

БАЗА ДАННЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ НЕФТЕЙ И ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПО НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

DATABASE OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF DIFFICULT-TO-RECOVER OILS AND INFORMATION-COMPUTING SYSTEM ON PETRO-CHEMICAL GEOLOGY

УДК 553.982

И.Г. ЯЩЕНКО

к.г.-м.н., зав. лаб. Учреждение Российской академии наук Институт химии нефти Сибирского отделения РАН

Томск
sric@ipc.tsc.ru

I.G. YASHCHENKO

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

Tomsk

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Трудноизвлекаемые нефти, тяжелые и вязкие нефти, нефтегазоносный бассейн, физико-химические свойства

KEYWORDS:

hard-to-recover oils, heavy and viscous oils, oil-gas bearing basin, physical and chemical oil properties

Необходимость изыскания новых путей поиска, разведки и разработки месторождений углеводородов в связи с ростом нефтепотребления и увеличения запасов трудноизвлекаемой (тяжелой, вязкой, высокосмолистой и высокопарафинистой) нефти определяет актуальность изучения физико-химических свойств и состава трудноизвлекаемой нефти. Для выполнения указанных исследований разработана и развивается созданная в Институте химии нефти СО РАН глобальная база данных (БД) по физико-химическим свойствам нефти в составе информационно-вычислительной системы по нефтехимической геологии. Рассмотрены вопросы комплексного анализа пространственных и количественных изменений физико-химических свойств нефти с применением методов статистического и пространственного анализа данных. Пространственный анализ осуществлен на основе использования средств геоинформационных систем (ГИС) и ГИС-технологий. Приведены результаты сравнительного анализа пространственных изменений физико-химических свойств вязкой и тяжелой нефти нефтегазоносных бассейнов России.

The necessity of finding new ways to explore, prospect and develop hydrocarbon deposit because of the increased oil consumption and difficult-to-recover oil reserves (heavy, viscosity, highly resinous, low- and highly paraffinic) defines the urgency of studying physical and chemical properties and oil composition. Therefore to perform the specified researches we have developed at the Institute of Petroleum Chemistry SB RAS and extend a global database on physical and chemical properties of oils in the frame of information-computing system on petrochemical geology. The problems of complex analysis of space and quantitative variations of physicochemical properties of oils have been considered using methods of statistical and spatial data analyses. The spatial analysis was carried out using means of geoinformation systems (GIS) and GIS-technologies. Presented are the results of comparative analyses of space variations of physicochemical properties of viscosity oils occurring in oil-and-gas bearing basins of Russia.

Введение

Ухудшение структуры углеводородных запасов – общемировая тенденция. Для России общая тенденция развития нефтегазового комплекса состоит в следующем – ухудшение горно-геологических и природно-климатических условий разведки и разработки месторождений, рост их удаленности от центров переработки и сбыта. В традиционных районах добычи (Западная Сибирь, Северный Кавказ, Урало-Поволжье, Тимано-Печора) наблюдается увеличение глубины залегания продуктивных пластов, снижение объема запаса, усложнение геологического строения, уменьшение пластовых давлений, ухудшение коллекторов и не менее важная тенденция – это увеличение доли добычи трудноизвлекаемых нефтей с аномальными физическими и химическими свойствами (высокие плотность и вязкость, концентрации смол и парафинов) [1].

Ежегодно в мире добывается около

4 млрд т нефти, а объем добычи вязких (ВН) и тяжелых (ТН) нефтей составляет примерно 500 млн т, т.е. 1/8 общемировой добычи. В соответствии с прогнозами, при сохранении темпов приращения добычи на существующем уровне производство трудноизвлекаемой нефти увеличится к 2030 г. в 4 раза, т.к. мировые запасы вязких нефтей значительно превышают запасы нефтей малой и средней вязкости (162 млрд т) и составляют по оценкам специалистов около 1 трлн т. Наиболее крупные запасы этих нефтей находятся в Канаде, Венесуэле, Мексике, США, России, Кувейте и Китае. Запасы вязких и тяжелых нефтей в России составляют около 7 млрд т. Интерес к такой нефти в нашей стране увеличивается по мере роста цен на нефть и в связи с начавшимся периодом истощения многих крупных и мелких российских нефтяных месторождений [1-3]. В связи с этим изучение свойств и закономерностей пространственного распределения

месторождений с ТН и ВН представляет большой интерес, т.к. за счет разработки запасов вязких и тяжелых нефтей, по данным [4-10], Россия могла бы ежегодно получать до 25-30 млн т нефти дополнительно.

