

# География и физико-химические свойства сернистой нефти

И.Г. Яценко

к.г.-м.н., зав. лаб.  
sric@ipc.tsc.ru

Институт химии нефти Сибирского отделения РАН, Томск, Россия

**В условиях роста объемов добычи углеводородного сырья во всем мире, при существенном истощении запасов нефти средней и малой плотности и вязкости в относительно неглубоко залегающих горизонтах, становятся актуальными вопросы освоения трудноизвлекаемых запасов нефти. Речь идет о сложных геологических условиях залегания (большие глубины, сложное строение залежи и т.д.) и характеристиках самих нефтей**

Сернистые нефти (СН), как трудноизвлекаемые нефти [1], известны такими качествами, как высокая плотность и вязкость. Помимо этого, в связи с высочайшей коррозионной способностью сероводорода, затрудняется реализация всех этапов освоения СН, особенно разработка залежей и переработка СН на нефтехимических предприятиях [2–5].

Известно, что высокое содержание серы в нефти влияет не только на технологии её освоения, транспортировки, переработки и утилизации, но и на степень неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Все это вынуждает исследовать размещение СН, содержание серы в этих нефтях и особенности физико-химических свойств и условий их залегания более детально.

Промышленное извлечение серы как побочного продукта при переработке нефтегазового сырья началось в 50–60-е гг. прошлого века, а с 1980-х гг. — большая часть серы в мире производится как побочный продукт при переработке нефти и газа.


Точных данных по объему мировых запасов серы не существует. По оценкам


геологической службы США, они составляют около 5 млрд т, а по данным специалистов компании «Газпром», глобальные ресурсы серы только в газовых месторождениях могут достигнуть 10–20 млрд т [6–8]. Мировое производство серы в 2015 г. составило более 60 млн т. В дальнейшем прирост объемов производства будет обеспечен в основном за счет увеличения добычи и переработки нефти и природного газа, разработки и ввода в эксплуатацию новых нефтегазовых месторождений с высоким содержанием серы в сырье, ужесточения требований к содержанию серы в топливе, а также увеличения доли СН.

Во всем мире запасы СН очень велики. Для Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна (НГБ) проблема СН имеет особое значение. Здесь располагаются миллионы тонн разведанных запасов СН, что требует особого отношения к их производству и существенного изменения политики в подготовке запасов рассматриваемых нефтей как в этом бассейне, так и в новых центрах нефтедобычи [9].

## Условные обозначения:

- Б** Месторождения СН класса «битуминозные»
- В** Месторождения СН класса «вязкие»
- П** Месторождения СН с высоким содержанием парафинов
- С** Месторождения СН с высоким содержанием смол
- А** Месторождения СН с высоким содержанием асфальтенов
- пп** Месторождения СН, характеризующиеся низкой проницаемостью и низкой пористостью

 НГБ подвижных поясов

 Платформенные бассейны

**Бассейны подвижных поясов:** 3 — Биг-Хорн, 4 — Уинд-Ривер, 5 — Ханна-Ларами, 6 — Юта-Невадинский, 7 — Санта-Мария, 8 — Вентура-Санта-Барбара, 10 — Северо-Кубинский, 11 — Центрально-Кубинский, 12 — Маракаибский, 13 — Баринас-Апуре, 14 — Оринокский, 18 — Северо-Эгейский, 19 — Адриатический, 20 — Сицилийский, 21 — Ронский, 22 — Эбро, 23 — Аквитанский, 24 — Англо-Парижский, 26 — Венский, 27 — Северо-Предкарпатский, 28 — Карпатский, 29 — Паннонский, 31 — Северо-Кавказский, 35 — Афгано-Таджикский.

**Платформенные бассейны:** 1 — Западно-Канадский, 2 — Уиллистонский, 9 — Мексиканского залива, 15 — Гвинейского залива, 16 — Суэцкого залива, 17 — Персидского залива, 25 — Центрально-Европейский, 30 — Днепровско-Припятский, 32 — Прикаспийский, 33 — Волго-Уральский, 34 — Тимано-Печорский, 36 — Западно-Сибирский, 37 — Енисейско-Анабарский, 38 — Лено-Тунгусский, 39 — Бохайский.

