение которой очень важно для увеличения КИН.

Например, вязкость нефти месторождения Караган при РВВ снизилась на 8–10 %, что в промышленных условиях позволило увеличить дебит в 6 раз. Сравним данные для нефтей месторождений Караган и Бузачи Северные. При массовой доле парафина соответственно 1,38 и 1,78 % вязкость различается более чем в 10 раз. Чтобы вызвать деструкцию тяжелых молекул с большим содержанием асфальтенов, механических колебаний явно недостаточно. Необходимо переходить к другому виду волнового воздействия.

Нами исследованы электромагнитные волновые колебания, воздействующие на нефть месторождения Каламкас. С этой целью был разработан и изготовлен генератор радиочастот с широким спектром изменения от единиц мегагерц до 200 МГц [7, 13]. Входная мощность генератора составляла 45 Вт. С учетом того что в нагрузку генератор радиочастот отдает мощность 45 Вт только на максимально генерируемой частоте 200 МГц, а на более низких частотах мощность снижается, были проведены опыты для определения резонансных колебаний на частотах 40–140 МГц. Поскольку в некоторых скважинах фиксируется соленая пластовая вода, было исследовано

воздействие РВВ на деструкцию соленой воды и высоковязкую нефть, а также на их смесь.

В резонансном режиме температура воды и нефти заметно возрастает (рис. 3). Этот эффект можно использовать в водоподогревателях, водогрейных котлах и печах нагрева на магистральных нефтепроводах как экономичный и экологически безопасный.

При действии волновых колебаний на воду в случае резонанса могут разрушаться водородные связи. В жидкой воде, как указывалось ранее, за счет водородных связей существуют ассоциаты $[H_2O(H_2O)_x]$, где x изменяется от 1 до 3. Ассоциаты могут разбиваться при волновых воздействиях.

Для того чтобы восстановить водород, т. е. перевести в газообразную фазу, необходим восстановитель. В данном случае это может быть цинковая пыль, которая при энергетическом ударе (вибрации или колебания) может восстановить катион оксония до атомарного водорода, в дальнейшем рекомбинируемый в молекулярный. Следует отметить, что в волновом поле восстановителем водорода может служить раствор соли, т. е. для получения водорода можно использовать природные электролиты, например морскую воду, соленую подземную воду и др. Для проверки восстановления водорода до газообразной формы в присутствии соли проведен сравнительный эксперимент по низкочастотному резонансному воздействию на воду различной минерализации (табл. 2).

Как видно из табл. 2, максимальное изменение рН после РВВ фиксируется в чистой дистиллированной воде. С увеличением минерализации воды изменение рН уменьшается, т. е. наличие соли в водном растворе приводит к восстановлению водорода, и чем больше минерализация, тем большее количество водорода восстанавливается.

В зоне РВВ в радиочастотном спектре влияния на нефть газообразный водород необходим для восполнения недостающего H_2 при деструкции высокомолекулярных соединений, увеличения содержания светлых фракций и, как результат, снижения вязкости и повышения КИН. Согласно экспериментальным данным о влиянии радиочастотного РВВ на смесь минерализованной (10%-ой NaCl) воды и тяжелой высоковязкой нефти, вязкость нефти снижается в 2–2,5 раза.

Таблица 2. Влияние резонансно-волнового воздействия на воду различной минерализации

Дистиллированная вода			Водопроводная вода (слабоминерализованная)			3%-й раствор NaCl		
рН исходный	рН после РВВ	Δ рН	рН исходный	рН после РВВ	Δ рН	рН исходный	рН после РВВ	Δ рН
6,3	8,1	1,7	6,5	7,6	1,1	7,97	8,36	0,39

Все приведенные выше результаты исследований по низкочастотному РВВ позволяют утверждать, что с помощью низкочастотной кавитации можно изменять физико-химические свойства высокопарафинистой высоковязкой нефти. Учитывая, что низкочастотные колебания распространяются в среде на значительные расстояния, и используя длинноволновые резонансно-волновые воздействия, можно повышать дебит скважин и улучшать качество извлекаемой нефти. Под действием РВВ увеличился процент выхода светлых фракций нефти месторождений Кумколь и Каражанбас, а также их смеси с минерализованной водой.

Таким образом, на примере изменения компонентов нефти показано, что РВВ приводит к деструкции высокомолекулярных соединений, увеличению содержания низкомолекулярных соединений и способствует интенсификация добычи высоковязкой нефти.

