

И.Г. Яценко

## МУЗЕЙ НЕФТИ ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ СО РАН: ОТРАЖЕНИЕ ИСТОРИИ И СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМ ДОБЫЧИ НЕФТИ

В статье представлено отражение истории и актуальных проблем добычи трудно-извлекаемой нефти в экспозиции и научно-исследовательской и просветительской деятельности Музея нефти Института химии нефти СО РАН. Полученные результаты могут быть использованы при формировании информационной базы науки, решении практических задач нефтяной отрасли, в научно-образовательной деятельности.

*Ключевые слова:* Музей нефти, Институт химии нефти, история, современные проблемы добычи нефти, музейная экспозиция, научно-образовательная деятельность, экологическое просвещение.

I.G. Yashchenko

## OIL MUSEUM OF THE INSTITUTE OF PETROLEUM CHEMISTRY SB RAS: A REFLECTION OF THE HISTORY AND CONTEMPORARY PROBLEMS OF OIL PRODUCTION

The article presents a reflection of the history and actual problems of tight oil production in the exposition and research and educational activities of the Museum of oil Institute of petroleum chemistry SB RAS. The results can be used in the formation of information base of science, solving practical problems of the oil industry, in research and educational activities.

*Key words:* oil Museum, the Institute of petroleum chemistry, history, modern problems of oil production, and a Museum, research and educational activities, environmental education.

Реализация идеи экспозиции, связанной с отражением истории и современных проблем добычи нефти, научной работы и ее популяризации в Музее нефти были обусловлены плодотворной деятельностью Института химии нефти СО РАН в течение 45 лет в сфере проблем нефтяной науки – от геохимических, связанных с эволюцией природных углеводородных систем, до проблем увеличения нефтеотдачи, глубины переработки нефти и охраны окружающей среды.

В настоящее время перед нефтегазовым комплексом остро встают вопросы нефтеизвлечения, транспортировки и переработки трудноизвлекаемой нефти (далее – ТИН) с аномальными физико-химическими свойствами и аномальными «нетрадиционными» условиями залегания, что определяет актуальность изучения такой нефти. Как известно, ухудшение структуры углеводородных запасов – общемировая тенденция. В настоящее время в музее этой проблеме уделяется большое внимание. Нефть на Земле не закончилась, мир продолжает купаться в нефти – планета содержит огромные запасы нефти, но их трудно извлечь из недр, трудно транспортировать в пункты переработки и трудно переработать, т. к. тип «легкой» нефти с низкой вязкостью и плотностью, с малым содержанием серы, смол и асфальтенов почти исчез. Ежегодно в мире добывается около 4 млрд тонн нефти, а объем добычи ТИН, в частности, вязких и тяжелых, составляет при-

мерно 500 млн тонн, 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. Практически вся оставшаяся нефть содержится в труднодоступных условиях – это глубокие морские месторождения, это арктические месторождения, битуминозные сланцы. Добыча такой нефти и ее переработка чревата установлением ошеломляющей цены и колоссального ущерба окружающей среде. Далее за нефтью человек готовится проникнуть в тающую Арктику, которая, как ожидается, обеспечит значительную долю будущих поставок нефти. В то же время Арктика является очень экологически чувствительным регионом, экологический ущерб во много раз будет больше, чем на континентальной части Земли.

Краткое знакомство с историей нефти предлагается посетителям Музея нефти. Для полного понимания значимости и актуальности нефти в современном обществе, а также для популяризации научных результатов, необходимы знания в области истории нефти, цифры и факты которой отражены в Музее нефти Института химии нефти СО РАН.

