

УДК 622.692.12; 622(276.8+692.2+692.4)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПАРАФИНИСТЫХ НЕФТЕЙ КАЗАХСТАНА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ БОРЬБЕ С ПАРАФИНООТЛОЖЕНИЯМИ

Байдельдина О.Ж., Дарибаева Н.Г., Нуранбаева Б.М.

*Казахский национальный технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: bulbulmold@mail.ru*

В статье выполнен сравнительный анализ физико-химических свойств парафинистых нефтей Казахстана, который показал, что с увеличением глубины залегания этих нефтей, а также с повышением пластовой температуры и давления уменьшаются их вязкость и плотность, содержание серы, смол, асфальтенов, т.е. улучшаются качественные характеристики. По реологическим характеристикам, которые в значительной степени зависят от компонентного состава нефти, казахстанские ПН отличаются высоким содержанием парафинов, большой вязкостью и небольшим содержанием дизельных фракций. Установлено, что введение в нефть при ее транспортировке асфальто-смолистых добавок при температуре выше температуры плавления парафинов приводит к стабилизации кристаллов парафина и препятствует процессу роста отложившейся парафина. Некоторыми авторами изучены также вопросы совместного использования депрессаторов и асфальто-смолистых добавок, что препятствует свободному протеканию процесса парафиноотложений и улучшает реологические свойства нефти.

Ключевые слова: парафинистая нефть, сбор, подготовка, скважинная продукция, реологические свойства нефтей

FEATURES OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CRUDE OILS OF KAZAKHSTAN INFLUENCING THE EFFECTIVENESS OF INTERVENTIONS IN THE FIGHT AGAINST PARAFINOTATION

Baideldina O.Z., Daribaeva N.G., Nuranbaeva B.M.

*Kazakh national technical University named after K.I. Satpayev, Almaty,
e-mail: bulbulmold@mail.ru*

The article presents a comparative analysis of physico-chemical properties of crude oils of Kazakhstan showed that with increasing depth of occurrence of these oils, as well as with increasing reservoir temperature and pressure, decrease their viscosity and density, sulfur content, resins, asphaltenes, i.e. improved quality characteristics. By rheological characteristics, which largely depend on the composition of the oil, Kazakhstan GON have a high wax content, high viscosity and a low content of diesel fractions. As you know, a promising way of improving the rheological properties of oils, the viscosity of which is due to high content of paraffins, is the use of depressants [5]. Studies have found that except for special reagents, the choice of which individual, to regulate the process of parafirovanija you can use the components of the oil itself. It is established that the introduction of oil for transportation of asphalt – resinous additives at a temperature above the melting point of paraffin, leads to the stabilization of wax crystals and prevents the growth process of the paraffin. Some authors also studied the joint use of depressors and asphalt-resinous additives that prevents the free flow of this process and improves the rheological properties of oil. The obtained regularities of distribution of crude oils and their physico-chemical, rheological properties can be used to determine the optimal schemes for the collection and effective conditions of transportation of such oils, as well as for improvement of existing systems of training well production oil and gas fields.

Keywords: paraffin oil, collection, preparation, downhole products, rheological properties of oils

В связи с истощением запасов легких нефтей в мире возрос интерес к трудноизвлекаемым, высоковязким и парафинистым нефтям. Известно, что в Казахстане ежегодно добывается более 70% нефти с высоким содержанием парафинов. Сбор и транспорт таких нефтей ставит перед нефтяниками ряд сложных технических проблем.

Химический состав нефти и ее физические свойства тесно связаны с методами ее добычи и транспортировки. Концентрирование парафинов, асфальтенов и смол приводит к увеличению плотности и вязкости нефти, изменяет ее коллоидную структуру и реологические характеристики, нефть становится трудноизвлекаемой.

Отложения парафинов в призабойной зоне пласта и на поверхности нефтепро-

мыслового оборудования являются одним из серьезных осложнений при эксплуатации скважин, систем сбора и подготовки скважинной продукции. Парафиновые отложения снижают фильтрационные характеристики пласта, уменьшают полезное сечение насосно-компрессорных труб и, как следствие, значительно осложняют добычу и транспортировку нефти, увеличивают расход электроэнергии при механизированном способе добычи, приводят к повышенному износу оборудования.