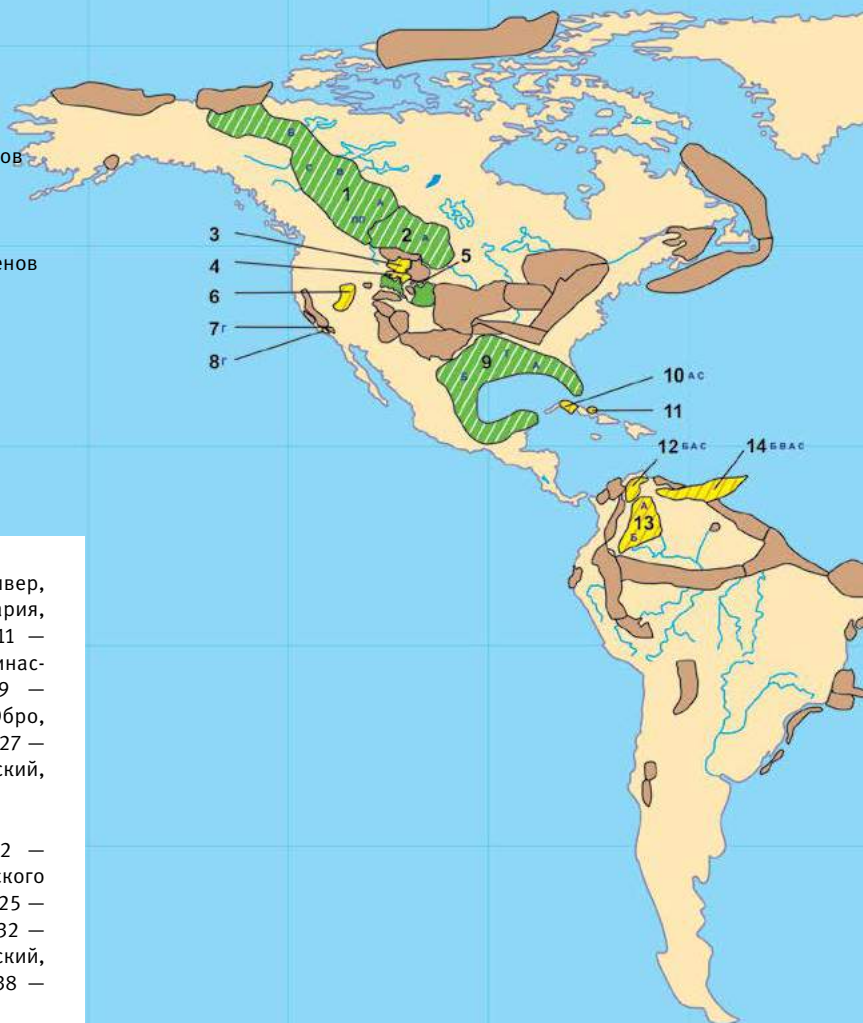


Рис. 1 — Карта распределения нефтегазоносных бассейнов с сернистыми нефтями

**с аномальными физико-химическими свойствами, в частности, сернистых нефтей (СН). Именно СН, являясь одним из видов трудноизвлекаемых нефтей, обладают параметрами, существенно затрудняющими процессы освоения их запасов.**

#### Материалы и методы

База данных ИХН СО РАН по физико-химическим свойствам нефти, содержащая общий объем информации из 32300 описаний образцов нефти мира; методы геостатистического и пространственного анализа.

#### Ключевые слова

трудноизвлекаемые нефти, физико-химические свойства нефти, сернистые нефти, нефтегазоносные бассейны

#### 1. Особенности размещения, свойств и условий залегания СН

Для проведения исследований путем анализа многочисленных литературных источников в Институте химии нефти СО РАН собран обширный фактический материал по физическим свойствам и химическому составу нефтей мира, а также о геологических характеристиках нефтеносных бассейнов. На основе этого материала была сформирована база данных (БД) по физико-химическим свойствам нефтей мира. При ее формировании в качестве источника информации используются все доступные справочники, монографии, научные статьи и др.

В настоящее время в БД представлено описание более 32300 образцов нефтей из 300 НГБ. Для исследования особенностей физико-химических свойств СН на основе информации из БД был сформирован массив данных. К СН, в соответствии с классификацией [9], относим образцы нефти с содержанием серы 3 мас.% и выше. Сформированный массив данных о свойствах СН составил 1003 записей по 389 месторождениям 39 НГБ на нефтегазоносных территориях Азии, Европы, Северной и Южной Америки, и Африки (рис. 1). Как видно из таб. 1, скопления СН довольно широко распространены в земной коре и свойственны почти всем геотектоническим типам НГБ (бассейны подвижных поясов, платформенные бассейны и бассейны переходных зон [10]). В таб. 1

приведен перечень основных НГБ двух геотектонических типов, а также указано количество месторождений с СН и средние (по территории НГБ) значения содержания серы в СН бассейна. Наибольшее количество скоплений СН связано с НГБ платформенного типа (древние и молодые платформы) — более 83% месторождений, в то время как на месторождениях НГБ платформенного типа в целом средне-бассейновое содержание серы ниже по сравнению с сернистостью нефтей бассейнов подвижных поясов: 4,56 и 6,00% соответственно, что согласуется с данными как нашей работы, так и работами других авторов [11–13].

На рис. 2 приведена диаграмма распределения запасов СН по НГБ. Далее, на наш взгляд, следует рассмотреть основные характеристики СН. В таб. 2 представлена информация о средних значениях физико-химических характеристик СН, пластовых температурах и давлениях, характеристиках коллекторов.

#### Плотность

СН обладают в среднем высокой плотностью (таб. 3) и относятся к классу «сверхтяжелая» (изменение плотности по классификации [9] —  $0,92 \div 0,96 \text{ г/см}^3$ ), что является одним из важных факторов отнесения СН к трудноизвлекаемым. Плотность изменяется в диапазоне  $0,80\text{--}1,08 \text{ г/см}^3$ . Величина более  $1,00 \text{ г/см}^3$  характерна для плотности нефти