Постоянное увеличение в общем объеме добываемой нефти доли трудноизвлекаемых нефтей ставит перед нефтяниками ряд сложных технических проблем. Так, отложения парафинов и смоло-асфальтеновых веществ в призабойной зоне пласта и на поверхности нефтепромыслового оборудования являются одним из серьезных осложнений при эксплуатации скважин и трубопроводного транспорта. Парафиновые отложения снижают фильтрационные характеристики пласта, закупоривают поры, уменьшают полезное сечение насосно-компрессорных труб, что значительно осложняют добычу и транспортировку нефти, приводят к повышенному износу оборудования и увеличивают ►

расход электроэнергии. Добыча, транспорт и переработка тяжелых и вязких нефтей также сопровождается технологическими осложнениями, вызывающими значительное удорожание. Освоение запасов таких нефтей требует применения знаний о пространственных закономерностях их распределения и временных изменениях их физико-химических свойств.

Характеристика базы данных и информационно-вычислительной системы

В Институте химии нефти СО РАН создана и развивается глобальная БД по физико-химическим свойствам нефтей из месторождений мира. В настоящее время в базе данных представлено более 20100 образцов из 5158 месторождений, расположенных в 182 нефтегазоносных бассейнах (НГБ) мира на нефтеносных территориях 88 стран Азии, Африки, Европы, Америки и Австралии. БД зарегистрирована в Роспатенте № 2001620067 и в Государственном реестре баз данных НТЦ «Информрегистр» № 6624. Огромный объем информации, необходимой для исследования распределения трудноизвлекаемой нефти и изменений ее свойств поставил необходимость создания в Институте информационно-вычислительной системы по нефтехимической геологии, в состав которой включена БД, описанной в наших работах [11, 12]. База данных постоянно развивается и совершенствуется (табл. 1), пополняется новой информацией о нефтегазоносных бассейнах (НГБ), физико-химических и геохимических свойствах нефти, ее географическом местоположении, геологических и термобарических условиях залегания.

Многолетний опыт использования БД показал, что ее применение позволяет проводить комплексный анализ пространственного и временного распределения нефтей, изменения их физико-химических характеристик в зависимости от географического местоположения, геологического возраста вмещающих пород и глубины залегания, тектонических и термобарических условий залегания, уровня теплового потока, как для конкретных месторождений, так и для обширных нефтеносных территорий. Использование БД позволяет прогнозировать физико-химические свойства нефтей вновь открываемых месторождений. С использованием базы данных проведены исследования взаимосвязи эволюции биосферы и цикличности нефтеобразования и нефтенакопления в фанерозое. На рис. 1 приведена обобщенная структурно-функциональная схема информационно-вычислительной системы [13, 14].

Как было сказано выше, в мире запасы тяжелой и высоковязкой нефти примерно в 5 раз превышают объем извлекаемых запасов нефти малой и средней вязкости, а более 80 % мировых запасов парафинистых нефтей сосредоточено

на территориях России, Казахстана и Китая. В связи с этим в настоящее время объектами исследования стали именно такие нефти, что предопределено актуальными проблемами нефтедобычи на современном этапе (табл. 2).

В частности, показано, что в России основные ресурсы трудноизвлекаемых нефтей (более 90% запасов) находятся в Волго-Уральском, Западно-Сибирском и Тимано-Печорском нефтегазоносных бассейнах. В табл. 3 представлена информация о распределении количества трудноизвлекаемых нефтей по основным НГБ России.

Рассмотрим более подробно географию залегания и свойства ТН и ВН в Волго-Уральском, Западно-Сибирском и Тимано-Печорском НГБ. Как видно из табл. 3, в настоящее время мировая база данных по физико-химическим свойствам нефтей содержит 4375 описаний образцов тяжелой и 2042 вязкой нефти, российские ТН и ВН составляют в этом массиве данных более 60 %.

География залегания и физико-химические свойства тяжелой и вязкой нефти России

Для проведения статистического анализа данных и для отображения на цифровых картах статистических характеристик исследуемых показателей необходимо классифицировать тяжелую и вязкую нефть. Для этих целей пригодна разработанная авторами на основе информации из БД (13314 образцов нефти с известной плотностью, 6166 образцов с известной вязкостью) обобщенная классификация нефти, в которой определены следующие классификационные интервалы изменения плотности и вязкости тяжелых и вязких нефтей – у тяжелой и вязкой нефти плотность выше значения 0,88 г/см³, вязкость при 20 °С – 35 мм²/с. Эти значения плотности и вязкости нефти соответствуют пределу, за которым начинаются осложнения при добыче, транспортировке и переработке нефти, приводящие к росту ее себестоимости. Распределение ресурсов нефти по классам представлено на рис. 2, из которого видно, что по данным из БД запасы тяжелой превышают 35 %, а вязкой нефти – более 1/4 общероссийских ресурсов.