Определение закономерностей изменения физико-химических свойств парафинистых нефтей могут быть использованы для повышения эффективности их добычи, исследования реологических характеристик, для выбора наиболее рациональных тех-

нологий повышения нефтеотдачи, транспортировки, переработки и хранения таких нефтей.

К парафинистым относят нефти с содержанием парафинов более 6%. На основе исследований парафинистых нефтей, составленных в глобальной базе данных (БД) РАН по физико-химическим свойствам нефтей, включающей описание более 19 200 образцов, составлена схема распределения нефтегазоносных бассейнов с парафинистыми нефтями в мире (рис. 1).

На рис. 2 представлено распределение ресурсов парафинистых нефтей по странам в соот-

ветствии с ресурсами парафинистых нефтей в этих странах. Первое место по ресурсам парафинистых нефтей занимает Россия, на втором месте – Казахстан и на третьем – Китай.

Одним из важнейших факторов, влияющих на условия добычи и перекачки нефти по нефтепроводам и дальнейшего ее хранения, является компонентный состав нефти, от которого зависят ее физико-химические и реологические свойства. Поэтому изучение компонентного состава и физико-химических свойств нефти служит основой для оптимизации условий добычи, транспортировки и хранения нефти.

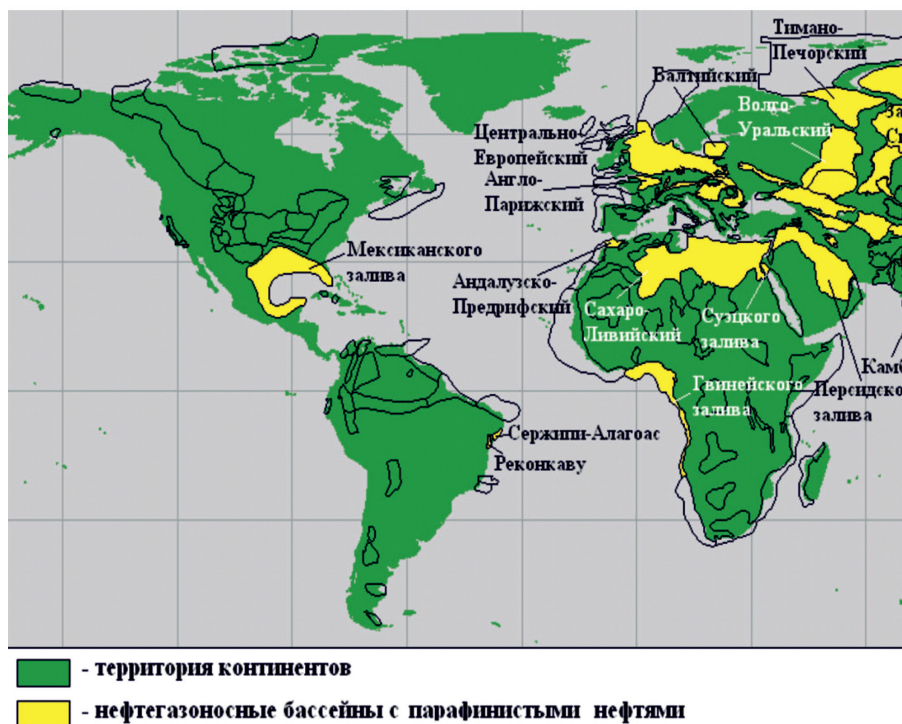


Рис. 1. Распределение нефтегазоносных бассейнов с парафинистыми нефтями в мире

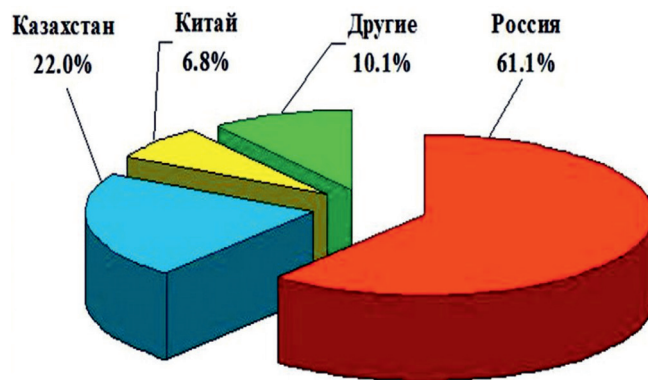


Рис. 2. Распределение ресурсов парафинистых нефтей по странам мира

Физико-химические параметры и условия залегания парафинистых нефтей Казахстана

Физико-химические показатели	месторождения Казахстана
Плотность, кг/м ³	849
Вязкость при 20 °С, м ² /с	65,18*10 ⁻⁴
Содержание, мас. %:	
серы,	0,33
парафинов,	17,56
смол,	9,56
асфальтенов	2,88
Фракция н.к. мас. %:	
200 °С	19,08
250 °С	–
300 °С	35,40
350 °С	42,32
Содержание кокса, мас. %	2,81
Газосодержание в нефти, м ³ /т	94,82
Содержание, мас. %:	
ванадия,	0,002
никеля.	0,008
Термобарические условия:	
температура пласта, °С	82,09
пластовое давление, МПа	22,75
Глубина залегания, м	От 1000 до 3000 (более 70 % парафинистые нефти)
Возраст нефтевмещающих пород	Мезозойские (более 88 % парафинистые нефти)