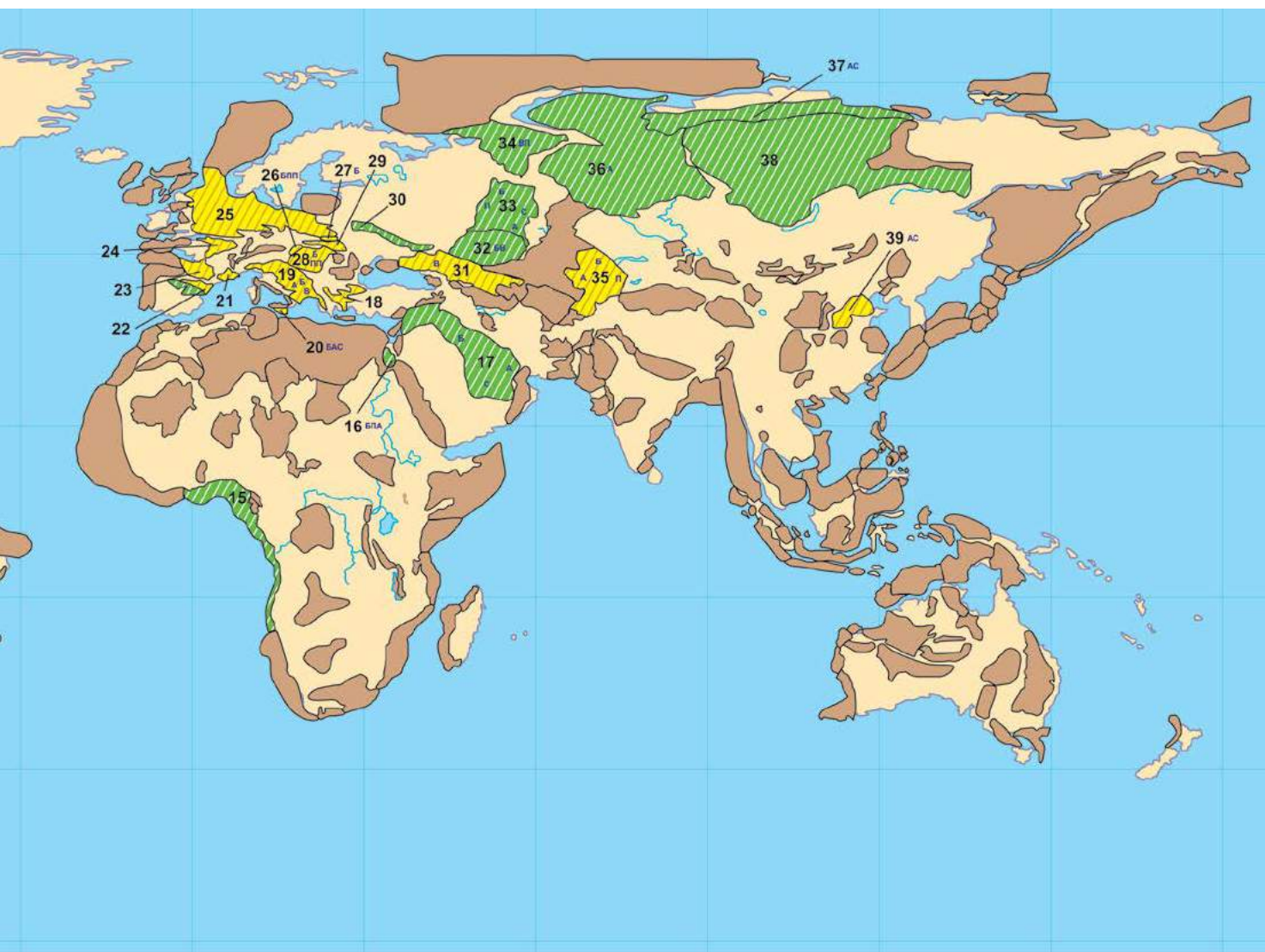


Fig. 1 — The allocation map of oil and gas basins with sulfur oils

класса «битуминозная» (более 0,96 г/см<sup>3</sup> [9]) месторождений бассейнов подвижных поясов и платформенного типа, отмеченных на рис. 1 литерой «Б».

#### Вязкость при 20°C

СН в среднем являются сверхвязкими (вязкость более 500 мм<sup>2</sup>/с [9]), усугубляя тем самым свою трудноизвлекаемость. Всего из БД установлено 149 месторождений с сернистыми и вязкими нефтями, относящиеся к бассейнам платформенного типа, а также находящиеся в пределах

НГБ подвижных поясов (рис. 1, литера «В»).

#### Содержание парафинов

Этот компонент является одной из важнейших характеристик СН. Во многих из них парафины содержатся в незначительных количествах, в целом содержание парафинов СН изменяется от минимальных значений (менее 1%) до 19%, в среднем СН относятся к классу «среднепарафинистая нефть». НГБ с парафинистыми месторождениями представлены на рис. 1 литерой «П» (содержание парафинов

1,5 ÷ 6% [9]). Максимальное значение парафинистости (18,6% и выше) определено для СН месторождений Афгано-Таджикского НГБ).

#### Содержание смол

Концентрация смол изменяется в очень широких пределах. Максимальное содержание смол, около 78%, отмечается на месторождении Волго-Уральского НГБ — Ашалчинское. Чрезвычайно высокие концентрации смол (более 30%, нефть класса «сверхвысокосмолистая» [9]) характерны для многих Волго-Уральских месторождений и других месторождений платформенных бассейнов: Атабаска и Ллойдминстер (Западно-Канадский НГБ), Южно-Тигянское (Енисейско-Анабарский НГБ), Кайяра (бассейн Персидского залива), Шэнли (Бохайский НГБ). Отмечены месторождения со сверхвысокосмолистыми нефтями и в пределах НГБ подвижных поясов, это в основном нефти Афгано-Таджикского бассейна, а также месторождений Джела (Сицилийский НГБ), Боскан (Маракаибский НГБ), Варадеро (Северо-Кубинский НГБ), Питч Лейк (Ориноцкий НГБ).