С древнейших времен нефть была не только известна, ее добывали и использовали в разных регионах – на Ближнем Востоке, в северной части Черного моря, на Каспии (Апшеронский полуостров), в Китае

(провинция Сычуань), Индии, Корее, Японии; коренные жители Америки – индейцы – за сотни лет до появления там европейцев использовали выходящую на поверхность нефть в лечебных целях. В районах нефтепроявлений обычно копали колодцы, а в Древнем Китае еще за 6 веков до новой эры бурили скважины с использованием бамбуковых труб, поэтому Китай считается старейшей нефтедобывающей страной в мире. В Древнем Египте в период правления фараонов (более 5000 лет назад) нефть использовали при бальзамировании, ею пропитывали мумии (персидское слово «мумие» переводится как «смола», «асфальт»); в других местах ее применяли для освещения, в строительстве, медицине, в военных целях. Современными исследованиями установлено использование нефтяных фракций при строительстве Великой Китайской стены. С давних пор нефть использовали в лечебных целях в составе различных лекарственных препаратов наружного и внутреннего употребления; на это указывают многочисленные рецепты, приводимые древнегреческим целителем и ученым Гиппократом еще в IV–V в. до н. э. Издавна нефть использовали для отопления и освещения – в египетских храмах при раскопках были найдены светильники, заполненные застывшей нефтью. Как боевое оружие нефть также известна с далеких времен. Горючую жидкость бросали в сторону неприятеля обычно в «упакованном» виде – в глиняных горшках, выпуская вслед горящие стрелы (обмотанные паклей наконечники пропитывали нефтью и поджигали). В XVI–XVII вв. прикаспийскую нефть доставляли и в центральные районы России, где она применялась в медицине, живописи (растворитель для красок), в военном деле и была достаточно дорогим товаром: по данным 1575–1610 гг. ведро нефти стоило в 3–4 раза дороже ведра вина.

В северных районах России впервые были обнаружены нефтепроявления. В XVI в. при царе Борисе Годунове упоминается о густой «горючей воде», привезенной из Ухты, хотя первые упоминания об ухтинской нефти сохранились в Двинской летописи XV в., где отмечалось, что местное племя «чудь» собирало нефть с поверхности р. Ухты, используя ее в лечебных целях и как смазочный материал.

История нефти дает некоторое представление о роли «черного золота» в жизни человека с древнейших времен, однако по ним трудно было бы вообразить, что спустя тысячелетия и столетия этот «сок земли», «кровь земли», «черное масло» станет главнейшим «хлебом» промышленности, по сути, властелином мира.

Сейчас наш современный мир «сидит на нефтяной игле» – нефть обеспечила ошеломляющее за последние 60–70 лет расширение мирового богатства, развитие нашего общества и цивилизации в целом.

Основной задачей в просветительской деятельности музея является декларирование ТИН как будущего мирового нефтересурса. Единые критерии выделения ТИН, официально утвержденные государственными

органами, в настоящее время отсутствуют, в научной литературе упоминаются около сорока критериев, определяющих особенности трудноизвлекаемой нефти. При этом в научно-образовательных целях необходимо объяснить посетителям, что к трудноизвлекаемой относится нефть, заключенная в геологически сложно-построенных пластах и залежах или представленная малоподвижной нефтью (например, с высокой вязкостью и высоким содержанием твердых парафинов):

- с аномальными физико-химическими свойствами (высокие вязкость и плотность, высокое содержание парафинов, смол и асфальтенов);
- заключенная в слабопроницаемых коллекторах и в водонефтяных и газонефтяных зонах;
- с низкой (менее 200 м<sup>3</sup>/т) и высокой (более 500 м<sup>3</sup>/т) газонасыщенностью либо при наличии в растворе и/или свободном газе агрессивных компонентов (сероводород, углекислота) в количествах, требующих применения специального оборудования при бурении скважин и добыче нефти;
- залегающая на больших глубинах (более 4500 м);
- с пластовой температурой 100°C и выше либо менее 20°C (из-за низкой разницы между пластовой температурой и температурой застывания парафина и смол);
- с высокой степенью обводненности продукции (более 75–80 %).

Особое внимание в музее уделяется отражению проблем добычи, транспорта и нефтепереработки ТИН. Известно, что тяжелая и вязкая нефть обогащена тяжелыми элементами-примесями, многие из которых имеют ярко выраженные токсические свойства. Это резко меняет не только технологические параметры углеводородного сырья, но и увеличивает экологические издержки при его освоении. Установлено, что тяжелая нефть наиболее обогащена металлокомплексами, особенно ванадием и никелем. По экспертной оценке мировые потенциальные ресурсы ванадия в тяжелой нефти и битумах составляют примерно 125 млн тонн, а извлекаемые попутно с нефтью – около 20 млн тонн. Сейчас ванадий и никель теряются при сжигании нефтепродуктов, нанося большой ущерб окружающей среде. Причем, по мере исчерпания запасов легкой нефти и перехода на массовую разработку тяжелой нефти с высоким содержанием ванадия, никеля и других токсических элементов, объемы металлокомплексов попутно извлекаемых с нефтью будут неизбежно возрастать и без соответствующих мер по их очистке для защиты окружающей среды осваивать их будет недопустимо.