В мировом масштабе наибольшими запасами парафинистых нефтей обладают Россия, Казахстан и Китай. В таблице представлены средние значения физико-химических свойств парафинистых нефтей в соответствии с глубиной залегания и возрастом нефтевмещающих пластов для месторождений Казахстана.

Из таблицы видно, что парафинистые нефти Казахстана в среднем вязкие, относятся к подклассу нефтей с повышенной вязкостью (35–100*10⁻⁴ м²/с), средние по плотности (840–880 кг/м³), относятся к подклассу высокопарафинистых нефтей (10–20 %), малосернистые (до 0,5 %), смолистые (8–13 %), малоасфальтеновые (до 3 %), с низким содержанием фракции н.к. 200 °С (< 20 %) и средним содержанием фракции н.к. 300 °С (25–50 %).

Парафинистые нефти Казахстана наиболее тяжелые и вязкие, содержат большое количество парафинов, смол и асфальтенов и меньше всего дизельных фракций. Почти половина этих нефтей залегает на глубинах от 1000 до 2000 м, абсолютное большинство (почти 90 %) их являются мезозойскими (таблица).

По реологическим свойствам казахстанские парафинистые нефти имеют повышенную вязкость, большое содержание парафинов и небольшое содержание фрак-

ции, выкипающей до 350 °С, что потребует увеличения затрат энергии при вытеснении такой нефти из пластов и коллекторов, движении ее по стволу скважины и дальнейших транспортировке и хранении. Особенно актуальны эти проблемы при перекачке в холодный период года, поэтому изучение компонентного состава нефти позволяет в дальнейшем оптимизировать условия транспортировки и хранения нефти и дает возможность разрабатывать способы регулирования текучих свойств транспортируемой нефти.

На рис. 3 приведена карта распределения месторождений Казахстана с парафинистыми нефтями. В качестве объектов исследования выбраны 57 месторождений: из Прикаспийского бассейна – 22, из Северо-Кавказского – 23 и из Туранского – 12.

Рассмотрим изменения плотности и температуры застывания в зависимости от содержания парафинов для казахстанских парафинистых нефтей. Список месторождений на рис. 4 составлен в соответствии с увеличением концентрации парафинов в нефти в диапазоне колебаний от 6 % (месторождение Арысское) до 45 % (месторождение Акжар). По рис. 4 видно, что плотность нефти не зависит от содержания парафинов.

