

Б.Г. ХОТИМСКИЙ, В.Б. ТОПОРСКИЙ, О.А. МАХОЛИН

Нефть Вчера и сегодня



Б.Г. ХОТИМСКИЙ, В.Б. ТОПОРСКИЙ, О.А. МАХОЛИН

Нефть Вчера и сегодня

553.98

2192



ЛЕНИНГРАД. «НЕДРА». ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ. 1977



ОГЛАВЛЕНИЕ

ДАВНО ЛИ МЫ ЗНАКОМЫ?	
ЧТО ЖЕ ТАКОЕ НЕФТЬ?	19
ОТКУДА ВЗЯЛАСЬ НЕФТЬ?	43
ГДЕ СКРЫВАЕТСЯ НЕФТЬ?	61
С ЧЕГО НАЧИНАЕТСЯ ПОИСК?	79
ИСКУССТВО БУРЕНИЯ	93
КАК ВЫМАНИТЬ НЕФТЬ НА ПОВЕРХНОСТЬ?	119
САМЫЙ УДОБНЫЙ ТРАНСПОРТ	131
НАДЕЖЕН ЛИ СТАЛЬНОЙ ПАНЦИРЬ?	139
НЕФТЯНЫЕ СЛАГАЕМЫЕ	147
ЗА ЧИСТОЕ НЕБО, ЧИСТОЕ МОРЕ И ЧИСТУЮ ЗЕМЛЮ	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	173

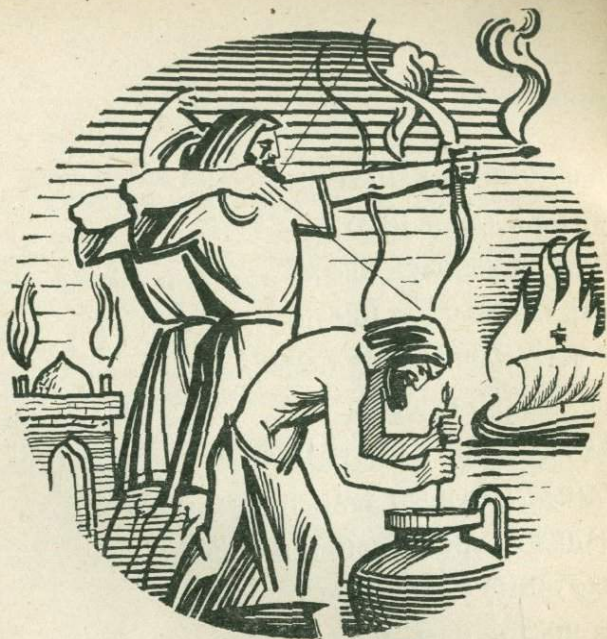
Хотимский Б. Г., Топорский В. Б., Махолин О. А.
Нефть вчера и сегодня. Л., «Недра», 1977. 175 с.

Нефть — загадка для науки, сырье для промышленности, топливо для самых разных моторов. Наиболее частый спутник нефти — природный газ — тоже изучен не полностью и тоже находит самое широкое применение.

Что такое нефть и газ, откуда они появились, где скрываются под землей, с чего начинается их поиск, как ведется бурение нефтяных и газовых скважин, какими путями нефть и газ доставляются к пунктам их переработки и потребления, что из них получают, чем их можно заменить — популярно рассказывает эта книга.

Отдельная глава посвящена охране окружающей среды от загрязнений, поступающих в нее при использовании человеком газа, нефти и ее производных.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.



ДАВНО ЛИ МЫ ЗНАКОМЫ!

Современная цивилизация немыслима без использования маслянистой жидкости, которая у разных народов именуется по-разному. По-русски она называется нефтью. Название это попало в русский язык из арабского, профильтровавшись через греческий и турецкий, тем самым будто подтвердив способность нефти к необузданному проникновению. Слово «нефть» происходит от арабского «нафт», усеченной формы глагола «нафата» — кипеть. В других же языках за нефтью закрепилось название «масло» (земляное, горное, каменное): эрдёль, петролеум, ойл.

Говоря о нефти, не забудем упомянуть и ее газообразных и твердых «родственников» — природный газ и асфальт, поскольку вместе с ними нефть составляет обширную семью природных углеводородов.

Газами именуются все вещества, лишенные собственной формы и стремящиеся заполнить любое пространство, но большинство наших современников подразумевают под этим понятием природный горючий газ. Блестящие достижения химиков XVII в. доказали материальность того, что считалось не то веществом, не то «духом», и голландец Жан Батист ван Гельмонт придумал этому невидимке имя, образовав его из греческого «хаос» и немецкого «гайст» — дух.

Асфальт же получил свое имя в древней Греции. «Асфалос» по-гречески означает «вечный». Есть у асфальта и латинское имя — «битумен» (смола). Оба имени асфальт оправдывает полностью. Но об этом позже.

Нынешний человек знакомится с нефтью, точнее, с материалами, полученными из нефти, буквально с самого рождения, с момента, когда младенец прикладывается к соске, а его пальцы ищут пластмассовую погремушку. Отправляясь в школу, редкий первоклашка несет за спиной ранец из натуральной кожи, да и куртка на нем, как, впрочем, и на многих людях иных возрастов, не кожаная, а изготовленная из какой-либо синтетической ткани. Родители, проводив ребенка в школу, идут к автобусу, и лошадиные силы,

заклученные в двигателе, но мертвые без полученного из нефти горючего, везут их на работу. Однако даже с полным баком отменного горючего автобус не сдвинется с места, если у его трущихся частей не будет смазки, если электропровода не будут заключены в надежную изолирующую оплетку, если его колеса не будут «обуты» в резиновые шины, если... Эти «если» можно продолжать долго, и они относятся не только к автобусам, но и к самолетам, кораблям, тракторам. В общем, без нефти, как говорится, не только далеко не уедешь, но и не уплывешь и не улетишь, и не вспашешь, и урожай не уберешь.

К сожалению, и воздух сегодня содержит много несгоревших нефтяных углеводородов. Кстати, ускоренный рост современных детей наряду с другими причинами отчасти объясняется избыточным количеством углекислоты и других газов в атмосфере. Из-за этого возникает потребность организма в большем объеме вдыхаемого воздуха. Ускорение роста грудной клетки оказывает влияние на весь организм.

Не так давно преобладало мнение, что впервые люди применили нефть для своих нужд 6—8 тысячелетий назад. Но новые исследования археологов заставляют отодвинуть дату знакомства еще дальше в глубь человеческой истории. Причиной тому послужил деревянный серп, изготовленный где-то на границе между каменным и бронзовым веками. Канавка на внутренней стороне серпа усеяна острыми камешками, намертво скрепленными с деревом «нефтяным цементом» — окислившейся, отвердевшей нефтью. Поражает изобретательность неведомого земледельца, удачная попытка поставить себе на службу то, что открыла его глазам природа.

Деревянный серп был найден археологами на территории современного Азербайджана. Находки, свидетельствующие о более позднем применении человеком нефти и асфальта, сделаны в том же Азербайджане, а также в странах Ближнего и Среднего Востока и даже в Америке.

Выходы асфальта, нефти и газа на поверхность земли известны давно. И если газу, точнее, его горящим источникам человек долгое время лишь поклонялся, то асфальт и нефть давно вошли в обыденную жизнь.

Вечный материал

Асфальт в древности играл значительную роль при сооружении самых разнообразных строений. Археологи находят его в каменной кладке развалин дворцов, храмов, триумфальных арок. Асфальт покрывал основания водоемов и крепил потолки туннелей. Из асфальта делались вазы, по асфальту грохотали колесницы, асфальтом запечатывались амфоры, на асфальте крепились драгоценные камни. Асфальт все выдерживал и побеждал даже время.

При раскопках Вавилона в одном из храмов было обнаружено изваянное в камне изображение царя Навуходоносора. Бирюза, из которой были сделаны глаза изваяния, почти полностью рассыпалась за 3 тыс. лет. Битум же, на котором крепилась бирюза, остался целехоньким. То же самое можно сказать и про бюст другого, более древнего царя Двуречья — Маништусу. Четыре с лишним тысячелетия не оказали воздействия на битум, крепивший глаза изваяния.

В 1955 г. большая экспедиция Смитсоновского института (США) выехала на южное побережье Мексиканского залива. Целью ее были раскопки Ла-Венты — столицы государства ольмеков, одного из древних народов Северной Америки. Возглавлявший экспедицию известный археолог Филипп Дракер намеревался подтвердить свою точку зрения, что ольмекская культура является одной из производных цивилизации древнего царства Майя, существовавшего в 400—600 гг. н. э.

Раскопки дали богатейший археологический материал, но Дракеру пришлось полностью изменить свое мнение. Углеродный метод определения возраста, примененный к остаткам древесного угля из ольмекских костров, дал неожиданный результат: Ла-Вента существовала тысячелетием раньше цивилизации майя.

Нас в данном случае интересует одна из находок дракеровской экспедиции: стилизованное изображение бога-ягуара, которому поклонялись древние ольмеки. Сделано оно из старательно отполированных кусков зеленого нефрита, считавшегося всеми древними американскими народами самым драгоценным камнем. Цементом, который скрепил мозаику с каменным основанием, оказался все тот же битум.