Высокое содержание серы в нефти влияет как на технологию её освоения, доставку, переработку и утилизацию, так и на степень неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Все это вынуждает технологов исследовать содержание серы в нефти более детально. Высокое содержание смол в нефти также является причиной технологических осложнений как

в процессе добычи и транспортировки нефти, так и в процессах переработки, а именно способствует образованию кокса в процессе нефтепереработки, что приводит к закоксовыванию поверхности катализаторов, вызывая большой экономический ущерб при нефтепереработке.

Известно, что в объеме добытой в России нефти более 70 % составили нефти с высоким содержанием парафинов. Постоянное увеличение в общем объеме добываемой нефти доли парафинистой нефти ставит перед нефтяниками ряд сложных технических проблем. Повышенное содержание парафинов приводит к образованию устойчивых трудноразрушаемых твердых фракций парафина, ухудшающих не только качество подготовки товарной нефти, но и степень очистки сточных вод, закачиваемых в пласт. Отложения парафинов в призабойной зоне пласта и на поверхности нефтепромыслового оборудования является одним из серьезных осложнений при эксплуатации скважин и трубопроводного транспорта. Парафиновые отложения снижают фильтрационные характеристики пласта, закупоривают поры, уменьшают полезное сечение насосно-компрессорных труб и, как следствие, значительно осложняют добычу и транспортировку нефти, увеличивают расход электроэнергии, приводят к повышенному износу оборудования, что несет угрозу возникновения экологических последствий нефтеразливов.

Наличие в нефти химически агрессивного сернистого газа концентрацией более 5 % также осложняет ее добычу, несет коррозионную нагрузку на оборудование, увеличивая тем самым экологическую опасность нефтедобычи, требуя применения специального оборудования при бурении скважин и добыче нефти. Сероводородной коррозии подвергаются как открытые поверхности металлов, так и находящиеся под слоем золотых отложений. Для сероводородной коррозии характерно образование язв на поверхности металла, растрескиваний, а также увеличение хрупкости металлов под действием выделяющегося водорода. Сероводородная коррозия влияет на внутренние поверхности нефтепроводов, как в тонком пленочном слое, адсорбированном на поверхности труб, так и в объеме электролита, образующегося в нижней части трубопровода из скапливающейся воды.

Совместная транспортировка нефти с высоким содержанием сернистого газа и воды в виде водонефтяной эмульсии приводит к термодинамическим нарушениям транспортной среды, что способствует выделению сернистого газа из нефти и обогащению им попутных вод. В связи с этим возникает острая необходимость организации глубокой дегазации и деэмульсации нефти и глубокой очистки сточных вод с отводом газа в систему газосбора, а сточных вод – в систему технического водоснабжения, снизив интенсивность коррозионных процессов подземного и наземного нефтепромыслового оборудования и создав благоприятные условия для предотвращения экологических рисков.

Знание значения пластовой температуры залежи важно для экологической оценки свойств нефти. Поведение нефти в приповерхностных условиях, т. е. в условиях температур ниже 40–45°C, остается сравнительно благоприятным – нефть мало растворима, а следовательно, и мало миграционно-подвижна. Но если, к примеру, добыча вязкой нефти сопровождается применением парогенераторов, или методов подземного горения, экологическая ситуация резко меняется. Ее растворимость в нарастающем ряду от метановых к нафтеновым и ароматике увеличивается, причем в 2–3 раза. К примеру, малорастворимые в воде при нормальных условиях бензол, толуол, бенз(а)-пирены, многие смоло-асфальтеновые фракции становятся растворимыми. Они выносятся с горячими водами из зоны добычи, загрязняя тем самым водоносные горизонты. Это же свойство нефти растворяться в «горячих» пластовых водах (более 100°C) особенно с минерализацией менее 100 г/л следует учитывать и при сбросе нефтяных пластовых вод, попадающих на поверхность при добыче нефти с больших глубин, обычно более 4000 м в бассейнах с высоким тепловым потоком. Аномально низкая пластовая температура (ниже 20°C) ведет к экологическим последствиям добычи нефти из-за низкой разницы между пластовой температурой и температурой застывания парафинов и смол в нефти.