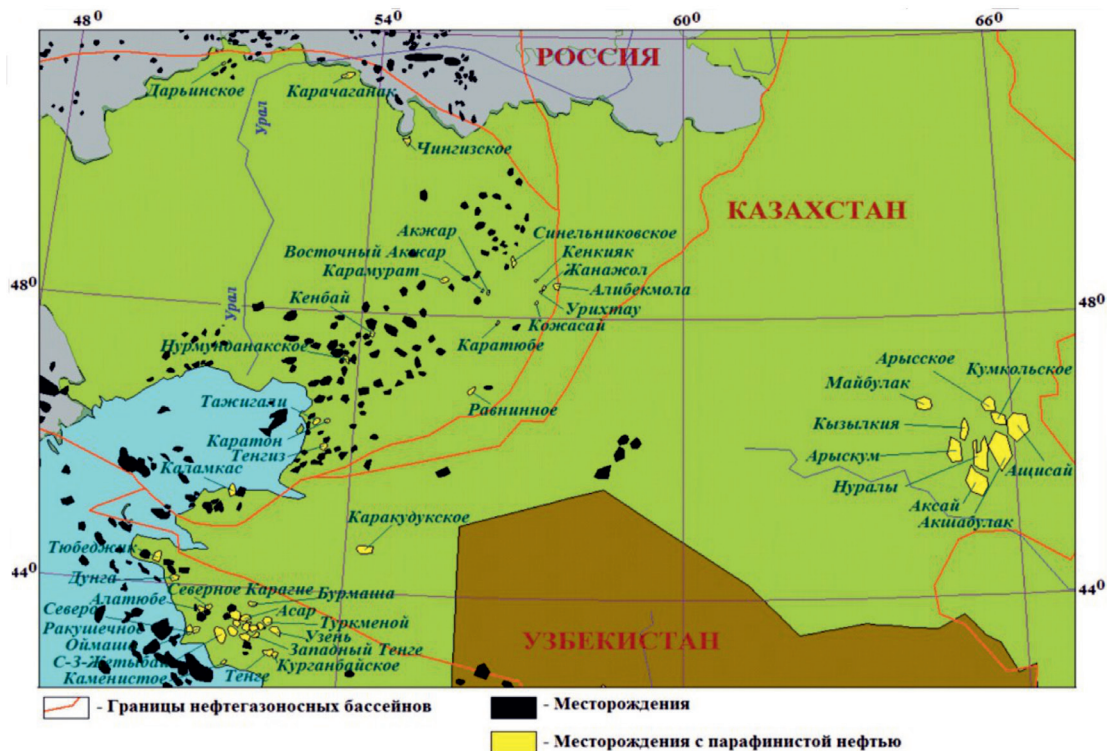


Рис. 3. Карта распределения месторождений Казахстана с парафинистыми нефтями

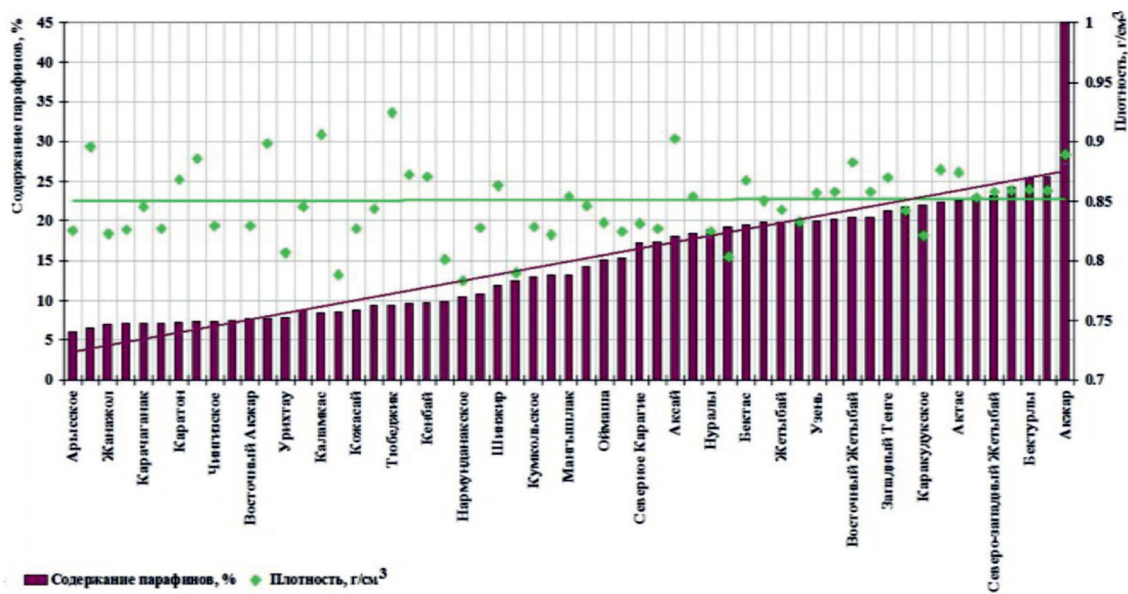


Рис. 4. Изменение плотности и содержания парафинов в нефти месторождений Казахстана

При рассмотрении реологических свойств нефти одной из важнейших физических характеристик является температура застывания. При стремлении температуры к температуре застывания происходят

образование центров кристаллизации и рост кристаллов парафинов. В процессе дальнейшей кристаллизации формируется уже структурированная система, трехмерный каркас которой связывает жидкую

фазу нефти. Возникновение такой гелеподобной структуры препятствует течению нефти, обуславливает ее аномальные вязкопластичные свойства и приводит к потере текучести.