1. Бузова О.В. Перспективные методы в добыче высоковязкой нефти / О. В. Бузова, К.А. Жубанова // Вестн. КазНТУ. – 2010. – № 5.
2. Кабылдин К. Казмунайгаз делает ставку на развитие // Казахстан. правда. – 2011. – 1 сент.
3. Максимов В.М. О современном состоянии нефтедобычи, коэффициенте извлечения нефти и методах увеличения нефтеотдачи // Бурение и нефть. – 2011. – № 2.
4. Мухаметшин Р.З. Проблемы доосвоения месторождений нефти ванадиеносных областей / Р.З. Мухаметшин, С.А. Пунанова, Д. Нуkenов // Проблемы повышения эффективности разработки нефтяных месторождений на поздней стадии: междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 2013. – С. 92–96.
5. Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и нефтебитуминозные породы Казахстана как комплексное сырье для различных отраслей народного хозяйства: Сб. научных трудов. – М.: ВНИИнефть, 1991. – Т. 109. – С. 43.
6. Надиров Н.К. Влияние комплекса электромагнитных полей на свойства высоковязких нефтей / Н.К. Надиров, А.А. Калыбаев, С.Б. Нуржанова, Р.Б. Хайруллина // Нефть и газ. – 2004. – № 4.
7. Нусупбекова Д.А. Высокоэффективный способ получения альтернативного топлива и примеры его использования в технике // Докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. (ноябрь 2007 г.). – Алматы, 2008.
8. Пат. 20876. Республика Казахстан. Изобретение новых конструкций роторных машин для очистки нефти / Д. Нуkenов, А. Бисембаев, А. Рахметуллаев. Оpubл. 1998.
9. Пат. 23169. Республика Казахстан. Способ извлечения металлов из высоковязких нефтей / Д.А. Нусупбекова, К.Э. Нурмамбетов, Д.Э. Нурмамбетова, Д.Н. Нуkenов. Оpubл. 20.09.2010.
10. Товарные нефти и нефтесмеси, транспортируемые по магистральным трубопроводам Республики Казахстан: Справочник. Ч. 1. – Алматы: Алматыкітап, 2005.
11. Шпирт М.Я. Микроэлементы каустобиолитов. Проблемы генезиса и промышленного использования / М.Я. Шпирт, С.А. Пунанова. – Саарбрюкен, Германия: Lambert Acad. Publ., 2012. – 367 с.
12. Шпирт М.Я. Принципы получения соединений ценных металлов из горючих ископаемых / М.Я. Шпирт, Д. Нуkenов, С.А. Пунанова, М.Я. Висалиев // Химия тверд. топлива. РАН. – 2013. – № 2. – С. 3–14.
13. Nukenov D. Unconventional resources: integrated utilization and methods of enhanced oil recovery. XII-th Inter. Conf. on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects. – Kiev, Ukraine, 2013.

УДК 622.33

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИЛУЧЕННЯ НАФТИ (НА ПРИКЛАДІ НАФТ КАЗАХСТАНУ)

Д. Нуkenов

Центральна комісія з розвідки та розробки корисних копалин Міністерства нафти та газу Республіки Казахстан, проспект Кабанбай батира, 19, м. Астана 010000, Республіка Казахстан, e-mail: nukenov_d@mail.ru

Розглянуто проблеми комплексного використання нетрадиційних ресурсів вуглеводневої сировини Республіки Казахстан – природних бітумів і важких нафт. Нафта казахстанських родовищ переважно високов'язка, важка, належить до категорії нетрадиційних ресурсів з високим вмістом металів, особливо ванадію і нікелю, що асоціюють у нафтах з асфальтово-смолистими компонентами. Ці властивості нафт істотно знижують коефіцієнт їх видобутку, тому розробка методів підвищення коефіцієнта вилучення нафти є актуальним і значущим завданням. Описано розроблену автором і колективом дослідників Казахського національного технічного університету ім. К. Сатпаєва технологію підвищення коефіцієнта вилучення нафти, основою якої є резонансно-хвильовий вплив (РХВ) на високомолекулярні сполуки нафти. Застосування РХВ зумовлює деструкцію високомолекулярних сполук, що приводить до помітного зниження в'язкості, збільшення вмісту низькомолекулярних сполук і сприяє інтенсифікації видобутку високов'язкої нафти.

Ключові слова: природні бітуми і важкі нафти, резонансно-хвильовий вплив, нафтовіддача.

METHODS OF ENHANCED OIL RECOVERY (ILLUSTRATED WITH KAZAKHSTAN OILS)

D. Nukenov

Central commission on development of minerals of Ministry of oil and gas of Republic of Kazakhstan,
Kabanbay batyr ave, 19. Astana, 010000. Republic of Kazakhstan, e-mail: nukenov_d@mail.ru

Presented here is the integrated use of non-traditional hydrocarbon resources of the Republic of Kazakhstan, natural bitumen and heavy oils. Kazakhstan - produced oil is mostly heavy, high viscous, and belongs to the category of non-traditional resources with a high content of metals, especially nickel and vanadium, that associate in crude oils from asphalt-resinous components. These properties of crude oils significantly reduce the ratio of its extraction, so the development of methods of enhanced oil recovery is relevant and practicable. Developed by the author the article describes a technique and a team of researchers from the Kazakh K. Satpayev National Technical University, for enhancing oil recovery, based on the resonant wave effect (RWE) on high-molecular oil compounds. It is shown that the RWE causes destruction high-molecular compounds, which leads to much lower viscosity, increases the content of low-molecular compounds, and contributes to the intensification of heavy oil production.