Особое внимание в Музее нефти уделяется представлению географии залегания трудноизвлекаемой нефти в Томской области. Западная Сибирь остается главным нефтедобывающим регионом России, но в развитии ее нефтегазового комплекса накапливаются негативные тенденции, что также отражено в музее. Так, если в 1990 г. доля Западно-Сибирского нефтегазового бассейна в общероссийском производстве нефти составляла 72,8 %, то к 2000 г. она сократилась до 68 %, а к 2010 г. – до 63 %. В частности, на долю Ханты-Мансийского автономного округа, нефтедобыча которого неизменно составляла ранее около 60–70 % объема общероссийской добычи, в 2011 г. пришлось всего 51,3 % добычи страны объемом 511,3 млн тонн нефти, сокращение темпов падения добычи за 2011 г. составило 1,3 %. Россия в 2012 г. нарастила добычу нефти с газовым конденсатом на 1,3 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года – до 518,017 млн тонн.

Томская область относится к Западно-Сибирскому экономическому району и Сибирскому Федеральному округу РФ. Область расположена в юго-восточной части Западно-Сибирского нефтегазового бассейна, начальные геологические ресурсы которой составляют 5,4 млрд. тонн, и относится к ведущим регионам России по добыче нефти и газа. Томская область – ресурсный регион, где углеводородное сырье является основным полезным ископаемым (природный капитал области на 98 % состоит из нефтяных ресурсов). По состоянию на 2010 г. в области открыто 123 месторождения, в том числе 95 нефтяных, 19 нефтегазоконденсатных и 9 газоконденсатных.

Можно сказать, что нефтегазовый комплекс Томской области находится на переломе – темпы добычи нефти неуклонно растут. Так, в 2006 г. было произведено 9,66 млн тонн, 2007 г. – 9,76 млн тонн, 2008 г. – 10,09 млн тонн, 2009 г. – 10,16 млн тонн, 2010 г. – 10,53 млн тонн и наконец в 2011 г. – 11,40 млн тонн, что составило прирост по сравнению с 2010 г. более 7,6 %. В 2012 г. прирост составил всего 2,33 % и основная задача (удержаться на уровне 11 млн тонн) была решена. Добычу углеводородов ведут 22 предприятия, самые крупные из которых Томскнефть, Томскгазпром и др. В геологическом изучении и разработке месторождений участвуют британский, венгерский, германский, шведский, индийский, швейцарский и казахстанские капиталы. В 2012 г. удалось открыть 4 новых месторождения: Южно-Шингинское, Верхне-Ларьеганское, Саканварское и Западно-Майское. Томская область входит в число наиболее перспективных нефтегазовых регионов России, т. к. значительная часть территории области, около 88 %, относится к категории нефтегазоперспективных площадей. Из сотни открытых нефтяных месторождений в разработку вовлечено меньше половины, а ведь томские недра содержат еще и природный газ, и конденсат. Геологоразведочные работы ведутся в традиционном направлении, в западной части региона и на востоке, на правом берегу Оби. С 2006 г. восточное направление поиска и разведки углеводородов получило особое развитие. Это обусловлено интересами области и задачами, связанными с реализацией государственной программы поставок нефти в Китай и другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Программа ВСТО («Восточная Сибирь-Тихий океан»), которая охватывает и Томскую область, стала катализатором процесса освоения правобережных недр. По мнению экспертов, потенциальные ресурсы нефти в этой части региона колеблются в пределах от 600 млн до 1 млрд тонн, а газа там может оказаться порядка 6 трлн м<sup>3</sup>.