#### Содержание асфальтенов

В среднем СН относятся к классу «среднеасфальтеновая нефть» (3 ÷ 10%, таб. 2). Высокое содержание асфальтенов (более 10%, нефть класса «высокоасфальтеновая») характерно для СН бассейнов как платформенного типа, так и для месторождений НГБ подвижных поясов (рис. 1, литера «А»). Максимальные концентрации асфальтенов (30–60%) наблюдаются в нефтях месторождений следующих НГБ: Западно-Канадского, Оринокского, Баринас-Апуре, Адриатического, Волго-Уральского.

#### Газосодержание

Содержание нефтяного газа в СН низкое, изменяется от 0,5 до 198 м<sup>3</sup>/т, что является еще одним фактором отнесения СН к трудноизвлекаемым. Наиболее обеднены нефтяным газом СН месторождений Волго-Уральского, Афгано-Таджикского, Уиллистон. Газосодержание более 100 м<sup>3</sup>/т отмечено для НГБ подвижных поясов — Вентура-Санта-Барбара, Санта-Мария, бассейнов платформенного типа — ВУНГБ, Днепровско-Припятский, Персидского залива.

#### Пластовая температура

Нефти в залежах с пластовой температурой ниже 20 и выше 100°C относятся к трудноизвлекаемым [9]. Температура залежей СН изменяется в широких пределах — от 7,2 до 106°C, в среднем пластовая температура не достигает 34°C. Самая низкая температура пласта (7,2°C) с малой глубиной залегания 150 м установлена для месторождения Атабаска Западно-Канадского бассейна. Пластовая температура от 75 до 100°C отмечена на глубине 1600–4000 м в месторождениях бассейна Персидского залива, Днепровско-Припятского, Мексиканского залива, Сицилийского и Юта-Невадинского. Максимальная температура — более 100°C — установлена для «горячих» пластов с глубиной залегания 3884 м месторождения Бузырган Персидского залива.

#### Проницаемость и пористость

Эти показатели очень важны для характеристики коллекторов, в которых залегают СН, и определяют нефти как трудноизвлекаемые при проницаемости ниже 0,05 мкм<sup>2</sup> и пористости пород менее 8%, такие значения пористости

Тип нефтегазоносного бассейна	Нефтегазоносный бассейн	Количество месторождений с СН	Средне-бассейновое содержание серы в СН, мас. %
Бассейны подвижных поясов	Адриатический	7	5,23
	Аквитанский	2	4,40
	Англо-Парижский	1	4,6
	Афгано-Таджикский	12	4,70
	Баринас-Апуре	1	6,20
	Биг-Хорн	4	3,27
	Венский	1	6,00
	Вентура-Санта-Барбара	1	4,10
	Карпатский	3	6,46
	Маракаибский	4	4,83
	Ориноцкий	7	4,32
	Паннонский	1	3,30
	Ронский	1	5,00
	Санта-Мария	4	4,75
	Северо-Кавказский	2	14,50
	Северо-Кубинский	4	5,65
	Северо-Предкарпатский	1	8,00
	Северо-Эгейский	1	4,00
	Сицилийский	1	7,90
	Уинд-Ривер	1	20,10
Ханна-Ларами	1	3,00	
Центрально-Кубинский	1	4,90	
Эбро	1	5,00	
Юта-Невадинский	1	3,90	
Платформенные бассейны (древние и молодые платформы)	Бохайский	1	3,01
	Волго-Уральский	224	3,79
	Гвинейского залива	1	3,10
	Днепровско-Припятский	4	5,75
	Енисейско-Анабарский	1	3,40
	Западно-Канадский	6	4,78
	Западно-Сибирский	6	4,25
	Лено-Тунгусский	4	6,34
	Мексиканского залива	24	4,16
	Персидского залива	26	5,54
	Прикаспийский	5	4,41
	Суэцкого залива	11	3,75
	Тимано-Печорский	6	3,30
	Уиллистонский	4	3,23
Центрально-Европейский	1	9,60	

Таб. 1 — Данные о СН основных нефтегазоносных бассейнах мира  
Tab. 1 — The data on the sulfur oils of the main oil and gas basins of the world

и проницаемости установлены для некоторых бассейнов, отмеченных на рис. 1 литерой «ПП».

### Распределение по глубине

Отложения, содержащие залежи СН, характеризуются широким глубинным диапазоном — от поверхности до 4000 м. Распределение мировых запасов СН по глубине представлено на рис. 3

### Стратиграфическое распределение

СН характеризуются широким возрастным диапазоном: образцы СН встречаются в кайнозойских отложениях, в мезозойских отложениях, а также в палеозойских. При этом абсолютное большинство запасов сосредоточено в мезозойских отложениях и составляет почти 90% мировых запасов, в молодых кайнозойских породах запасы СН наименьшие и доля равна более 3%, более древние палеозойские СН также имеют невысокие запасы — 7% (рис. 4) [9].