Установлено, что почти во всех нефтегазоносных бассейнах (НГБ) России ▶

Количество НГБ		Количество месторождений		Объем данных из БД	
2005 г.	2011 г.	2005 г.	2011 г.	2005 г.	2011 г.
150	182	4068	5158	15387	20110

Таб. 1. Развитие базы данных по физико-химическим свойствам нефти

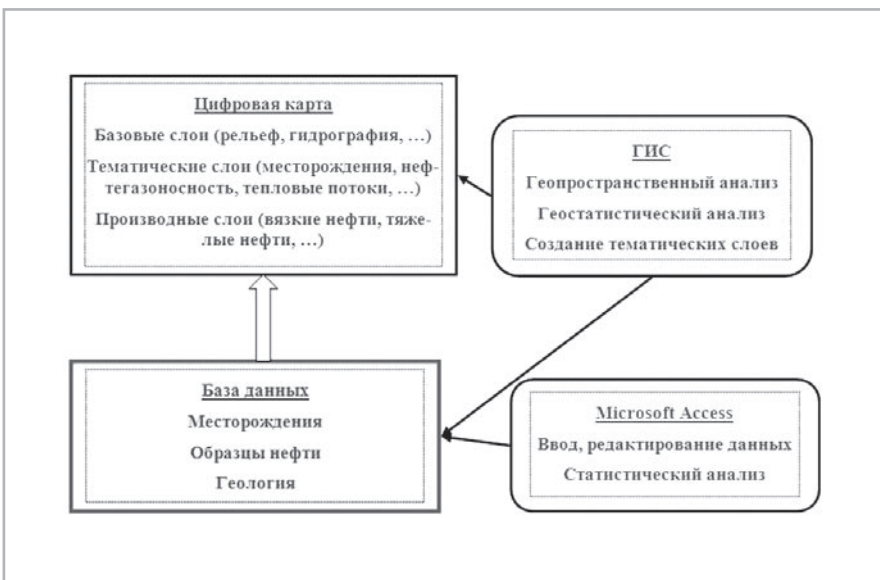


Рис. 1. Структурно-функциональная схема информационно-вычислительной системы по нефтехимической геологии

Класс нефти	Объем выборки из БД	Количество НГБ	Количество месторождений
Тяжелая (плотность более 0,88 г/см ³)	4375	103	1491
Вязкая (вязкость более 35 мм ² /с)	2042	42	705
Высокосмолистая (содержание смол более 13%)	1926	51	664
Высокопарафинистая (содержание парафинов более 6%)	2187	50	730

Таб. 2. Число описаний вязкой, тяжелой, высокосмолистой и высокопарафинистой нефти в БД

Нефтегазоносный бассейн	Объем выборки из БД	Количество образцов из БД по классу нефти			
		Тяжелая	Вязкая	Высокомолистая	Парафинистая
Волго-Уральский	3703	1635	1099	1006	297
Западно-Сибирский	4154	384	132	119	344
Лено-Вилуйский	157	19	-	9	41
Лено-Тунгусский	830	46	54	91	4
Охотский	367	142	49	19	8
Северо-Кавказский	1532	163	63	92	382
Тимано-Печорский	643	266	99	60	81

Таб. 3. Число описаний вязкой, тяжелой, высокомолистой и парафинистой нефти по основным НГБ России

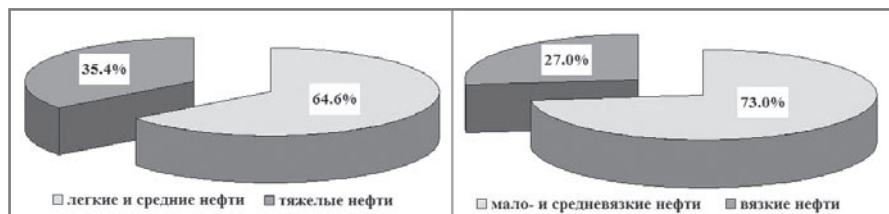


Рис. 2 Распределение общероссийских запасов нефти по плотности (а) и вязкости (б)