Откуда он взялся? Здесь, на территории бывшего государства ольмеков, поверхностных выходов битума нет. Города Ла-Вента, Сан-Лоренсо, Трес-Сапотес располагаются на островках, причем насыпных, созданных человеческими руками. А окружены эти островки обширными мангровыми болотами. Правда, на побережье Мексиканского залива существуют естественные выходы нефти, но значительно севернее. Можно предположить, что битум прибыл оттуда. Ведь наверняка существовали какие-то торговые связи. Но, с другой стороны, сохранившиеся предания говорят о том, что народ ольмеков внезапно появился в Тамоанчан — «стране дождя и тумана», как именовалась у индейцев юго-западная часть нынешней Мексики. Так что правомерно и предположение о том, что ольмеки пришли с моря, может быть из Южной Америки, откуда-нибудь с территории нынешней Венесуэлы, а она, как мы знаем, — самая богатая нефтью страна на американском континенте, к тому же располагающая и асфальтовыми озерами. Косвенное подтверждение тому — иероглиф, означающий 20-дневную неделю календаря майя, обнаруженный в одном из подземелий на острове, расположенном в 60 км от Венесуэлы.

Но вернемся на Средний Восток. Мы знаем достоверно, что на берегу Евфрата в местечке Иди существовал смоляной промысел, где разрабатывались нефть и асфальт. Знаменитый город Ур строился не без помощи смоляного промысла в Иди. А как перевозилась нефть? По реке? Или в бурдюках на верблюдах? Выяснить этот вопрос помогли опять же археологические раскопки.

Речники Евфрата пользовались нефтеналивными судами. Удивительно? Разумеется, если вспомнить, что первая нефтеналивная баржа была спроектирована и построена В. Г. Шуховым лишь в конце прошлого века.

Первый известный нам танкер имел грузоподъемность не более 5 т. Мореходные качества его тоже не были высокими, тем более что по форме он напоминал скорее лукошко, чем лодку. И скоростью пратанкер не отличался, поскольку приводился в движение веслами. Неуклюжее судно, сплетенное из прутьев. Но плетеный корпус для герметичности был обмазан битумом.

Однако битум в судостроении применяли не только шумеры и вавилоняне. После плаванья на папирусной лодке «Ра-1», закончившегося неудачно, ученый и путешественник Тур Хейердал получил несколько писем, в которых утверждалось, что Ноев ковчег был проконопачен битумом, и что библейский герой Моисей в младенчестве спасся в папирусной лодке, также обмазанной битумом. Хейердал учел информацию, и торцы папирусных стеблей лодки «Ра-2» были пропитаны природным битумом. Вторая экспедиция «Ра», как известно, прошла успешно, что дало основание Хейердалу утверждать, что и в древности океан не был преградой для сношений между континентами.

И опять вернемся с атлантического берега Африки на берега Тигра и Евфрата. Тут природный битум всегда был под рукой, а потому применялся шире и разнообразнее, нежели в других местах. Кому не известно одно из семи чудес света — висячие сады Семирамиды? Пожалуй, всем. Однако вряд ли кто задумывался над тем, что висячими они могли быть только благодаря асфальту. Ведь земля поднятых на колонны садов, пруды и фонтаны покоились на асфальтовом основании. Разрушены дворцы, уничтожены сады, иссушена и унесена ветрами плодородная земля, а некоторые пруды сохранились и поныне. Природный полимер — битум — не утратил своих гидроизоляционных свойств.

Эти свойства еще более подчеркивает туннель километровой длины, соединяющий под дном реки оба берега Евфрата. В туннеле сухо, как в обычной квартире. Сухи стены, не влажен потолок. Впечатление такое, что туннель кончили строить вчера, а не 3000 лет назад. Такому сооружению вполне можно присвоить знак качества.

Бассейн в городе Мохенджодаро в Пакистане считается самым древним в мире. Местные жители уже 5000 лет назад открыли и использовали способность асфальта не пропускать воду.

Асфальт в качестве дорожного покрытия — не новейшее изобретение. Неутомимые археологи открыли немало отрезков примитивных асфальтовых дорог, построенных шумерами, вавилонянами, ассирийцами. Неизвестна дата создания асфальтированных дорог в

Новом Свете на территории нынешнего Перу, но первые европейцы, посетившие эту часть американского континента, были немало удивлены прекрасными асфальтированными дорогами, открывшимися их взорам в 1532 г. Удивиться-то удивились, а опыта перенять не сумели. Европа применила битум в дорожном строительстве только в начале XVIII в., и то по воле случая. В Юрских горах Швейцарии было открыто асфальтовое месторождение. При перевозке асфальт падал с телег, смешивался со щебнем и пылью дорог, образуя не превращающееся в грязь покрытие. Но прошли еще десятилетия, пока асфальт занял свое место на мостовых и тротуарах европейских городов.

И все-таки эти примеры применения асфальта в древнем строительстве не так удивительны, как находка австрийского археолога В. Кёнига. В 1936 г. на территории современного Ирака в слоях, возраст которых насчитывает тысячелетия, он обнаружил странный фаянсовый сосуд длиной 15 см, в котором находился залитый асфальтом медный цилиндр. Пробкой сосуду служил опять же асфальт. Из пробки на сантиметр торчал железный стержень, нижний конец которого не касался дна сосуда и также был обмазан асфальтом. Торчащий конец стержня был покрыт слоем окислившегося металла, видимо свинца. Гальванический элемент! Кажется невероятным, что уже 2 тыс. лет назад люди поставили себе на службу электричество. находка В. Кёнига могла бы показаться подделкой, если бы оказалась единичной. Но на территории того же Ирака, в Селеутии и Ктесифоне, были обнаружены сосуды с несколькими соединенными вместе железными и медными стержнями. Изготовленные по их образцу модели, залитые электролитом в виде 5%-ного раствора уксуса, вырабатывали ток напряжением 0,5 в на протяжении 20 дней. Этого тока вполне хватило на серебрение нескольких медных сосудов.

Кто же изобрел гальванические элементы? Тайну эту, вероятно, мы не раскроем никогда, зато по-прежнему будем пользоваться электрическими батарейками, где изолирующим слоем, как и 2 тыс. лет назад, служит битум.

Земляное масло

Нефть в быту древних занимала куда меньшее место, чем асфальт. Оно и понятно: трудно подступиться к этой жидкости. Вроде бы масло, да не съедобно. Вроде бы осветительный материал, да уж очень коптит. Подобно асфальту, нефть нашла применение на стройках и использовалась в качестве связующего материала при штукатурке стен, подтверждением чему служат руины шумерских и вавилонских храмов и дворцов в Двуречье. Желание шире использовать нефть вело к изучению ее состава и свойств.

Познанием состава природных веществ и их влияния на человеческий организм в те времена занимались в основном врачи. Не ушла от внимания древних медиков и нефть. Первую перегонку нефти осуществил римский врач Кассий Феликс. Несомненно, он применял полученные продукты для изготовления лекарств: ведь задолго до Кассия Феликса родоначальник медицины Гиппократ в своих трудах дал перечень рецептов лекарств на основе нефти и природного битума. Сведения о целебных свойствах нефти можно отыскать и в древних медицинских книгах Индии и Ирана. Знаменитый нафталан, применяющийся и в наши дни как средство, способствующее быстрому заживлению ран, был известен народам, населявшим территорию сегодняшнего Азербайджана. Надо отдать должное многим поколениям медиков, не только прокладывавших дорогу будущим химикам, но и способствовавших своими исследованиями открытию нефтяных месторождений.

Нефть играла в древности и прямо противоположную роль. В морских сражениях с персами древние греки разливали нефть по воде и поджигали ее, когда ветер начинал дуть в сторону неприятельского флота. Со стен осажденных крепостей на нападающих лился не только кипяток и расплавленная смола, но и горящая нефть. Нападавшие, правда, тоже не оставались в долгу и, обмакивая стрелы в жидкую смесь нефти и серы, поджигали их и забрасывали в осажденные города, чтобы вызвать пожары.

В VII в. нефть стала составной частью нового оружия, которое вошло в историю под названием «гре-

ческий огонь». И как знать, не будь его, рухнула бы Византийская империя под яростным напором арабского нашествия, а знамя ислама взвилось бы над стенами Константинополя на восемь веков раньше. Пал, конечно же, пал бы Константинополь, когда бы не сирийский грек Каллиник. Именно ему история приписывает изобретение «греческого огня», тайна которого, по сути дела, не открыта и сейчас. Ясно одно, что в состав этого оружия входила нефть, которая воспламенялась в лагере неприятеля, заброшенная туда в бочонках с помощью метательных орудий (баллист), или же изливалась на неприятеля прямо из длинных металлических труб. «Греческим огнем» нападавший флот арабов был уничтожен, буквально сожжен. Это настолько ошеломило их, что, сняв осаду Константинополя в 678 г., арабы более 30 лет не нападали на Византию.

Ну, а «греческий огонь» продолжал служить Византии, что, впрочем, не помешало киевскому князю Олегу прибить свой щит на воротах Царьграда. Преемник Олега князь Игорь продолжал набеги на соседнюю империю. В 941 г. флот Игоря был разгромлен византийским военачальником Феофаном, который защитил свою столицу, имея под командованием 15 ветхих судов. Победа далась византийцам благодаря «греческому огню». Об этом говорит и летописец: «Яко же молния иже на небеси, греци имут о себе, пушающе жгут нас, и сего ради не одолехом им».