Освоение правобережья Оби сдерживают отсутствие развитой инфраструктуры, суровые климатические условия и трудности экономического порядка. В настоящее время выделены средства на разработку геологической модели продуктивных отложений восточных районов Томской области и западной части Красноярского края, которая позволит уточнить ресурсную базу нефти и газа для определения объема поставок в нефтепроводную систему ВСТО и перспективы развития региона в связи с участием в этой федеральной программе. Однако сегодня Томская область сталкивается с теми же проблемами, которые характерны для всех нефтедобывающих регионов мира – запасы становятся все более труднодоступными. Одно из направлений увеличения и стабилизации объемов добычи нефти – это добыча нефти за счет эксплуатации трудноизвлекаемых запасов, в том числе с аномальными физико-химическими свойствами.

Научная деятельность Музея нефти затрагивает изучение географических закономерностей распределения тяжелой, вязкой, парафинистой и смолистой нефти Томской области. Знания о закономерностях их размещения и изменениях физико-химических свойств могут быть использованы в задачах повышения эффективности разведки и добычи ТИН, исследования ее реологических характеристик для выбора наиболее подходящих технологий повышения нефтеотдачи, транспортировки, переработки и хранения такой нефти. Установлено, что во всех нефтегазоносных областях региона большинство составляют месторождения с парафинистой нефтью, и больше всего их находится в Васюганской и Каймысовской нефтегазоносных областях. Запасы тяжелой нефти в основном сосредоточены в крупных месторождениях – Фестивальное, Мыльджинское, Никольское и Урманское, вязкой – Фестивальное, Майское, Мыльджинское, Верхнесалатское, Никольское и Урманское, парафинистой – Советское, Фестивальное, Западно-Лугинецкое, Майское, Рыбальное, Столбовое, Нововасюганское, Мыльджинское, Казанское, Верхнесалатское, Федюшкинское и Урманское, смолистой – Фестивальное и Майское. Месторождения с парафинистой нефтью представлены повсеместно на нефтедобывающей территории Томской области – почти в каждом втором месторождении есть парафинистая нефть. Около 16 % томских месторождений содержат тяжелую нефть, 8,8 % месторождений – вязкую и 6 % месторождений – смолистую нефть.

Как известно, сегодня центр добычи нефти и газа в России смещается на восток, на территории Иркутской области, Якутии и Дальнего Востока. По подсчетам ученых, к 2020 г. в Восточной Сибири будут добывать 60 млрд кубометров газа в год. Этому поспособствует газопровод, пока названный как «Сила Сибири», строительство которого планируется закончить в 2017 г. Это шанс для региона получить мощный импульс развития. Открытие большого числа гигантских и крупных месторождений нефти и газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, создание нефтепроводов «Восточная Сибирь-Тихий океан», «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» и планируемое строительство нового газопровода «Чаяндинское месторождение, Якутия-Хабаровск-Владивосток» создают исключительно благоприятные условия для формирования новых крупных центров добычи нефти, газа и конденсата и предприятий их переработки. С привлечением науки необходимо комплексно решать множество вопросов, в том числе совместно с вузами проработать программу подготовки квалифицированных специалистов для нефтяной и газовой промышленности.

Таким образом, в связи с сокращением запасов легкодоступной нефти в мире наблюдается рост доли трудноизвлекаемых запасов в общем объеме добываемой нефти, что в свою очередь ведет к усилению негативного влияния на окружающую среду. В музее определены критерии отнесения нефти к трудноизвлекаемой

с использованием базы данных по физико-химическим свойствам нефти с аномальными свойствами и в сложных условиях залегания (большая глубина, аномальные пластовые температуры, неблагоприятные коллекторы). Данные исследования использованы для прогноза ареалов планетарного распространения месторождений с трудноизвлекаемой нефтью в России и основных нефтегазоносных бассейнах мира и определения основ стратегии превентивной защиты окружающей среды при освоении трудно-извлекаемой нефти.

Результаты исследования актуальных научных проблем, представленные в рецензируемых журналах «Геология нефти и газа», «Газовая промышленность», «Нефтехимия», «Нефтяное хозяйство», «Технологии нефти и газа» и др., находят адекватное представление в экспозиции Музея нефти, экскурсионной деятельности и способствуют развитию его роли в формировании информационной базы науки, активизации экологического просвещения, рационального освоения российских недр.