### 2. Особенности СН России

Как можно увидеть на рис. 1, российские СН расположены в 6 НГБ: Волго-Уральском, Западно-Сибирском, Енисейско-Анабарском, Лено-Тунгусском, Северо-Кавказском и Тимано-Печорском. Как было указано, на территории России наибольшими запасами СН обладают Волго-Уральский и Западно-Сибирский НГБ: в сумме около 5,4% мировых запасов СН (рис. 2). Уникальными и крупными по запасам являются следующие месторождения: в ВУНГБ — Ромашкинское, Туймазинское, Мухановское, Юсуповское, Шаповское, Аксубаево-Мокшинское, Гремихинское, Чутырско-Киенгопсинское, Манчаровское и т.д., в Западной Сибири

— Самотлорское, Самбургское, Южно-Сургутское и Усть-Балыкское.

В процессе исследования был сформирован массив данных о свойствах российских СН, объем которого составил 698 образца из 244 месторождений. Большинство месторождений расположено на территории ВУНГБ — 225 месторождений; в Западной Сибири и Тимано-Печорском НГБ — по 6 месторождений; в Лено-Тунгусском НГБ — 4; в Северо-Кавказском — 2 (Красно-Камышанское и Олейниковское); в Енисейско-Анабарском — 1 месторождение (Южно-Тигянское).

Волго-Уральские СН (98%) залегают в основном до 2000 м и только нефти 6 месторождений (Елгачихинское, Репьевское, Сергеевское, Султангулов-Заглядинское, Тананькинское и Шафрановское) залегают ниже 2000 м. СН ВУНГБ являются палеозойскими, в основном находятся в каменноугольных отложениях (76,2% образцов), в пермских и девонских отложениях — 13,8 и 10% соответственно.

В Западной Сибири СН находятся в пластах с глубинным интервалом 2083–2750 м, стратиграфический диапазон — от верхней юры до нижнего мела. Тимано-Печорские СН имеют более широкое стратиграфическое и глубинное распределения: от верхнего девона до нижнего и среднего триаса, пределы глубины залегания — от 950 до 3207 м. В Лено-Тунгусском бассейне СН залегают от 30 до 2144 м. Северо-Кавказские СН являются нижнемеловыми, залежи в Олейниковском месторождении на глубине 978 м, в Красно-Камышанском — 2232 м. СН Южно-Тигянского месторождения из Енисейско-Анабарского НГБ относятся к нижнепермским отложениям.

В данной работе были проанализированы

основные характеристики СН рассматриваемых бассейнов. В таб. 3 представлена информация о средних значениях физико-химических свойств российских СН [9]. По сравнению со свойствами среднемировых СН, Волго-Уральские, Западно-Сибирские, Лено-Тунгусские и Северо-Кавказские менее тяжелые, а Тимано-Печорские и Енисей-Анабарские нефти, наоборот, характеризуются наибольшей плотностью по сравнению с среднемировыми СН. Вязкость российских СН намного ниже значения вязкости остальных СН, исключение составляют СН ВУНГБ, вязкость которых сопоставима с вязкостью среднемировых нефтей. Необходимо отметить, что СН Лено-Тунгусского и Северо-Кавказского бассейнов, по своим физическим свойствам, относятся к легким и маловязким. По имеющимся данным, парафинистость Тимано-Печорских и Северо-Кавказских СН гораздо выше уровня среднемировых (более чем в 2 раза), а Волго-Уральские и Западно-Сибирские — с меньшим содержанием парафинов, смол и асфальтенов, но по значению сернистости равны или чуть выше среднемировых значений (таб. 2). Самыми сернистыми и парафинистыми оказались СН Северо-Кавказского НГБ.

Рассмотрим более подробно свойства СН ВУНГБ и ЗСНГБ, как основных российских бассейнов с залежами СН. Установлено, что в ЗСНГБ максимальное количество серы отмечено в нефти Самбургского месторождения (9,16%), для Волго-Уральского НГБ сернистость максимальна (7,8%) в природных битумах месторождения Садкинское (Средне-Волжская нефтегазоносная область), далее содержание серы в диапазоне 5–7% характерно в основном для СН месторождений

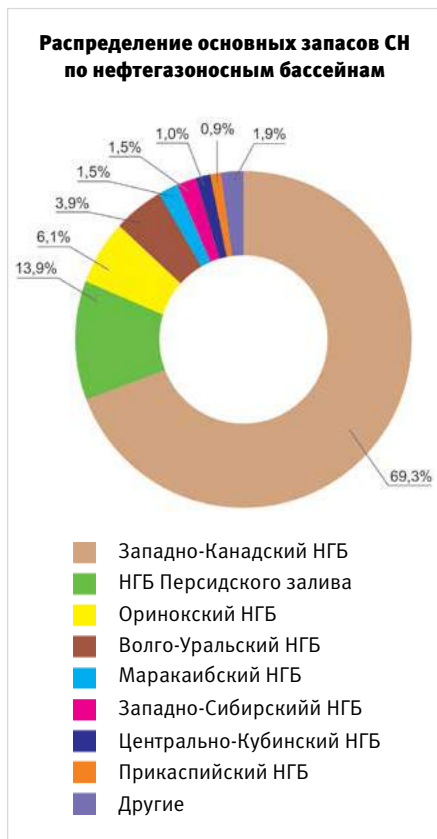


Рис. 2 — Распределение основных запасов СН по нефтегазоносным бассейнам

Fig. 2 — The allocation of the sulfur oils reserves within oil and gas basins of the world