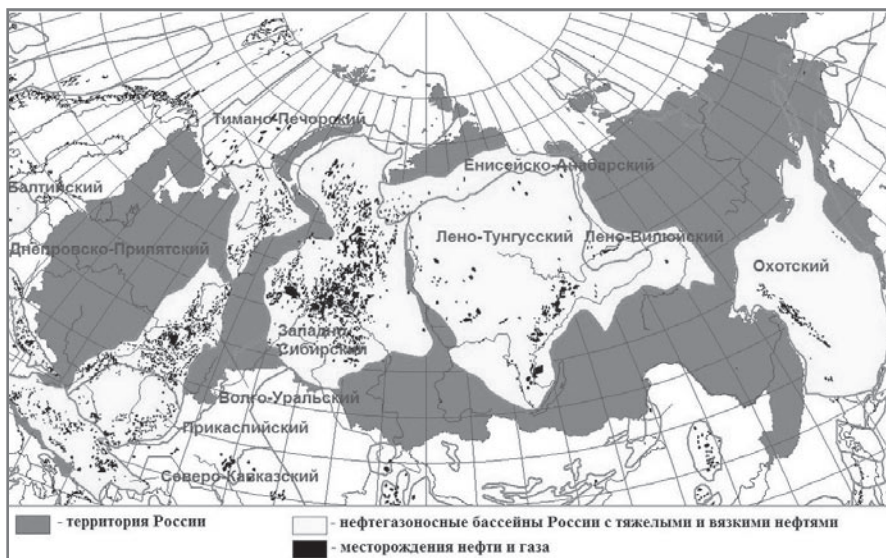


Рис. 3 Нефтегазоносные бассейны России с вязкими и тяжелыми нефтями

Месторождение	Нефтегазоносный бассейн	Среднее значение вязкости нефти по месторождению, мм ² /с	Среднее значение плотности нефти по месторождению, г/см ³
Чайкинское	Волго-Уральский	16,77	0,8703
Ромашкинское	Волго-Уральский	23,82	0,8721
Ван-Еганское	Западно-Сибирский	294,70	0,8946
Приобское	Западно-Сибирский	31,87	0,8724
Самотлорское	Западно-Сибирский	10,34	0,8537
Усинское	Тимано-Печорский	2588,44	0,9266
Мамонтовское	Западно-Сибирский	39,22	0,8830
Макаровское	Волго-Уральский	86,45	0,9413
Новохазинское	Волго-Уральский	35,73	0,8915
Русское	Западно-Сибирский	583,42	0,9383
Федоровское	Западно-Сибирский	37,70	0,8670
Арланское	Волго-Уральский	31,69	0,8951
Ярегское	Тимано-Печорский	10785,47	0,9443

Таб. 4. Распределение основных уникальных месторождений с вязкой и тяжелой нефтью на территории России

встречаются месторождения с тяжелыми и вязкими нефтями (рис. 3). Наибольшая концентрация месторождений с такими нефтями имеет место в Волго-Уральском и Тимано-Печорском бассейнах, где в среднем в каждом втором месторождении залегает тяжелая или вязкая нефть. Самой вязкой и тяжелой в России является нефть Тимано-Печорского НГБ, особенно в месторождениях Усинское и Ярегское (табл. 3). В Западной Сибири самые тяжелые и вязкие нефти находятся в Ван-Еганском, Русском и Мамонтовском месторождениях, а Волго-Уральском НГБ – в Макаровском и Новохазинском месторождениях (табл. 4). Как видно из табл. 4, основные запасы ТН и ВН находятся в уникальных по запасам (более 300 млн т нефти) месторождениях трех бассейнов – Волго-Уральском, Западно-Сибирском и Тимано-Печорском.

Распределение разведанных ресурсов ТН и ВН по административным регионам России представлено на рис. 4. Как видно на рис. 4, в Тюменской области (включая Ханты-Мансийский АО) сосредоточено 1/3 всех российских запасов ТН и ВН, вторую позицию занимают запасы тяжелых и вязких нефтей Республики Татарстан. Значительные запасы ТН и ВН сосредоточены в Пермском крае, Ямало-Ненецком АО и Республиках Башкортостан и Коми. Соответственно основными российскими центрами добычи тяжелой и вязкой нефти являются Волго-Уральский, Западно-Сибирский и Тимано-Печорский НГБ. Так, по нашим данным в Западно-Сибирском бассейне расположено 42% запасов ТН и 39% запасов ВН. Ресурсы вязкой нефти Волго-Уральского НГБ составляют примерно столько же (41,9% и 38,8% соответственно), в Тимано-Печорском НГБ – 10,4% запасов ТН и 15,4% запасов ВН. Суммарные ресурсы тяжелой и вязкой нефти Волго-Уральского, Западно-Сибирского и Тимано-Печорского бассейнов составляют около 93% общероссийских ресурсов этих нефтей, как по нашим оценкам, так и по оценкам экспертов [6]. Характеристики физико-химических свойств ТН и ВН этих бассейнов показаны в табл. 5.