Изменение температуры застывания для казахстанских парафинистых нефтей в зависимости от содержания в них парафинов имеет сильную прямую линейную связь –

тенденцию к росту при увеличении содержания парафинов (рис. 5). При изменении концентрации парафинов от 6 до 45% изменяется и температура застывания нефти от -20°C до $+35^{\circ}\text{C}$. Самую низкую температуру застывания -34°C имеет парафинистая нефть месторождения Тенгиз, а самую высокую $+36,67^{\circ}\text{C}$ – нефть месторождения Асар.

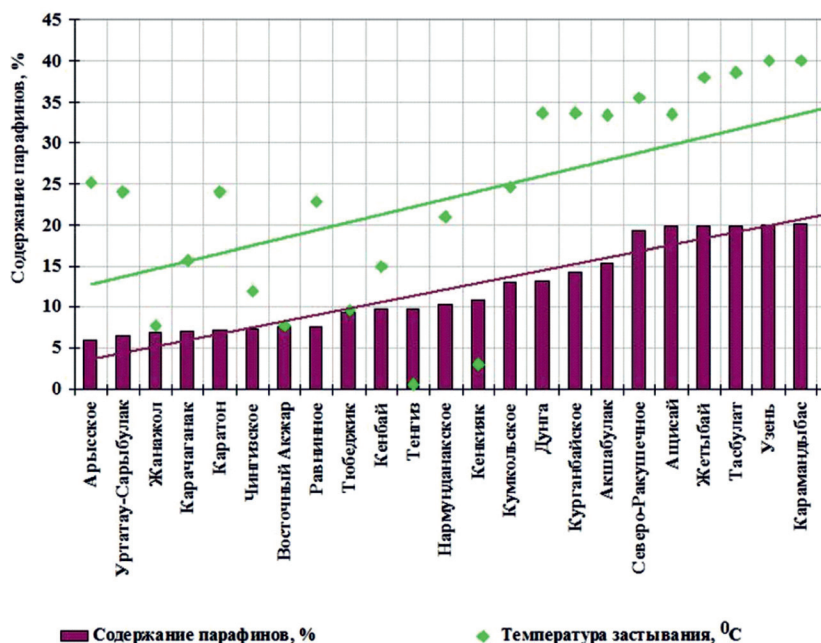


Рис. 5. Взаимосвязь температуры застывания от содержания парафинов в нефтях месторождений Казахстана

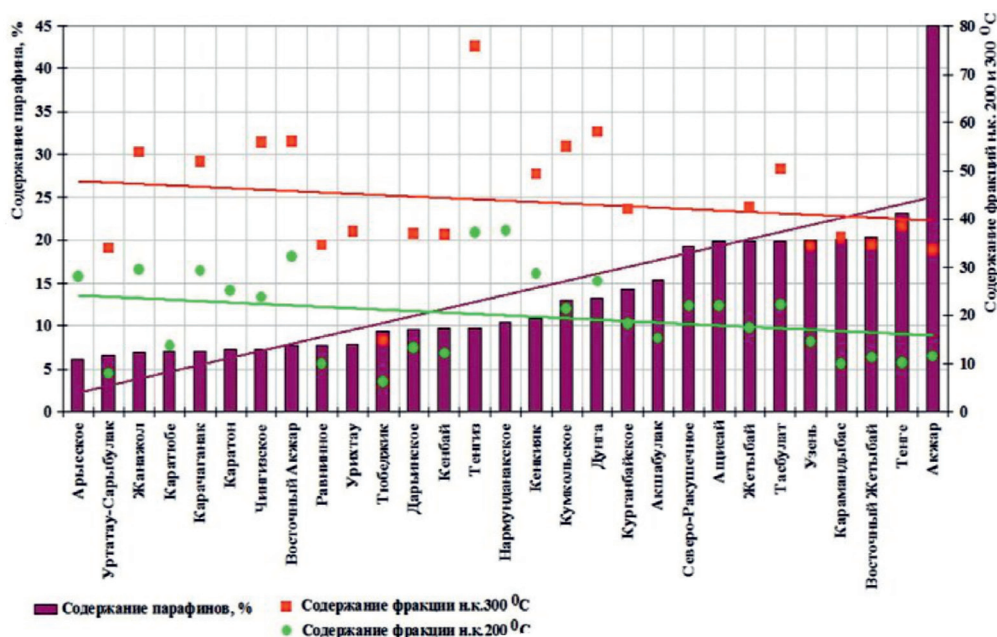


Рис. 6. Содержание парафинов и дизельных фракций в нефти месторождений Казахстана