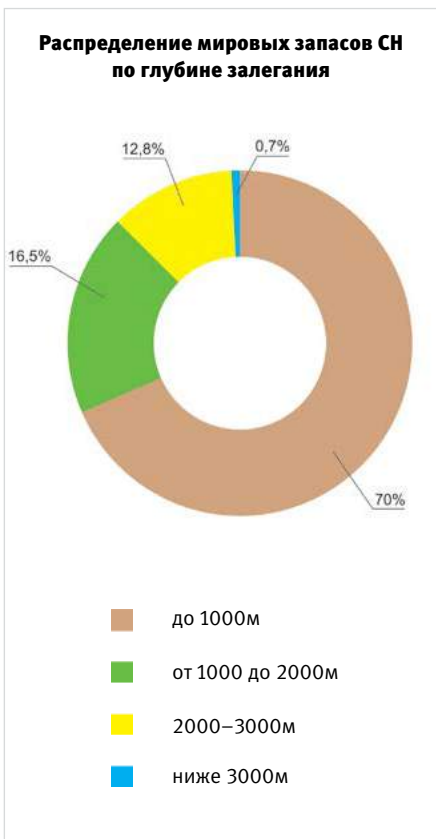


Рис. 3 — Распределение мировых запасов СН по глубине залегания

Fig. 3 — Physical and chemical properties of the sulfur oils and conditions of their occurrence

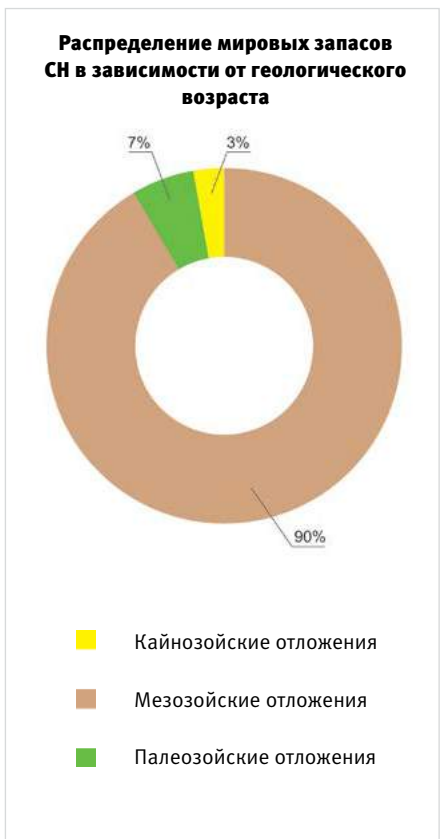


Рис. 4 — Распределение мировых запасов СН в зависимости от геологического возраста

Fig. 4 — The allocation of the sulfur oils world reserves according to the geological time

Мелекесско-Абдулинской и Татарской Волго-Уральских нефтегазоносных областей.

Волго-Уральские и Западно-Сибирские СН обладают в среднем высокой плотностью (таб. 3) и относятся к классам «с повышенной плотностью» (плотность от 0,88 до 0,92 г/см<sup>3</sup>) и «сверхтяжелая» (плотность выше 0,92 г/см<sup>3</sup>). Установлено, что плотность СН ВУНГБ изменяется в диапазоне 0,83–0,103 г/см<sup>3</sup>. Величина более 1,00 г/см<sup>3</sup> характерна для плотности нефти месторождений Татарской нефтегазоносной области (Аверьяновское, Беркет-Ключевское, Горское, Екатериновское, Нагорное, Северо-Ашальчинское и Шугуровское); в Уфимской НГО — месторождение Арланское; в Пермско-Башкирской НГО — Осинское месторождение; в Средне-Волжской области — это месторождение Садкинского.

Сверхвязкими СН (вязкость при 20°C более 500 мм<sup>2</sup>/с) являются Волго-Уральские нефти Аксубаево-Мокшинского, Ашальчинского, Бавлинского, Вишнево-Полянского, Горского, Нагорного, Сугушлинского (Татарская нефтегазоносная область) и Аканского, Западно-Радужного, Правдинского месторождений Мелекесско-Абдулинской области. Самыми вязкими являются залежи Сугушлинского и Горского месторождений.

Во многих СН ВУНГБ и ЗСНГБ парафины практически отсутствуют или содержатся в незначительных количествах, в среднем нефти относятся к классу «среднепарафинистая нефть». Парафинистые нефти (содержание парафинов более 6%) составляют из общей

выборки рассматриваемых СН всего 8,6%, в основном, это нефти месторождений Мелекесско-Абдулинской области (Аллагуловское, Вишенское, Мордовоозерское, Новобесовское, Правдинское, Радаевское, Северо-Каменское, Сосновское), а максимальное содержание парафинов 15,6% отмечено на месторождении Новобесовское, глубина залегания составляет 1670–1680 м.

Концентрация асфальто-смолистых компонентов изменяется в очень широких пределах. Максимальное содержание смол, более 60%, отмечено на месторождениях ВУНГБ Ашальчинское и Репьевское, минимальное — 2% на месторождении Вишенское, глубина 1500–1514 м. Максимальное содержание асфальтенов (около 60%) отмечено в природных битумах месторождения Спиридоновское, минимальное — до 2% характерно для нефтей Березовского, Верхнечуловского, Калиновского и Шугурского месторождений. В Западной Сибири высокой смолистостью отмечена нефть Южно-Сургутского месторождения, где концентрация смол и асфальтенов составляет 34,3 и 11,2% соответственно.