В княжение Владимира Мономаха Киевская Русь вновь оказалась в состоянии вражды с Византией. Причиной политического конфликта послужила полная передача Тмутараканского княжества князем Олегом Святославичем под власть Византии. Для чего же нужна была Византии столь отдаленная провинция, как Тмутаракань? Для нас и сегодня это слово — символ глуши. Ответ прост. Тмутаракань — это нефть Кубани и Керченского полуострова, крайне необходимая Византии для обороны.

Как видим, нефть стала яблоком раздора еще в конце XI в., но этот давний инцидент — легкий штрих по сравнению с той гигантской мозаикой конфликтов, которые порождает и порождает нефть в наши дни.

В военных целях нефть применяли и наши предки. Вот что рассказывает Ипатьевская летопись о со-

бытиях 1184 г.: «Пошел Кончак со множеством половцев на Русь, пасутся яря пленити града русски и пожещи огнем, а бяще об обрек такового бусурманина иже стреляша живым огнем». Видимо, в старину русские воины обмазывали кончики стрел нефтью. Ведь что еще, кроме нефти, не погаснет от встречного ветра?

Первые сведения о месторождениях нефти на территории нашей страны восходят ко временам Александра Македонского. Описывая его походы, греческий историк Плутарх упоминает об источниках нефти на берегах Каспия и Амударьи. Много веков спустя арабский географ Абу-Исхана в своих трудах поведал о бакинской нефти. Пройдет еще три столетия, и венецианец Марко Поло будет наблюдать караваны верблюдов, груженных бурдюками с нефтью из Баку. И о грузинской нефти расскажет венецианский купец, горящие факелы которой наблюдал он на восточной границе грузинского царства, возвращаясь домой после четвертьвекового отсутствия.

Из русских людей первым увидел бакинскую нефть тверской купец Афанасий Никитин. И не просто увидел, а еще и поработал на бакинских промыслах. Сопровождая возвращающегося из Москвы шемахинского посла, Никитин во время шторма на Каспии потерял все свои корабли с товарами. Волей-неволей пришлось ему идти на заработки, рыть нефтяные колодцы и черпать нефть.

Минуло еще столетие, и нефть вошла важной статьей в «Торговую книгу» русского купечества, несмотря на то что была транзитным товаром — добывалась в Баку, а продавалась в Западную Европу.

При Борисе Годунове в Москву была доставлена первая нефть, добытая в районе Ухты. Своего теперешнего названия она не носила (слово «нефть» вошло в русский язык лишь в конце XVII в.), а звалась «густа вода горяща».

Петр I — один из самых хозяйственных правителей — не оставил без внимания и нефть. Любопытно, что в первом номере первой русской газеты, носившей название необычайно длинное и пышное: «Ведомости о военных и иных делах, достойных знания и памяти, случившихся в Московском государстве и во иных окрестных странах», наряду с сообщениями о росте

населения Москвы, об учебных делах в молодых московских школах была и такая краткая заметка: «Из Казани пишут: на реке Соку нашли много нефти и медной руды, из той руды медь выплавляли изрядно, от чего чают немалую быть прибыль московскому государству». В начале XVIII в. трудно, конечно, было предвидеть, что через 200 лет не руда, а нефть принесет прибыль немалую, что именно Поволжье станет основным поставщиком черного золота.

В 1717 г. лейб-медик Петра I Готлиб Шобер впервые описал нефтяные источники в районе Грозного. А после персидского похода 1723 г. Петр приказал генералу Матюшкину доставить в Москву из Баку 1000 пудов светлой нефти. Главная московская аптека занималась «передвоиванием» (перегонкой) нефти с целью изготовления лекарственных бальзамов.

И в дальнейшем медики продолжали изучать и описывать нефтяные районы. Так, врач русского посольства в Персии И. Я. Лерхе в 30-х годах XVIII в. подробно рассказал о нефтяных промыслах Азербайджана. Академик Иоганн Аммак в 1735 г. анализировал образцы нефти, доставленные в Петербург с берегов Волги. Адъютант Академии наук Г. В. Стеллер впервые сообщил о нефтеносности Камчатки. Академики И. И. Лепехин, П. С. Паллас, И. Г. Георги — все доктора медицины — в 1768—1774 гг. детально изучили и дали описание нефтяных месторождений Урала, Башкирии, Поволжья, Эмбы и Сибири.

Преемникам Петра I нефть нужна была разве что для забав. Так, ею был освещен знаменитый «ледяной дом», сооруженный на Неве в царствование Анны Иоанновны: дом охраняли ледяные животные, из хоботов слонов и пастей дельфинов, пульсируя, била горящая нефть. Но к дельным предложениям правители России внимания не проявляли. Поставил купец Федор Прядунов в 1745 г. на Ухте первый нефтеперегонный завод, но продукция не нашла спроса, а купеческое усердие — благосклонности. Перешел завод в чьи-то нерадивые руки и пропал. Только и осталось памяти, что записи в архивах Берг-коллегии.

Куда больше сведений сохранилось о трудах Василия, Герасима и Макара Дубининых, крепостных графа Панина. Соорудили они завод в Моздоке, 20 лет

совершенствовали перегонку и очистку грозненской нефти и лишь тогда обратились за помощью для расширения дела к правителю Кавказа князю Воронцову. Случилось это в 1823 г., почти через 80 лет после попытки Прядунова, но успеха в предприятии Дубинины не добились. Не нужно тогда было много керосина. Вся годовая добыча нефти России в первой половине XIX в. колебалась между 150 и 300 т. И только изобретение Игнатия Лукаевича — керосиновая лампа, вспыхнувшая над операционным столом в Львовском госпитале, — сразу двинуло добычу вперед.

Керосиновое освещение быстро распространилось по Российской империи, да и по всему миру. Но в России чуть ли не до конца прошлого века керосиновые лампы заправлялись привозным горючим — американским. Отечественный керосин не пользовался успехом и его с пренебрежением именовали «бакинской бурдой». Тут сказывалось отсутствие научно обоснованной технологии производства. Зато построенный по совету Д. И. Менделеева промышленником Рагозиным в Ярославской губернии завод по переработке тяжелых нефтяных остатков в масле снискал своей продукцией добрую славу, и Европа долго и охотно покупала «русское масло».

В дореволюционной России нефть добывали в основном только на территории Азербайджана, а общий объем получаемого за год жидкого топлива ни разу не превысил 11 млн. т. Сегодня мы добываем нефти в 40 раз больше, причем ее залежи найдены почти во всех союзных республиках.

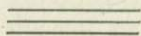
«Голубое золото»

К газу очень долго не знали как и подступиться. Встречи с ним, с его естественными выходами из-под земли, испокон веков были эффектными. Эффект, правда, бывал разным. Если выбившийся из недр газ невидимой пеленой расползлся по долине, где заночевал караван, смерть путешественников была неизбежна. Такие случаи порождали слухи о долинах смерти, ущельях демонов. Слухи обрастали жуткими подробностями. Как и все непонятное, это естественное явление приписывалось воле божественного провидения или гневу злых духов. Горящий газ тоже

вызывал благоговейный страх. И действительно, гигантский язык пламени, вырывающийся прямо из-под земли с диким свистом, слышимым далеко вокруг, — явление, которое вполне можно причислить к чудесам. В районах, где самовоспламеняющиеся выходы природного газа не были редкостью, обычно возникали центры зороастризма — религии, приверженцы которой поклонялись огню. Надо сказать, что древние китайцы сумели практически использовать это чудо, пуская газ по трубам для освещения своих храмов.

Путь к использованию природного горючего газа сложен и извилист. Этот бесцветный спутник нефти, нередко образующий свои собственные (без признаков нефти) залежи, стал сейчас настолько популярным сырьем и топливом, что ради него строятся гигантские трубопроводы, возводятся корпуса перерабатывающих заводов и комбинатов, сооружаются подземные хранилища, создаются специальные корабли-газовозы.

И асфальт, и газ, и нефть широко применяются в нашем обширном хозяйстве. Нет ни одной отрасли промышленности, где бы с нефтью не сталкивались в том или ином виде.



— Первая в России гидроизоляционная конструкция из асфальта находится в Ленинграде, в Зимнем дворце. Она была применена в 1867 г. для устройства зимнего сада и надежно служит до сих пор.

— В середине прошлого века голландцы начали использовать асфальт при постройке мола Хукван-Холланд. Продолжая отвоевывать у моря территорию, голландцы предполагают увеличить размеры своей страны в полтора раза. Немалую роль в этом сыграют корабли-асфальтоукладчики. Такое судно за 2 месяца способно уложить на 7 гектаров морского дна 30-сантиметровый асфальтовый слой. Асфальт — лучшая подстилка для дамб.

— Создаваемые в нашей стране гигантские гидротехнические сооружения требуют громадных количеств битума. Так, при строительстве Волжской ГЭС имени XXII съезда КПСС для гидроизоляции расходовалось ежедневно около 30 т битума.

— Асфальт может найти применение и в сельском хозяйстве (в зоне пустынь). Японские ученые предложили для создания искусственных поливных земель под слой песка укладывать асфальтовый слой.