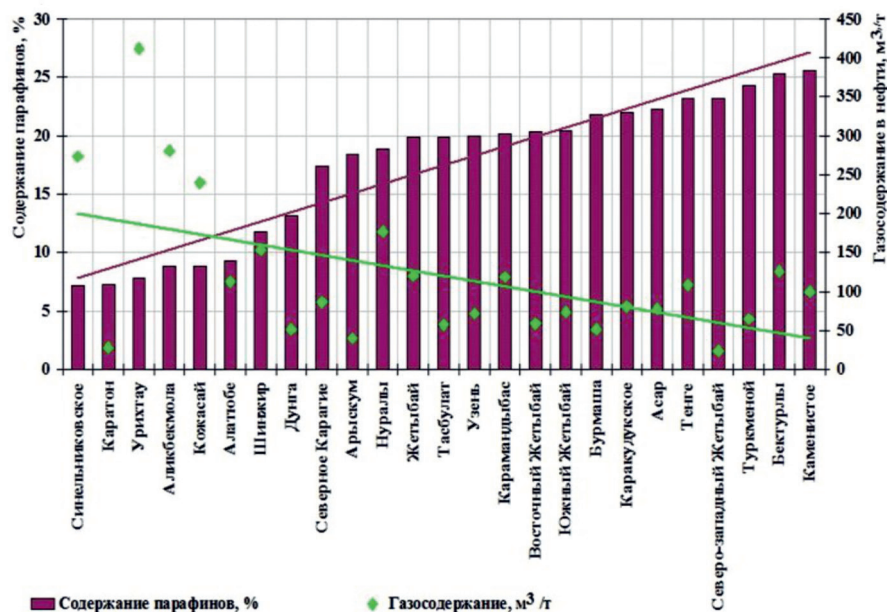


Рис. 7. Взаимосвязь газосодержания и содержания парафинов в нефти для месторождений Казахстана

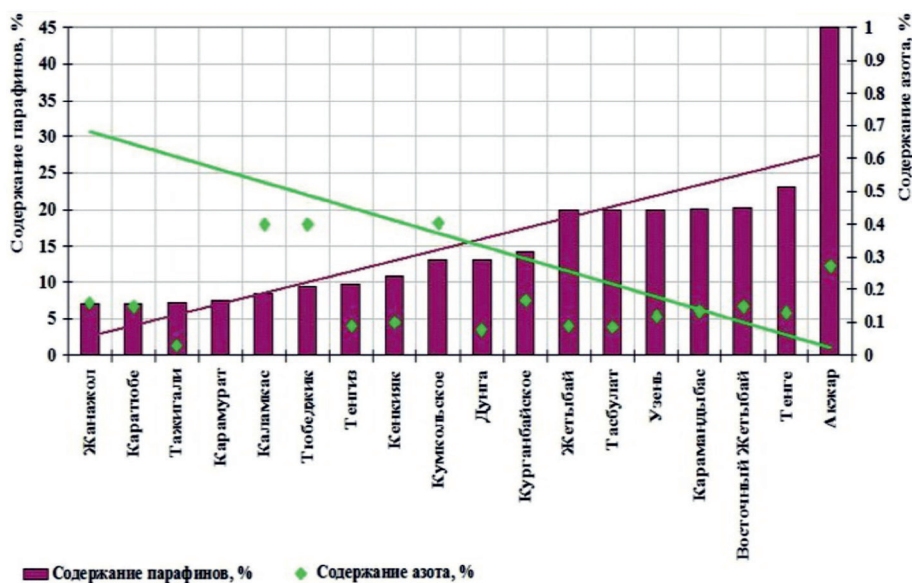


Рис. 8. Содержание парафинов и азота в нефти месторождений Казахстана

Также важным показателем реологических свойств нефти служит содержание дизельных фракций, так как парафины относятся к компонентам, связывающим жидкую фазу нефти и формирующим коллоидные частицы в ней, а содержание дизельных фракций является основной составляющей жидкой фазы нефти. Самое высокое содер-

жание дизельных фракций отмечено для месторождения Тенгиз, самое низкое – для Тюбеджика (рис. 6).