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что запасы СН во всем мире очень велики. При этом их скопления из Западно-Канадского, Персидского залива и Оринокского бассейнов в сумме составляют почти 90% мировых запасов СН. В России подобные нефти сосредоточены в 244 месторождениях, большинство из которых (92%) приходится на Волго-Уральский НГБ.

## Итоги

Проведен пространственный анализ размещения сернистых нефтей мира. Использована информация о свойствах 1000 образцов нефтей с повышенным содержанием серы, полученная из мировой базы данных по физико-химическим свойствам нефти. Выявлены закономерности залегания этих нефтей и их особенности. Представлен анализ физико-химических свойств сернистых нефтей Волго-Уральского и Западно-Сибирского НГБ.

## Выводы

В работе приведены результаты анализа физико-химических свойств сернистых нефтей и особенностей географии их размещения в планетарном масштабе. Показано, что нефти с высоким содержанием серы являются сверхтяжелыми и сверхвязкими, с повышенным содержанием асфальто-смолистых веществ и пониженным содержанием топливных фракций. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых и усовершенствовании существующих методов и технологий переработки нефти с повышенным содержанием серы.

## Список литературы

- Лисовский Н.Н., Халимов Э.М. О классификации трудноизвлекаемых запасов // Вестник ЦКР Роснедра. 2009. №6. С. 33–35.
- Пуртова И.П., Вариченко А.И., Шпуров И. Трудноизвлекаемые запасы нефти.

Характеристики нефти	Объем выборки	Среднее значение
Плотность, г/см <sup>3</sup>	949	0,9325
Вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	446	8739,84
Температура застывания, °С	186	-19,06
Содержание серы, % мас.	1000	4,13
Содержание парафинов, % мас.	517	3,79
Содержание смол, % мас.	539	23,86
Содержание асфальтенов, % мас.	614	8,23
Содержание фракции н.к. 200 °С, % мас.	128	13,26
Содержание фракции н.к. 300 °С, % мас.	128	27,49
Содержание фракции н.к. 350 °С, % мас.	114	33,47
Газосодержание в нефти, м <sup>3</sup> /т	256	21,50
<b>Условия залегания СН</b>		
Температура пласта, °С	234	33,87
Пластовое давление, МПа	228	13,93
Проницаемость коллекторов, мкм <sup>2</sup>	75	0,80
Пористость коллекторов, %	93	18,93

Таб. 2 — Физико-химические свойства СН и условия их залегания  
Tab. 2 — Physical and chemical properties of the sulfur oils and conditions of their occurrence

Характеристики нефти	Волго-Уральский	Западно-Сибирский	Тимано-Печорский	Лено-Тунгусский	Северо-Кавказский	Енисейско-Анабарский
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,9244	0,8935	0,9326	0,8362	0,8265	0,9427
Вязкость при 20°C, мм <sup>2</sup> /с	5893,71	67,82	508,39	1,82	14,10	237,00
Содержание серы, % мас.	3,79	4,25	3,30	6,34	14,50	3,40
Содержание парафинов, % мас.	3,52	2,62	8,67	Нет данных	8,90	Нет данных
Содержание смол, % мас.	23,72	15,40	Нет данных	11,06	5,00	31,39
Содержание асфальтенов, % мас.	7,44	3,67	Нет данных	Нет данных	Нет данных	12,87

Таб. 3 — Физико-химические свойства СН России  
Tab. 3 — Physical and chemical properties of the sulfur oils of the Russian Federation

Терминология. Проблемы и состояние освоения в России // Наука и ТЭК. 2011. №6. С. 21–26.

3. Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Динамика доли относительного содержания трудноизвлекаемых запасов нефти в общем балансе // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. Т. 2. С. 1–11.

4. Максutow P., Орлов Г., Осипов А. Освоение запасов высоковязких нефтей в России // Технологии ТЭК. 2005. №6. С. 36–40.

5. Рыльков А.В., Потеряев В.В. Нафтенoвые нефти мира (распространение, генезис, применение) // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2013. №1. С. 32–44.

6. Хохлов А.В. География мировой серной промышленности. М.: Влант, 2003. 51 с.

7. Ким С. Сера и кислота // The Chemical Journal. 2011. №9. С. 34–39.

8. Кириллов Д. Стратегическая сера // Нефть России. 2012. №12. С. 56–61.

9. Яценко И.Г., Полищук Ю.М. Трудноизвлекаемые нефти: физико-химические свойства и закономерности размещения. Томск: В-Спектр, 2014. 154 с.

10. Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Ханин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа. М.: МГУ, 2004. 415 с.

11. Шумилов В.А., Кирсанов А.Н., Крупнин С.В., Попов И.П., Рыльков А.В. Тяжелые нефти и

битумы мира (распространение, технологии разработки пути использования). Тюмень: ТИУ, 2016. 200 с.

12. Яценко И.Г. Сернистые нефти мира — особенности распространения, геологических условий залегания и их физико-химических свойств // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. №3. С. 12–18.

13. Яценко И.Г., Перемитина Т.О., Лучкова С.В. Исследование особенностей физико-химических свойств сернистых нефтей с применением кластерного анализа и метода главных компонент // Геология нефти и газа. 2016. №4. С. 70–76.