— Первый асфальтированный тротуар в Европе был сделан в 1835 г. в Париже. В России первая попытка асфальтирования улиц была предпринята в 1839 г., но без успеха из-за неумения готовить хорошую массу. Позднее при постройке Полицейского моста в Петербурге попытались покрыть его асфальтом в виде прямоугольных кусков, как это делалось при мощении мостовых диабазом. И здесь строителей постигла неудача. Только одна улица Российской столицы — Большая Конюшенная — была заасфальтирована в последнем десятилетии прошлого века.

— Изобретателю керосиновой лампы с фитилем и резервуаром Игнатию Лукасевичу в Польше поставлен памятник; открыт мемориальный музей его имени.

— Аппарат для непрерывной перегонки нефти был разработан бакинским нефтепромышленником А. А. Тавризовым в 1873 г. В то время в России работало 80 заводов, перегонявших бакинскую нефть, годовая мощность которых составляла 16 тыс. т.

— Изобретенный русским моряком О. С. Костовичем в 80-х годах прошлого века бензиновый карбюраторный двигатель дал толчок к более полному использованию всех продуктов перегонки нефти.

— В 1885 г. германский изобретатель Г. Даймлер поставил бензиновый двигатель на велосипед, чуть позже К. Бенц установил подобный двигатель на прообраз будущего автомобиля — трехколесную тележку. А через полтора десятилетия житель Нью-Йорка Герберт Блисс стал первой жертвой автомобильной катастрофы.

— По настоянию Д. И. Менделеева на двух миноносцах Черноморского флота еще в 70-х годах прошлого века в качестве топлива вместо угля был применен мазут.

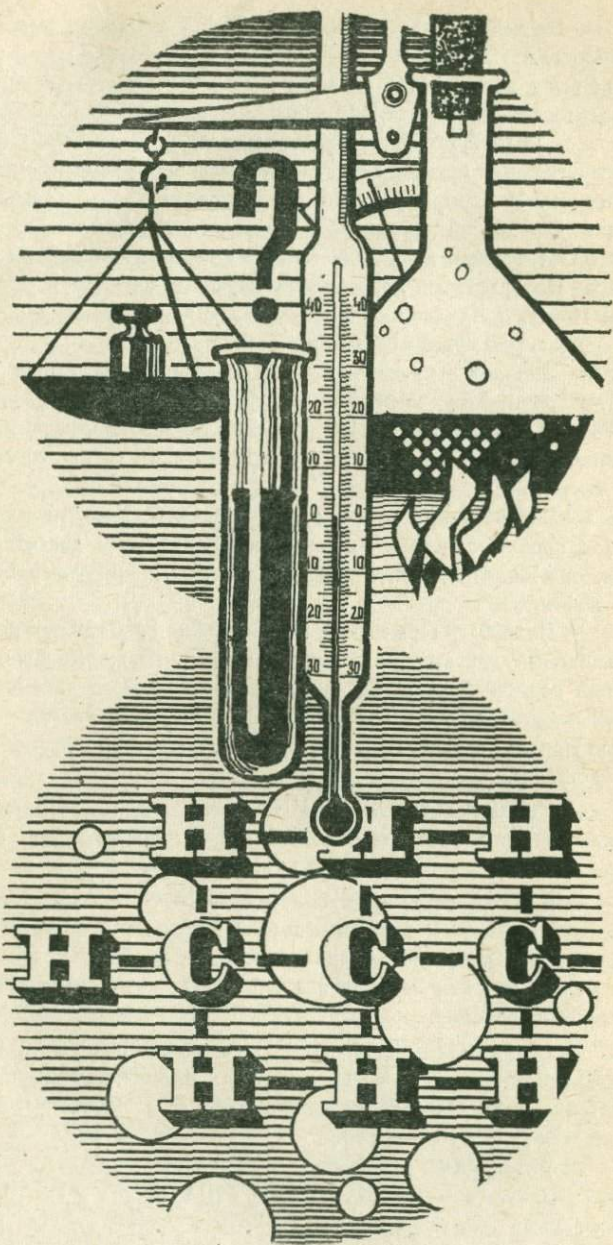
— В США освоена технология производства искусственных алмазов из метана: крошка-кристалл помещается в струю нагретого газа и довольно быстро вырастает до вполне приличных размеров, так как над его поверхностью метан разлагается на углерод и водород.

— Среди всех источников энергии, использованных в 1973 г. в капиталистических и развивающихся странах, сжиженный газ составил 26%. Одна тонна сжиженного газа энергетически эквивалентна почти 16 т нефти.

— Более 60% достоверно разведанных мировых запасов газа сосредоточено на территориях США, Ирана и СССР. Общие прогнозные запасы равны 110 тыс. млрд. м³. По данным Газовой ассоциации США их хватит по меньшей мере на 30 лет.



2192



ЧТО ЖЕ ТАКОЕ НЕФТЬ!

Если мы с таким вопросом обратимся к различным людям, кто по своей специальности так или иначе соприкасается с нефтью, то услышим весьма и весьма разные ответы.

Для геологов-нефтяников, геофизиков и других изыскателей, занятых поисками месторождений черного золота, нефть — жидкое полезное ископаемое, а их задача — определить, и возможно точнее, местонахождение этого трудноуловимого ископаемого в толще земной коры, чтобы последующие дорогостоящие буровые работы оказались как можно более дешевыми, чтобы уже первая поисковая скважина вскрыла нефтяную залежь.

Для буровиков нефть — венец многомесячного труда, как правило весьма напряженного, требующего полной отдачи сил и знаний. Буровики должны уловить, есть ли нефть в толще пород, в каком именно пласте, как мощно она рвется наверх.

Нефтепереработчики имеют дело с нефтью, освобожденной из подземного заточения и доставленной в резервуары-хранилища нефтеперегонного завода. Для них нефть — сырье, которое надо превратить в продукты, годные к употреблению в нашем обширном хозяйстве. И интерес к нефти у переработчика специфический: чистая ли она, не слишком ли много в ней парафина, серы и т. д.

Специалисты, занимающиеся созданием искусственного волокна, полиэтилена, синтетической бумаги и каучука, на вопрос, что такое нефть, ответят, что она — прабабушка исходного материала, с которым они имеют дело.

Ну, а что говорить о шоферах, подъезжающих к бензозаправочной станции? Для них нефть — это бензин, да и то не всякий, а определенной марки.

А ученых, занимающихся генезисом (происхождением) нефти, интересуют любые данные, даже крохи данных, способные пролить свет на то, откуда нефть взялась. Но чтобы проанализировать такие данные, надо знать, как и где нефть скапливается в место-

рождениях, почему путешествует под землей, какие силы ее толкают, какие давления и температуры она выдерживает на глубине, к каким веществам она «равнодушна», а какие действуют на нее разрушающе, из каких веществ она сама состоит. Короче говоря, как бы составить на нефть анкету.

Один из первых пунктов анкеты — кто родители? — по сей день остается незаполненным. На него не раз пытались дать ответ, и к настоящему времени ответов дано так много, что из обширного списка веществ, порождающих нефть, который составлен десятками исследователей, трудно выделить истинных «родителей» (если они в этом списке вообще имеются). Это говорит о трудности поставленной задачи.

А каков химический состав нефти? Выяснение этого вопроса происходило десятилетиями и продолжается сегодня. Ведь нефть, пожалуй, самое сложное из всех полезных ископаемых, добываемых человеком. Сложность начинается уже с ее определения. Формально нефть называют минералом. Но минерал — неорганическое вещество, обладающее однородными или изменяющимися в узких пределах физико-химическими свойствами, чего не скажешь о нефти. Иногда нефть называют минералоидом, как халцедон или янтарь, — тоже вещества с невыясненным до конца химическим составом. Американский ученый А. И. Леворсен в 1954 г. предложил назвать нефть «минеральным веществом» или «органическим минералом».

Физические и химические свойства нефти

Представим себе, что мы попали на промысел. Равномерно кивают «головами» станки-качалки. Невидимая нефть бежит по трубам и скапливается в громадных серебристых резервуарах. Попросим кого-нибудь из промысловиков дать нам потрогать, разглядеть это самое черное золото, только-только вырвавшееся из подземной неволи.

Вот нефть у нас в ладонях. Долго ее не удержишь — жидкость все-таки. А пахнет чем? Какой знакомый запах, это же керосин! Впрочем, нет, бензин... Нет, и не бензин, а довольно-таки сложный набор запахов, будто мы попали одновременно и в гараж, и в механический цех, и на дачную кухню.

Ну, а цвета она какого? Бурая, и вроде зеленым отливает. Хватит, выльем-ка ее обратно. Еще новости: нефть стекла, да не вся, самая темная часть осталась на ладонях. Но ничего, ототрем ее, только вот запах, видно, надолго пристал.

Вот мы и установили, что черное золото на самом деле бурого цвета. Это нефть, которую нам показали на одном из приволжских промыслов. А если отправиться в самый старинный нефтепромышленный район, в Баку, то тут мы выясним, что на месторождении Сураханы нефть не бурая, а вишнево-красного цвета. А если оттуда махнуть на самолете через полстраны, то в селе Маркове Иркутской области нам покажут нефть почти прозрачную. Состоит она практически из одного бензина, хоть прямо в бак автомобиля заливай. Впрочем, в тех же Сураханах наряду с красными нефтями есть и прозрачные «белые».

Музей Всесоюзного нефтяного научно-исследовательского геологоразведочного института, кстати, самого старейшего в стране, хранит в одной из витрин набор запечатанных стеклянных цилиндров. В них нефти из разных районов нашей страны, причем цвет нефтей различен — от прозрачного до почти черного.