Как видно из табл. 5, западно-сибирская вязкая и тяжелая нефть находится в пластах с повышенными температурой и давлением, пласты в основном приурочены к глубине от 2000 до 3000 м и по своим характеристикам отличается от тимано-печорской и волго-уральской – менее тяжелая и вязкая, с меньшим содержанием серы, смол и асфальтенов, но с более высокой концентрацией парафинов. Следовательно, сравнительный анализ свойств ТН и ВН рассматриваемых НГБ показал, что чем ниже глубина залегания, тем меньше плотность и вязкость, концентрации серы, смол и асфальтенов, но содержание парафинов увеличивается.

Современное состояние и перспективы развития российского нефтегазового комплекса в основном связаны с недрами Западной Сибири, Восточной Сибири и Северо-Западного региона. Выявление ►

географические закономерности распределения тяжелых, вязких, высокосмолистых и парафинистых нефтей, их компонентного состава и физико-химических свойств могут быть использованы при совершенствовании геохимических методов поиска месторождений, определении оптимальных и эффективных технологий их добычи и транспортировки. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Коржубаев А.Г. Не ждать милостей от недр // Нефть России. – 2011. - № 3. – С. 18-24.
2. Данилова Е. Тяжелые нефти России // The Chemical Journal - Химический журнал. – 2008. - № 12. – С. 34-37
3. Гарушев А.Р. О роли высоковязких нефтей и битумов как источнике углеводородов в будущем // Нефтяное хозяйство. – 2009. - № 3. – С. 65-67.
4. Макаревич В.Н., Искрицкая Н.И., Богословский С.А. Ресурсный потенциал тяжелых нефтей Российской Федерации: перспективы освоения // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. – Т. 5. - № 2. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/6/29_2010.pdf
5. Нефть новой России. Ситуация, проблемы, перспективы / Под общ. ред. действительного члена РАЕН, д.э.н. В.Ю. Алекперова. – М.: Древлехранилище, 2007 – 688 с.
6. Максупов Р., Орлов Г., Осипов А. Освоение запасов высоковязких нефтей в России // Технологии ТЭК. – 2005. - № 6. – С. 36 – 40.
7. Назьев В. Остаточные, но не второстепенные // Нефтегазовая вертикаль. – 2000. - № 3. – С. 21 – 22.
8. Антониади Д.Г., Валуийский А.А., Гарушев А.Р. Состояние добычи нефти методами повышения нефтеизвлечения в общем объеме мировой добычи // Нефтяное хозяйство. – 1999. - № 1. – С. 16 –23.
9. Гаврилов В.П. Концепция продления «нефтяной эры» России // Геология нефти и газа. – 2005. - № 1. – С. 53 – 59.
10. Запывалов Н.П. Геолого-технологические особенности освоения трудноизвлекаемых запасов // Нефтяное хозяйство. – 2005. - № 6. – С. 57 – 59.
11. Ан В.В., Козин Е.С., Полищук Ю. М., Яценко И.Г. База данных по химии нефти и перспективы ее применения в геохимических исследованиях // Геология нефти и газа. - 2000. - № 2. – С. 49 – 51.
12. Полищук Ю.М., Яценко И.Г. Геостатистический анализ распределения нефтей по их физико-химическим свойствам // Геоинформатика. - 2004. - № 2. - С. 18 - 28.
13. Козин Е.С., Полищук Ю.М., Яценко И.Г. База данных по физико-химическим свойствам нефтей // Нефть. Газ. Новации. - 2011. - № 3. - С. 13-16.
14. Полищук Ю.М., Яценко И.Г. Физико-химические свойства нефтей: статистический анализ пространственных и временных изменений. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 109 с.