ENGLISH

GEOPHYSICS

## Geography and physical-chemical properties of sulfur oils

UDC 550.361:553.982

### Author:

**Irina.G. Yashchenko** — Ph.D., the head of the laboratory; [src@ipc.tsc.ru](mailto:src@ipc.tsc.ru)

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation

### Abstract

The questions, concerning with the development of hard-to-recover reserves assume prominence under the conditions of volume growth of hydrocarbon production, taking into account the reserves depletion of middle- and low-density and viscosity of the oil of shallow horizons. The article is devoted to the description of geological conditions of occurrence (deep depth, the complex structure of deposits, etc.) and the characteristics of oils with abnormal physical-chemical properties, especially characteristics of sulfur oils. Sulfur oils are considered to be hard-to-recover oils as they are characterized with the properties, that make the development difficult.

### Materials and methods

The database of the Institute of Petroleum

Chemistry (Siberian Division of the Russian Academy of Sciences) on physical-chemical properties of 32,300 samples of oils of the world; methods of geostatistical and dimensional analysis.

### Results

The dimensional analysis of sour oils distribution of the world was carried out. The information about the properties of 1000 samples of oils with high content of sulfur, which was obtained from the global database of physical and chemical properties of oil, was used in the article. Patterns of the occurrence of these oils and features of their properties was identified. The analysis of physical and chemical properties of sulfur oils of the Volga-Ural and the West Siberian Basins is presented in the article.

### Conclusions

The results of the analysis of physical-chemical properties of sulfur oils and their location worldwide are described in the article. It was shown that oils with high content of the sulfur are extra-heavy and high-viscosity oils with increased concentration of asphalt-resin substances and with low content of fuel fractions. The results can be used for developing new and improving of existing methods and technologies of processing oils with high content of the sulfur.

### Keywords

hard-to-recover oils, physical and chemical oil properties, sulfur oils, oil and gas basins

### References

1. Lisovskiy N.N., Khalimov E.M. *O klassifikatsii trudnoizvlekaemykh zasposov* [The classification of hard to recover reserves]. Vestnik TsKR Rosnedra, 2009, issue 6, pp. 33–35.
2. Purtova I.P., Varichenko A.I., Shpurov I. *Trudnoizvlekaemye zasposy nefiti. Terminologiya. Problemy i sostoyanie osvoeniya v Rossii* [Hard to recover oils. The terminology. The problems and the degree of exploration]. MIPTEK, 2011, issue 6, pp. 21–26.
3. Yakutseni V.P., Petrova Yu.E., Sukhanov A.A. *Dinamika doli otnositel'nogo soderzhaniya trudnoizvlekaemykh zasposov nefiti v obshchem balance* [The dynamics of the proportion of hard to recover oils in the total amount]. Neftgazovaya Geologia: Teoria i Praktika, 2007, Vol. 2, pp. 1–11.
4. Maksutow R., Orlov G., Osipov A. *Osvoenie zasposov vysokovязkikh neftey v Rossii* [The exploration of high-viscosity oils in Russia]. Tekhnologii TEK, 2005, issue 6, pp. 36–40.
5. Ryl'kov A.V., Poteryaev V.V. *Naftenovye nefiti mira (rasprostranenie, genезis, primeneniye)* [Global naphthene-base crudes (propagation, genesis, application)]. Journal «Higher Educational Institutions News. Oil and Gas», 2013, issue 1, pp. 32–44.
6. Khokhlov A.V. *Geografiya mirovoy sernoy promyshlennosti* [The geographical spread of the world sulfuric industry]. Moscow: Vlant, 2003, p. 51.
7. Kim S. Sера i kislota [The sulfur and the acid]. The Chemical Journal, 2011, issue 9, pp. 34–39.
8. Kirillov D. *Strategicheskaya sera* [Strategical sulfur]. Neft' Rossii, 2012, issue12, pp. 56–61.
9. Yashchenko I.G., Polishchuk Yu.M. *Trudnoizvlekaemye nefiti: fiziko-khimicheskie svoystva i zakonornosti razmeshcheniya* [Difficult-to-recover oils: physicochemical properties and patterns of distribution of oil]. Tomsk: V-Spektr, 2014, 154 p.
10. Bazhenova O.K., Burlin Yu.K., Sokolov B.A., Khanin V.E. *Geologiya i geokhimiya nefiti i gaza: uchebник* [Petroleum geology and geochemistry]. Moscow: MGU, 2004, 415 p.
11. Shumilov V.A., Kirsanov A.N., Krupnin S.V., Popov I.P., Ryl'kov A.V. *Tyazhelye nefiti i bitумы mira (rasprostranenie, tekhnologii razrabotki puti ispol'zovaniya)* [Heavy oils and the asphalt (broadening, pressure maintenance strategy of the ways of utilization)]. Tyumen: TIU, 2016, 200 p.
12. Yashchenko I.G. *Sernistye nefiti mira — osobennosti rasprostraneniya, geologicheskikh usloviy zaleganiya i ikh fiziko-khimicheskikh svoystv* [Sulfur oils of the world - some specific features of distribution, geological conditions of occurrence and their physical and chemical properties]. Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields, 2015, issue 3, pp. 12–18.
13. Yashchenko I.G., Peremitina T.O., Luchkova S.V. *Issledovanie osobennostey fiziko-khimicheskikh svoystv sernistykh neftey s primeneniem klasterного analiza i metoda glavnuykh komponent* [Investigation of physical and chemical properties of sulphurous oils using factor analysis and principal components analysis]. Oil and gas geology, 2016, issue 4, pp. 70–76.