Невооруженным глазом можно определить, что нефть способна флюоресцировать, т. е. отражать световые лучи определенных частот. Поэтому мы видим, как нефти отливают то зеленым, то фиолетовым цветом. Впрочем, флюоресценция не есть привилегия только одной нефти. В природе существуют и иные минералы и вещества, способные отражать свет подобным образом, например красивый темный камень лабрадорит или не менее красивый, но светлый — беломорит. Флюоресценция представляет собой частный случай более широкого явления — люминесценции (холодного свечения вещества, вызываемого различными причинами: химическими процессами, прохождением в веществе электрических токов, освещением). Если в лабораторных условиях мы облучим нефти ультрафиолетовым светом, то выясним, что они светятся, люминесцируют, причем каждая по-своему. Под ультрафиолетовыми лучами некоторые нефти выглядят яркими, голубоватыми, другие — более темными, желтыми и даже коричневыми. Спектр люминесценции в отличие от теплового — линейчатый, полос-

чатый. На использовании этого свойства основан специальный люминесцентный анализ. С его помощью определяют даже ничтожные следы нефти в породах, поднятых из буровых скважин.

Нефть обладает и еще одним интересным свойством — оптической активностью, т. е. способностью поворачивать плоскость поляризованного света (обычно вправо и очень редко, как в случае индонезийской нефти, влево). Только прозрачные нефти лишены этого свойства. Оптически активны практически все объекты живой природы. Это обстоятельство навело ученых, занимавшихся исследованием происхождения нефти, на мысль об ее органическом генезисе. Однако и неживая природа являет нам немало примеров оптической активности различных минералов, скажем кварца, киновари. Более того, оптически активны и вещества неземного происхождения, например такие пришельцы из космоса, как углистые хондриты. Это явилось обоснованным доводом для критики органической гипотезы.

Оптическая активность возрастает с увеличением содержания в нефти смолисто-асфальтовых веществ. Эти сложные тяжелые вещества обладают, видимо, еще многими неразгаданными свойствами. Какие-то из них, входящие в состав асфальта, чувствительны к свету: буроватая пленка на поверхности асфальта труднее растворяется на участках, подвергшихся освещению. В 1827 г. Нисефор Ньепс использовал светочувствительность тонкой асфальтовой пленки, образовавшейся после высыхания асфальта в эфирном масле на металлической пластине, для получения гелиографюры — светлого отпечатка рисунка, который был наложен на пленку и освещен. Гелиографюра — предшественница нынешней фотографии, но, как знать, может быть, в будущем светочувствительность асфальта найдет применение, как нашли его в радиотехнике и электронике временно забытые полупроводники.

Попробуем выяснить, сколько весит нефть. Нальем в 2 градуированные пробирки объемом по 100 см³ разной по цвету нефти. После взвешивания выяснится, что более светлая нефть весит меньше. Плотность «белых» нефтей колеблется от 0,777 до 0,798, янтарных — от 0,792 до 0,820, а вишнево-красной нефти из Сураханов — от 0,802 до 0,840 г/см³.

В чем мы не привыкли сомневаться, так это в том, что нефть легче воды. Действительно, стоит только взглянуть на лужу на шоссе или на гладь реки, где снуют моторки, буксиры, теплоходы. Зрелище радужных пятен на поверхности воды знакомо каждому из нас, хотя приятных эмоций не вызывает. Да, нефть, мазут, керосин плавают по воде. Тем не менее встречаются нефти (правда, редко), которые в воде тонут. Их плотность составляет 1,040.

Малая плотность — основная причина перемещения (миграции) нефти в земной коре и образования ее промышленных скоплений. Быть легче воды, т. е. обладать плотностью меньше единицы, в неживой природе дано очень немногим минералам. Кроме нефти в воде не тонут лишь вулканические туфы, да и то благодаря тому, что их поры заполнены воздухом. Измельчите туф в порошок, и он осядет на дно.

Если бы нам удалось проникнуть в глубь Земли, то мы бы убедились, что чем глубже мы опустимся, тем более легкую нефть обнаружим: с глубиной ее плотность обычно уменьшается. А вот на Сураханском и некоторых других месторождениях, наоборот, до некоторой глубины нефть становится все тяжелее. Интересно, что в Сураханах с глубиной уменьшается минерализация подземных вод. И почему вода становится легче, а нефть тяжелее — загадка, не выясненная до конца. Загадок у нефти много, и все ее свойства и особенности окончательно не ясны. Одно бесспорно — нефть горит. За это черное золото и получило название горючего ископаемого.

Люди давно заметили, что жар от сжигаемой нефти куда сильнее, нежели от пылающих дров или угля. Теперь мы знаем, что при сжигании грамма нефти выделяется 10 300—10 800 кал. То же количество сжигаемого бензина выделит еще больше — 11 230 кал. Теплота сгорания нефти значительно выше, чем у таких взрывчатых веществ, как порох, нитроглицерин и даже тротил. Именно поэтому окончились неудачей попытки изобретателей двигателя внутреннего сгорания использовать в качестве горючего порох.

Довольно опасное свойство нефти и нефтепродуктов — способность загораться при небольшой температуре. Та начальная температура, при которой нефтяные пары в смеси с воздухом мгновенно загораются

от искры, называется температурой или точкой вспышки. Начальная же температура, при которой воспламеняются не только пары, но и сама жидкость, получила название температуры воспламенения. Температуры вспышки определяет безопасность пользования керосиновыми фонарями и лампами, пригодность смазочного масла для двигателей с нагревающимися и трущимися частями. Для бензина температура вспышки определяет порог взрывоопасности при определенных соотношениях его паров с воздухом.

А если нефть не поджигать, а подогреть, велика ли ее теплоемкость? Оказывается, нет. У воды, как известно, теплоемкость равна 1, у других жидкостей — около 0,6, у твердых тел — 0,20—0,22. Теплоемкость нефти находится посередине между этими цифрами и возрастает с увеличением плотности. При нагревании нефть расширяется очень незначительно: коэффициент расширения колеблется от 0,000647 до 0,000840. Вроде бы ничтожная величина, но учитывать ее необходимо, особенно при создании громадных хранилищ.

В обычных условиях нефть — жидкость. А может ли она стать твердой, как вода при температуре ниже нуля? Может, конечно. При какой температуре? Все зависит от состава нефти. Она переходит из одного агрегатного состояния в другое не резко, а постепенно. Быстрее других застывает нефть, содержащая много парафина. Если же говорить о ее составных частях, то температурный разброс так велик, что диву даешься. Бензину, чтобы застыть, нужен мороз, которого на нашей Земле почти никогда не бывает: -80°C . А вот бензол и гексаметилен твердеют уже при 6°C . Знать, как нефть относится к морозу, очень важно для ее транспортировки, особенно по трубопроводам.

В воде нефть бесполезно растворять. Сколько бы мы ее ни налили в стакан, сколько бы ни мешали ложечкой, нефть все равно всплывет на водную поверхность. Какая-то ее часть, скажем лигроин, все-таки растворится, но в растворе его будет ничтожно мало — всего 0,027%. Ну, а если наоборот? Попробовать растворить воду в нефти? Опять ничего не получается. А вот один из нефтяных продуктов — трансформаторное масло — легко впитывает воду.

В нефти легко растворяются сера, под, большинство смол, каучук, а при увеличении температуры и металлы. Лучше других растворяется железо. Тут дело доходит даже до беды. Нефть подчас разъедает прочные стальные трубы в скважинах, чему способствует высокая температура на больших глубинах.

Прекрасно растворяются в нефти газы: метан, этан, пропан, бутан, а также азот, кислород, двуокись и окись углерода.

Очищенные нефти и нефтепродукты являются диэлектриками, причем сильными, почти как воздух. Их диэлектрическая постоянная в 2—3 раза выше, чем у стекла или слюды. Это свойство нефтей используется для создания жидких изоляторов. Примером тому служат трансформаторные масла, которые при расстоянии между электродами всего 25 мм выдерживают напряжение 25 кв.

К сожалению, как все диэлектрики, нефть и ее продукты способны накапливать и удерживать в себе электрический заряд. Эта способность не раз приводила к неприятностям. При трении о железо в бензине возникает заряд до 2 кв. Если по поверхности бензина поплывет простая щепка или другой подобный заостренный предмет, то между ним и стенкой резервуара может проскочить искра. Результат — взрыв. Так что недаром у автомобилей-бензовозов за задним шасси очень часто можно увидеть болтающуюся металлическую цепь. Через нее убирается избыточный статический электрический заряд цистерны. Безопаснее иметь дело с другими нефтяными продуктами — маслами, которые обладают еще одной важной особенностью: высокой вязкостью.

Вязкостью или внутренним трением называется свойство частиц жидкости сопротивляться взаимному перемещению. Не будем вдаваться в технические подробности, укажем только, что, применяя нефтяные продукты, особенно смазочные масла, мы должны довольно точно знать изменение их вязкости при повышении и понижении температуры и давления. Например, что случилось в результате пренебрежения этими факторами суровой зимой 1941—1942 гг. под Москвой с немецкими танками? Многие бронированные чудовища оказались неподвижными только потому, что замерзла смазка.