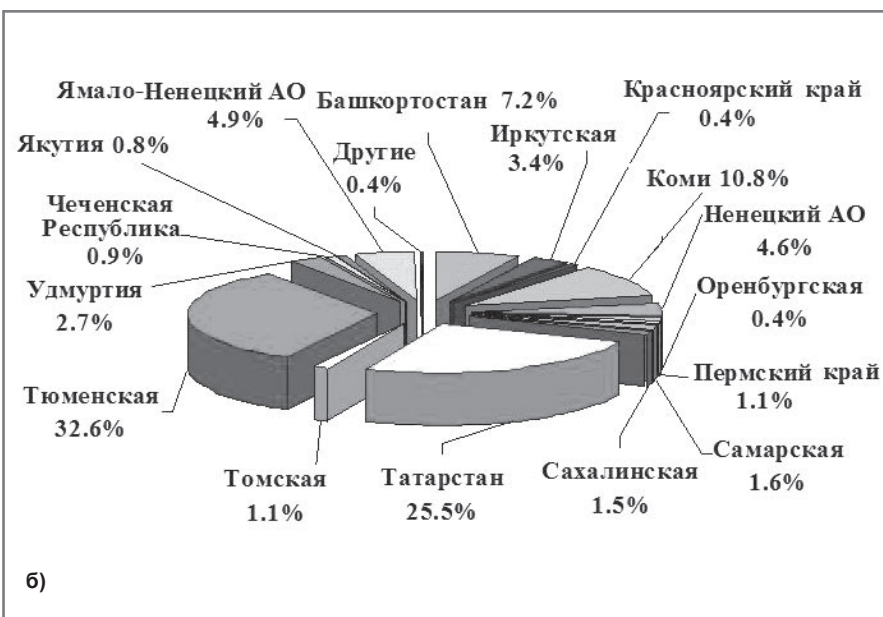
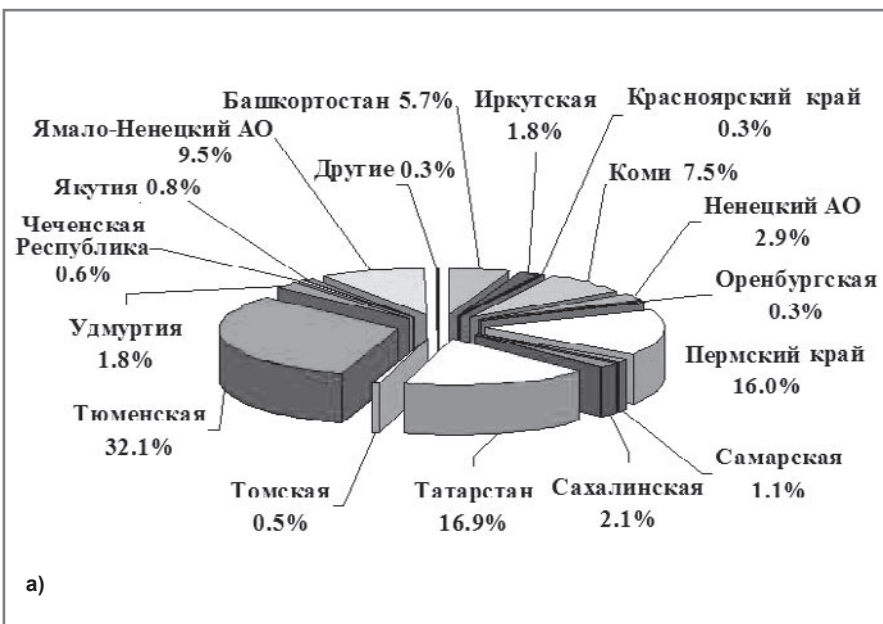


Рис. 4 - Распределение ресурсов тяжелой (а) и вязкой (б) нефти по административным регионам России

Физико-химические показатели	Западно-Сибирский НГБ	Тимано-Печорский НГБ	Волго-Уральский НГБ
Тяжелые нефти			
Плотность, г/см ³	0,8993	0,9441	0,9133
Вязкость, мм ² /с	141,45	3028,92	193,34
Содержание серы, %	1,21	1,97	2,86
Содержание парафинов, %	3,51	1,55	3,77
Содержание смол, %	10,99	17,90	20,60
Содержание асфальтенов, %	2,74	6,84	5,77
Вязкие нефти			
Плотность, г/см ³	0,8899	0,9319	0,9128
Вязкость, мм ² /с	183,76	4716,32	236,59
Содержание серы, %	1,22	1,78	2,87
Содержание парафинов, %	4,58	2,87	3,87
Содержание смол, %	10,19	16,76	20,12
Содержание асфальтенов, %	2,37	7,65	5,86

Таб. 5. Физико-химические свойства тяжелых и вязких нефтей России