Keywords: natural bitumen and heavy oils, the resonant wave effects, oil recovery.

References:

1. Buzova O.V., Zhubanova K.A. *Perspektivnye metody v dobyche vysokovyazkoj nefiti* [Advanced methods in heavy oil production]. *Vestnik KazNTU*, 2010, no 5, pp. 28-33.
2. Kabyldin K. *Kazmunajgaz delaet stavku na razvitie* [KazMunayGas is betting on development]. *Kazakhstanskaya Pravda*, 2011, 1 sept.
3. Maksimov V.M. *O sovremennom sostoyanii nefteobychi, koeffitsiente izvlecheniya nefiti i metodakh uvelicheniya nefteotdachi* [Current oil productions state, oil recovery factor and enchanted oil recovery methods]. *Burenie i nefit'*, 2011, no. 2, pp. 12-16.
4. Mukhametshin R.Z., Punanova S.A., Nukenov D. *Problemy doosvoeniya mestorozhdenij nefiti vanadienosnykh oblastej* [Problem of mastering oil deposits vanadium containing areas]. *Materialy Mezhdynar. nauch.-prakt. konf.: "Problemy povysheniya effektivnosti razrabotki nefitynykh mestorozhdenij na pozdnej stadii"* [Materials International conference: problems of increase of efficiency of oil field development at a late stage]. Kazan, 2013, pp. 92-96.
5. Nadirov N.K. *Vysokovyazkie nefiti i neftebituminoznye porody Kazakhstana kak kompleksnoe syr'e dlya razlichnykh otraslej narodnogo khozyajstva* [High viscosity oil and oil-bituminous rocks of Kazakhstan as a complex raw material for various sectors of the national economy]. *Sat. scientific works. Moscow, VNIIneft'*, 1991, vol. 109. pp. 43-48.
6. Nadirov N.K., Kalybaev A.A., Nurzhanova S. B., Khajrullina R.B. *Vliyanie kompleksa elektromagnitnykh polej na svoystva vysokovyazkikh neftej* [The effect of electromagnetic fields on the properties of high-viscosity oil]. *Nefit' i gaz* [Oil and gas], 2004, no. 4, pp. 24-30.
7. Nusupbekova D.A. *Vysokoeffektivnyj sposob polucheniya al'ternativnogo topliva i primery ego ispol'zovaniya v tekhnike* [A highly effective way to get an alternative fuel, and examples of its use in technology]. *Rep. IV Inter. researcher Sci. conf. (November, 2007)*. Almaty, 2008, pp. 234-238.
8. Patent 20876. *Izobretenie novykh konstruksij rotornykh mashin dlya ochistki nefiti* [The invention of new designs of rotor machines for cleaning oil]. D. Nukenov, A. Bisembaev, A. Rakhmetullaev. Republic of Kazakhstan. Priority from 1998.
9. Patent 23169. *Sposob izvlecheniya metallov iz vysokovyazkikh neftej* [The method of extract metals from high-viscosity oils]. D.A. Nusupbekova, K.E. Nurmambetov, D.E. Nurmambetova, D.K. Nukenov. Republic of Kazakhstan. Priority from 20.09.2010.
10. *Tovarnye nefiti i neftesmesi, transportiruemye po magistral'nym truboprovodam Respubliki Kazakhstan* [Trade of oil and mixed oil, transported by trunk pipelines of the Republic of Kazakhstan]. Directory. Part. 1. Almatykitap, 2005.
11. Shpirt M.Ya., Punanova S.A. *Mikroelementy kaustobiolitov. Problemy genezisa i promyshlennogo ispol'zovaniya* [Trace elements caustobioliths. The problems of Genesis and industrial use]. Saarbruchen, Germany, *Lambert Academic Publishing*, 2012, 367 p.
12. Shpirt M.Ya., Nukenov D., Punanova S.A., Visaliev M.Ya. *Printsipy polucheniya soedinenij tsennykh metallov iz goryuchikh iskopaemykh* [Principles of the Production of Valuable Metal Compounds from Fossil Fuels]. *Solid Fuel Chemistry*, 2013, no. 2, pp. 3-14.
13. Nukenov D. Unconventional resources: integrated utilization and methods of enhanced oil recovery. XII-th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, Ukraine, 2013. *EarthDoc EAGE*: <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=68110>

Поступила в редакцию 30.09.2013 г.
Received 30/09/2013