Для нас важно знать и поверхностное натяжение нефти, т. е. силу, с которой нефть сопротивляется изменению своей поверхности, особенно когда придется иметь дело с нефтяной эмульсией. Это — бесчисленные капли нефти в воде или, наоборот, воды в нефти. На нефтяных промыслах чаще всего получают трехфазную эмульсию, образованную из трех компонентов: воды, нефти и твердых частиц (песка, глины, кристалликов парафина во взвешенном состоянии). Естественно, что такую эмульсию гнать по трубопроводу смысла нет. Чтобы получить чистую нефть, эмульсию необходимо разрушить. Для этого применяют различные методы: отстаивание, нагревание, центрифугирование, добавку различных соединений и т. д.

Из чего состоит нефть?

Из бензина? Из мазута? Из масел? Из смол? Этот ряд вопросов можно продолжить и все время отвечать: да, да, да. Более общий ответ будет таков: нефть представляет собой раствор чистых углеводородов и гетероатомных органических соединений, т. е. углеводородов, содержащих в молекуле атомы кислорода, серы или азота. Именно раствор, а не смесь. Причем не обычный раствор, как, например, сахара в воде, а раствор различных соединений друг в друге.

Отсюда и трудности определения состава нефти. На вопрос, каков состав нефти, химик спросит, какой состав вас интересует: элементный, групповой или фракционный?

Начнем с первого. Из слагаемых нефти главные места принадлежат углероду и водороду. Количество углерода составляет 83—87%, водорода — 11—14%. Оставшиеся доли процента делят между собой сера, азот и кислород. Если же нефть сжечь, то в ее золе мы найдем и кое-какие металлы. Но чтобы эти металлы взвесить и определить их процентное отношение к остальным составляющим нефти, нужна довольно сложная и очень точная лабораторная техника.

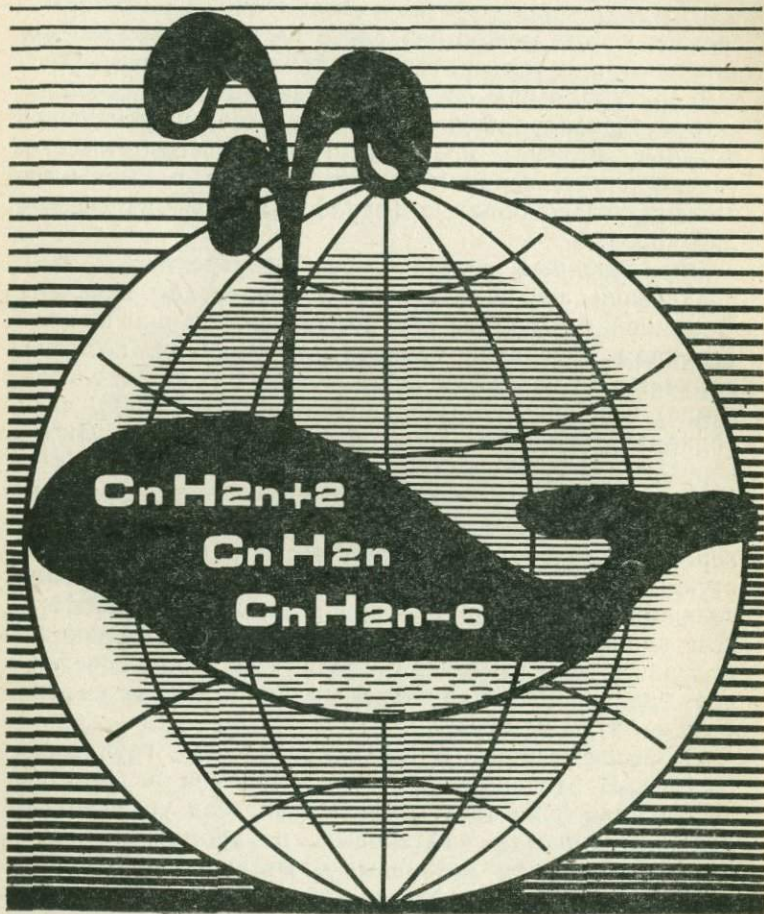
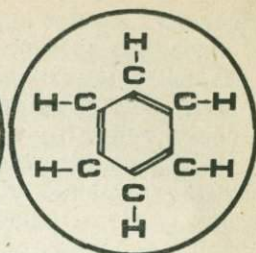
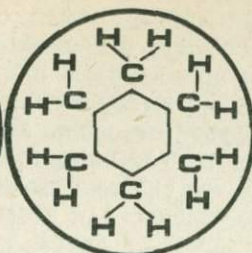
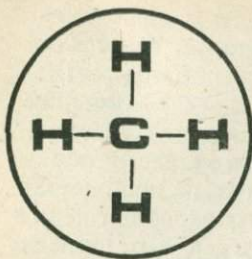
Значит, элементный состав нефти таков: на первом месте углерод, затем водород, затем сера, азот, кислород и, наконец, металлы. На первый

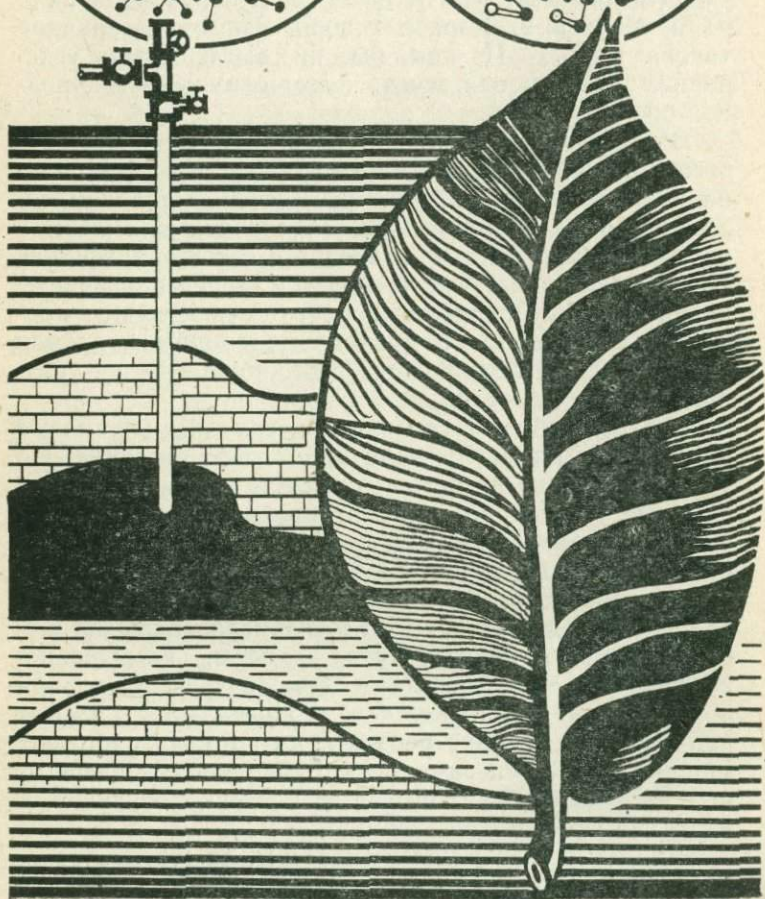
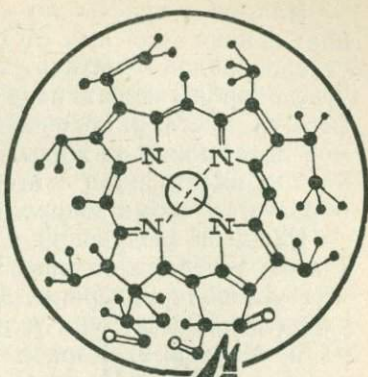
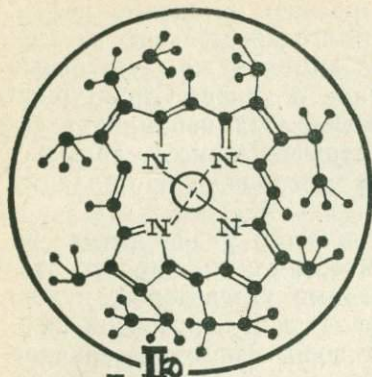
взгляд, элементный состав нефти очень несложен: основных элементов два, второстепенных три, а остальные можно не принимать в расчет. Если же мы попытаемся узнать, из каких химических соединений состоит нефть, то увидим очень сложную картину. Чтобы разобраться в ней, надо прежде всего обратить внимание на то, сколько атомов в молекулах, как они там расположены, как атомы углерода и водорода цепляются друг за друга, как к ним присоединяются или их замещают атомы других элементов.

По *групповому* составу соединения, из которых состоит нефть, можно разделить на две части: те, что закипают при температуре до 360°C , и кипящие при температуре выше 360°C . Первые — это в основном чисто углеводородные соединения и частично гетероатомные, вторые — преимущественно гетероатомные (кислородные, сернистые, азотистые) и в меньшей степени углеводородные (парафины и гибридные углеводороды).