Содержание дизельных фракций уменьшается в ряду месторождений Жанакөл – Карачаганак – Чингизское – Тенгиз – Карамандыбас – Тенге – Акжар, что объясняет ухудшение реологических свойств нефтей

в данном ряду. По рисунку 6 видно, что между содержанием дизельных фракций и парафинов имеется обратная линейная связь: чем выше содержание парафинов в нефти, тем меньше выход дизельных фракций.

Анализируя взаимосвязь в казахстанских нефтях содержания парафинов от содержания газа и азота, можно видеть обратные линейные зависимости между содержанием парафинов и содержанием газа (рис. 7), а также между содержанием парафинов и содержанием азота (рис. 8) в нефтях.

При увеличении газосодержания нефти плотность и вязкость нефти уменьшаются, а ее текучесть увеличивается. Например, высокий газовый фактор имеет месторождение Урихтау ($412 \text{ м}^3/\text{т}$) с содержанием парафинов около 8%. Самый низкий газовый фактор характерен для продуктивных пластов Северо-Западного Жетыбая ($24 \text{ м}^3/\text{т}$), где содержание парафинов выше 20%.

Обычно азот присутствует во всех нефтях, хотя его содержание и не превышает 1%. Для парафинистых нефтей Казахстана пределы концентрации азота колеблются от 0,03 до 0,4%. Как видно по рис. 8, с ростом концентрации парафинов концентрация азота в среднем уменьшается.

Таким образом, по реологическим параметрам казахстанские ПН потребуют увеличения энергозатрат при вытеснении нефти из пластов и коллекторов, движении ее по забоям, дальнейшей транспортировке и хранении. Реологические свойства нефтей Казахстана определяются особенностями их компонентного состава.

Анализируя географические закономерности размещения парафинистых нефтей, можно сделать вывод, что количество нефтегазоносных бассейнов с парафинистой нефтью довольно значительно и составляет около 1/3 общего числа основных бассейнов мира. Эти бассейны расположены в Евразии (большая часть), Африке и Америке. И более 90% мировых запасов парафинистых нефтей сосредоточено в России, Казахстане и Китае.

Сравнительный анализ физико-химических свойств парафинистых нефтей Казахстана показал, что с увеличением глубины залегания этих нефтей, а также с повышением пластовой температуры и давления, уменьшаются их вязкость и плотность,

содержание серы, смол, асфальтенов, т.е. улучшаются качественные характеристики. По реологическим характеристикам, которые в значительной степени зависят от компонентного состава нефти, казахстанские ПН отличаются высоким содержанием парафинов, большой вязкостью и небольшим содержанием дизельных фракций.

Как известно, перспективным способом улучшения реологических свойств нефтей, вязкость которых обусловлена большим содержанием парафинов, является использование депрессорных присадок [5]. Исследованиями установлено, что кроме специальных реагентов, выбор которых индивидуален, для регулирования процессов парафинообразования можно использовать компоненты самой нефти. Установлено, что введение в нефть при ее транспортировке асфальто-смолистых добавок при температуре выше температуры плавления парафинов, приводит к стабилизации кристаллов парафина и препятствует процессу роста отложения парафина. Некоторыми авторами изучены также вопросы совместного использования депрессаторов и асфальто-смолистых добавок, что препятствует свободному протеканию данного процесса и улучшает реологические свойства нефти.

Полученные закономерности распределения парафинистых нефтей и особенности их физико-химических, реологических свойств могут быть использованы при определении оптимальных схем сбора и эффективных условий транспортировки таких нефтей, а также для совершенствования уже существующих систем подготовки скважинной продукции на нефтегазовых месторождениях.

Список литературы

1. Насыров А.М. и др. Способы борьбы с отложениями парафина. – М.: ВНИИОЭНГ. – 1991. – 44 с.
2. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр». – 2000. – 653 с.
3. Ященко И.Г. Физико-химические свойства трудно-извлекаемых нефтей в зависимости от содержания парафинов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2010. – № 6.
4. Батманов К.Б. Исследования нефти месторождений Казахстана // Нефтегазовое дело. – 2008. – № 1.
5. Елеманов Б.Д., Герштанский О.С. Осложнения при добыче нефти. – М.: Наука. – 2007. – 420 с.