Фракционный состав нефти определяется при разделении соединений по температуре кипения. Фракцией называется доля нефти, выкипающая в определенном интервале температур. Фракции, которые получают на нефтеперерабатывающих заводах, следующие: бензиновая, выкипающая до $170\text{—}210^{\circ}\text{C}$, лигроиновая, пределы кипения которой — $160\text{—}210^{\circ}\text{C}$, керосиновая — $200\text{—}300^{\circ}\text{C}$, газойлевая — $270\text{—}350^{\circ}\text{C}$. Нефтяной остаток после выкипания всех фракций именуется небезызвестным мазутом. Мазут тоже подвергается делению на фракции: масляную и смолистую. Только происходит это в вакууме, поскольку соединения этих фракций при нормальном атмосферном давлении разрушаются. Из масляной фракции получают известные всем масла: соляровое, веретенное, вазелиновое, машинное, цилиндрическое, из смолистой — битум или гудрон.

Классификация нефтей основана на групповом составе. В зависимости от преобладания в составе нефти одного из трех основных классов углеводородов — метановых, нафтеновых и ароматических — нефти именуются метановыми, метаново-нафтеновыми, нафтеновыми, нафтеново-ароматическими и ароматическими. Мы несколько упростим задачу и рассмотрим нефти только по трем главным классам.





Наиболее просты по строению метановые нефти, получившие свое имя от самого простейшего из всех углеводородов — метана. У химиков же метановые углеводороды носят название алканов. Структурная формула метана общеизвестна. Она напоминает самое простое из живых существ — амебу. Только у метана вместо ядра — атом углерода, а протоплазму образуют 4 атома водорода.

Каждый следующий член этого ряда имеет на 1 атом углерода больше. Чтобы узнать, сколько атомов углерода содержит данный углеводород, нужно удвоить число атомов углерода и к полученной цифре прибавить 2. Короче говоря, формула алканов такова: C_nH_{2n+2} . И как бы ни вытягивалась углеродная цепочка, она всегда будет окружена водородной оболочкой.

В нормальных условиях первые 4 члена метанового ряда — газы, следующие 13 — жидкости, а начиная с 18-го могут находиться в нефти в твердом состоянии в виде кристаллов, образованных смесью с другими компонентами, и входят в состав парафинов. Отсюда метановые нефти имеют и второе название — парафиновые. Предполагают, что существуют нормальные парафины с числом углеродных атомов свыше 100. Последний член этого ряда еще не установлен.

Все было бы не так сложно, если бы метановые углеводороды всегда имели одинаковое строение. Но уже начиная с бутана — 4-го члена метанового ряда — все углеводороды имеют несколько разновидностей (как говорят химики, изомеров), молекулы которых построены по-разному, хотя химическая формула у них одинакова. Если основной член ряда имеет вид простой цепочки, то у его изомеров цепь ветвится. Различаясь по структуре, изомеры, естественно, различаются и по свойствам. Температуры плавления и кипения у них ниже, чем у нормальных членов ряда. Кстати, лучшие бензины, на которых работают мощные двигатели самолетов и современных бесшумных автомобилей, состоят не из истинных бензинов, а из их изомеров.

Многие изомеры еще не изучены, да это и трудно. Ведь 11-й член ряда может иметь 159 изомеров, у 18-го (октадекана) их уже может быть 60 523, а у

40-го (тетраконтана) — совершенно фантастическое количество — 62 491 178 805 831.

Метановые углеводороды с разветвленной цепью привлекают внимание не только создателей разных видов топлива. Дело в том, что некоторые из них своим строением напоминают органические вещества. В частности, структурная формула пристана почти идентична формуле фитола — составной части хлорофилла. Такое сходство наводит на мысль о прямом родстве нефти с какими-то древними формами жизни.

При обработке метановых углеводородов азотной кислотой или двуокисью азота при температуре 400°C получаются новые вещества, которые идут на производство взрывчатки, удобрений и т. д.

В природе твердый парафин (озокерит) известен давно. Его находили на п-ове Челекен у восточных берегов Каспия (когда-то он был островом), в Фергане, Галиции. В Баку он употреблялся для изготовления примитивных свечей, поэтому там его называли земляным воском. В нефтяных районах он встречается в виде жил, но чаще просто пропитывает породу. Содержание его не превышает 10%, иногда составляет всего 0,5%, но и 0,5% считается достаточным количеством, чтобы добыча была рентабельной. Извлекают парафин из породы простой вываркой в горячей воде. Легкий озокерит растапливается, уходит из породы и всплывает на поверхность воды. Минерал озокеритового типа — байкерит — был найден в Сибири, у м. Облом на Байкале, где он получил название морского воска. Состав его изучен плохо.

Добывать и транспортировать парафинистые нефти трудно. Охлаждающийся парафин твердеет и забивает трубы пробками. Однако в народном хозяйстве он занимает почетное место. Его применяют и в медицине, и в нефтехимической промышленности. Без него не обходится и изготовление обыкновенных спичек. Ведь каждая спичка несет на себе тонкую парафиновую рубашку, чтобы она легче вспыхивала.

Таковы метановые углеводороды. Они, как мы увидели, относительно просты по своему строению. Следующие по сложности — углеводороды нафтеновые. В чем же их сложность?

Нафтеновые углеводороды нефти или цикланы по своему строению напоминают кольца, в отличие от

метановых цепочек. В их молекулах не хватает тех самых двух атомов водорода, которые в метановых углеводородах замыкают водородную оболочку. Поэтому они называются непредельными. Это видно из их формулы: C_nH_{2n} . Еще одно название — циклопарафины — нафтенам дали за способность их колец удерживать при себе цепочку метановых углеводородов. Поэтому каждое кольцо образует свой углеводородный ряд. Получается, что кольцо тянет за собой нечто вроде шлейфа, то скромного, короткого, то пышного, длинного.

У нафтен может быть не одно кольцо, а два или несколько. В зависимости от этого они именуются моноциклическими, би- или полициклическими. Чем выше температура кипения фракции, тем больше в ней би- и полициклических нафтен. Количество моноциклических, естественно, сокращается.

По сравнению с метановыми нафтеновые углеводороды обладают большей плотностью. Причина — все та же нехватка в их молекулах двух легких водородных атомов. Температуры кипения и плавления у нафтен более высокие. Поэтому их не отыщешь в природном газе, они — всегда жидкости.

Нафтеновые углеводороды сравнительно легко взаимодействуют с галогенами, с азотной кислотой, присоединяют кислород. Для этого, правда, нужны нагревание и присутствие катализаторов. Серная кислота, например, на них не действует, зато чистая сера отбирает у нафтен водород и они превращаются в ароматические углеводороды.

Свое название ароматические углеводороды получили из-за четко выраженных запахов, которые у отдельных веществ далеко не так приятны, как можно предположить из названия. Ведь под ароматом мы понимаем что-то, ласкающее наше обоняние. Хотя по-гречески «арома» означает просто пахучее вещество.

Эти углеводороды, подобно нафтеновым, представляют собой кольца и также могут быть моно- и полициклическими, но в их кольцах обязательно наличие двойных связей между некоторыми атомами углерода. Формула ароматического ряда — C_nH_{2n-m} , где m может быть выражено четными числами от 4 и выше. Простейший представитель этого ряда — бензол. Все

остальные известные чисто ароматические углеводороды являются, по сути дела, производными бензола.

В нефтях ароматические и гибридные (нафтеноароматические) углеводороды распределены неравномерно. В легких фракциях их мало, в бензине, например, они составляют всего 0,5%, зато в маслах их доля достигает 20—30%.

Все ароматические углеводороды — жидкости с очень низкой температурой твердения: самая высокая (-25°C) у ортоксилола, а вот бутилбензол твердеет лишь при -88°C .

При нормальном давлении быстрее других в газ превращается бензол. Его температура кипения 80°C . А нормальный октилбензол кипит лишь при 263°C .

Ароматические углеводороды сильно недонасыщены водородом и, казалось бы, должны быть химически активными, однако из-за замкнутого циклического строения они малоактивны. Для них характерны реакции замещения. Водород замещается бромом, хлором. В итоге получают очень инертные вещества. В хлорбензоле, например, можно плавить натрий. В отличие от нафтенов ароматические углеводороды реагируют с серной кислотой, образуя сульфокислоты, которые под воздействием перегретого пара могут вновь разложиться на исходные вещества. С азотной кислотой ароматика образует нитросоединения, как бы восстанавливается азотом. При температурах около 100°C ароматические углеводороды окисляются. Кроме того, они легко реагируют с водородом, восстанавливаясь в присутствии катализаторов до нафтенов.

Примеси в нефти

Наиболее часто встречающаяся примесь — сера. Особенно много ее бывает в смолистых нефтях (до 7%), хотя значительная часть нефтей практически серы не содержит. В нефть сера внедряется то в чистом виде (самородная), то в виде сероводорода или меркаптана с отвратительным запахом, то прочно входит в состав углеводородных соединений, связываясь в основном с нефтяными смолами.

В нефтях сейчас определено и отчасти выделено около 250 индивидуальных сернистых соединений.

Сосредоточены они преимущественно в тяжелых высококипящих фракциях с температурой кипения выше 370°C .

Избавиться от серы не так-то просто. В нефтеперерабатывающей промышленности приходится прибегать к созданию довольно сложных и дорогостоящих установок, чтобы избавиться подчас от ничтожного количества примеси.

Несколько неловко называть вредной примесью элемент, без которого невозможна наша жизнь. Это — кислород. В нефти он, разумеется, встречается не в чистом виде, а в различных соединениях. Набор их велик. Это кислоты, фенолы, эфиры, кетоны и т. д. Содержание кислорода в нефти никогда не превышает 3,6%. Кислоты в нефти подразделяются так же, как и углеводороды. Исследованиями последних лет установлено 50 структурных типов таких кислот. Кроме них в нефти содержатся гетероциклические соединения с атомами серы, азота и кислорода в кольце. Следует особо сказать о нафтеновых кислотах, чье содержание в нефтях доходит до 0,5%. В других горючих ископаемых — каменном угле, сланцах, торфе — они отсутствуют. Иными словами, нафтеновые кислоты присущи только нефти. Вопрос об их происхождении не выяснен. Встречаются они в нафтеновых и нафтено-ароматических нефтях, в метановых их почти нет.

О кислотах в нефти впервые узнали в 1861 г., когда в Баку были получены первые партии неочищенного керосина. Погруженный в железные бочки керосин стал красноватым — явный признак окисления.

Очень активны другие кислородные соединения — фенолы. Они легко вступают в разнообразные реакции, легко полимеризуются и осмоляются на воздухе. Фенолы есть в разных фракциях нефти, даже в газовом бензине. Относительно много бывает их и в тяжелых остатках нефтей. А вот эфиры в чистом виде из нефтей не выделены.

Кислородные соединения нефти доставляют переработчикам немало хлопот. На нефтеперегонных заводах по внутривоздушным трубопроводам нефть продлевает путь иногда больший, нежели по магистральному трубопроводу с отдаленного месторождения. Такое длительное путешествие ее по заводской

территории вызвано необходимостью многократной очистки на различных установках.

Сера является вредной примесью в нефтях. Ее содержание определяют точно. Азот, как примесь безвредная и инертная, почти не контролируется анализами. Содержится его в нефтях мало — не больше 1,7%. Азот обычно сопутствует смолистым веществам.

Угледородных соединений азота довольно много. Это пиридин, хинолин, изохинолин и их производные. В нефти открыты также амиды — главные представители нейтральных азотистых соединений. Встречаются угледородные соединения, одновременно содержащие азот и серу. В нефти обнаружены и аминокислоты.

Особое место занимают порфирины, т. е. тетрациклические азотистые соединения, по структуре похожие на живое вещество. Обнаруживаются они не во всех нефтях. Порфирины считались раньше прямым доказательством органического происхождения нефти. Предполагали, что соединения азота в нефти — это продукт распада животных и растительных белков. Но можно допустить, что порфирины образовались в результате взаимодействия нефти с вмещающей эту нефть породой или произошли из тех микроорганизмов, которые обитают в нефти и нефтяных водах. А вот что уж совсем не укладывается в рамки представлений об их органическом происхождении, так это находки порфиринов в веществе космических путешественников — хондритов.

Хотя в нефти встречаются свободные порфирины, т. е. без атомов металлов, но, как правило, они — металлоорганические соединения. В сернистых нефтях их больше, и в основном это ванадиевые порфирины. В малосернистых нефтях, богатых азотом, преобладают никелевые порфирины.

Так мы дошли до металлов — последних компонентов нефтяных примесей. Металлы обнаруживаются лишь в золе, остающейся после сжигания нефти. 90% золы составляют железо, кальций, магний, алюминий. Встречаются соли и окислы бария, медь, натрий, олово, кобальт, хром, германий, марганец, свинец и другие металлы, а также ртуть. Раньше из-за своей летучести она не улавливалась в большинстве

нефтей. А вот на калифорнийском месторождении Симрик металлическая ртуть осаждается просто при перекачке нефти по трубам.

Галогены в золе нефти отсутствуют. Но в водах, лежащих ниже нефти, хлор, бром, иод имеются всегда. Странно, что, подпирая в залежах нефть, нефтяные воды не передают ей этих элементов.

Впрочем, мы уже не раз убеждались, что странностей у нефти предостаточно. В ней можно отыскать больше половины элементов таблицы Менделеева. Если приглядеться к распределению металлов в нефтях повнимательнее, то выяснится, что определенному типу нефти соответствует определенный металл. Особенно это касается вольфрама и никеля. А это значит, что соединения указанных металлов не являются механической примесью, попавшей в нефть из пород при ее долгих подземных скитаниях, а присущи самой нефти. Очевидно, они образуют металлоорганические соединения с определенными типами гетероатомных структур. А вот как происходит выбор металлов — загадка.

Химический состав нефти полностью не известен. На сегодня в нефти установлено 425 индивидуальных углеводородов и 380 углеводородов, содержащих серу, азот и кислород. Наиболее изучены углеводороды нормального метанового ряда и низшие гомологи бензола, из сернистых соединений — меркаптаны и низкокипящие сульфиды. Трудность определения состава заключается в том, что выделить из нефти соединения можно лишь путем перегонки. Ну, а при перегонке состав нефти может значительно измениться в результате различных реакций. Более бережного способа разобрать нефть на составные части пока нет.

Углеводороды, но не нефть

Наше представление о нефти будет неполным, если мы не уделим хоть немного внимания составу и особенностям ее «родственников», о которых мы уже упоминали. Начнем в буквальном смысле слова с более легкого.

Как нетрудно догадаться, это природный газ. Кроме углеводородных, в природе встречаются углекис-

лые и азотные газы и газы смешанного состава. Но наш интерес ограничен лишь углеводородными газами. Встретить их можно во всех нефтегазоносных районах Земли. Где нефть, там есть и газ. Он может быть даже там, где нефти нет.

Горючий газ, а точнее его углеводородная часть в обычных условиях состоит из первых членов метанового ряда. При повышении давления, что обычно происходит на глубине, все углеводороды, кроме метана, переходят в жидкое состояние. Поэтому когда из пробуренной скважины получают газ, он на 99% состоит из метана. Остальные углеводороды выносятся метаном из недр в виде паров, так называемого конденсата. Конденсат состоит почти целиком из чистого бензина. Бесцветный, не имеющий запаха метан обладает большой теплотой сгорания и широко используется как топливо. Он является ценным сырьем для получения сажи, ацетилена, водорода, искусственного жидкого топлива и основой многочисленных органических синтезов.

Этан — самая постоянная примесь метана, однако и такие газы, как пропан, бутан и изобутан, тоже часто присутствуют в горючих газах. Два последних служат сырьем для получения искусственного каучука.

Неуглеводородную часть горючих газов в основном составляет азот, значительно меньшая доля приходится на благородные газы: аргон, криптон, ксенон, гелий и неон. Самая важная примесь — гелий. Даже 0,1% его содержания в газе достаточно, чтобы поставить промышленную установку для добычи.

Многие месторождения углеводородного газа содержат солидное количество сероводорода. На французском месторождении Лакк сероводород составляет почти 20% объема добываемого газа, а на месторождениях Западной Канады его еще больше — свыше 30%. Прежде чем пустить такой газ в газопровод, сероводород перерабатывают в серу.

Изредка в составе горючего газа присутствует водород. Самый легкий элемент и самый легкий газ с высокой химической активностью, он без особого труда проникает сквозь толщи горных пород. Поэтому его присутствие в чистом виде в горючих газах — явление крайне интересное.

Из других примесей природного горючего газа надо отметить аммиак и углекислый газ.

Определить происхождение природных газов — задача нелегкая. Ведь метан может быть как продуктом распада живой материи, так и продуктом реакций в глубоких недрах Земли. Водород, углекислый газ, аммиак — глубинные газы. Аммиак порождается и нефтяными водами, содержащими соли аммония. Углекислый газ и водород образуются из карбонатных пород, скажем известняков, когда их «припекают» на глубине магматические очаги. Да и все составляющие атмосферу газы могут попасть в твердую оболочку Земли (литосферу) и стать компонентами природных газов.

Твердых углеводородов, родственных нефти, довольно много. Вот некоторые из них.

Мальты — очень вязкие, полужидкие смолистые нефти. Плотность их 0,97—1,00, т. е. они едва-едва не тонут в воде.

Асфальты — уже твердые аморфные углеводородные вещества различной степени плавкости и твердости, содержащие неодинаковое количество серы, кислорода и азота. Структура и групповой состав их неизвестны. Асфальты — прямые продукты поверхностного окисления нефтей и мальт. Они отличаются невысокой температурой плавления и поддаются действию сильных растворителей, таких как бензол и бензин. В обычной пресной воде асфальты тонут.

Асфальтиты — более высокоплавкие битумы. Плохо растворяются в бензине, отличаются большой твердостью и хрупкостью.

Кериты — еще более плотные вещества. В воде они тонут. Органические растворители на них почти не действуют. Серы, кислорода и азота содержат мало.

Элькериты и *антраксолиты* — очень разнообразная группа минералов неясного происхождения, состоящих почти из чистого углерода.

Как ни любопытны все твердые углеводороды, однако мы остановимся на асфальте, представляющем наибольший интерес для хозяйственных нужд. Он пропитывает пески, песчаники, известняки или встречается в виде линз и жил. Пропитанные асфальтом породы довольно обычны и образуются на выходах нефтяных пластов на поверхность Земли. Асфальто-

вые жилы и линзы редки, и как они образовались, неясно. Возможно, линзообразные залежи первоначально представляли собой асфальтовые озера, которые и сегодня встречаются на нашей планете, например на о. Тринидад. Позже такие озера были погребены под наносами.

По химическому составу асфальты — смесь высших полициклических углеводородов и соединений, содержащих серу и кислород. В асфальтах всегда присутствуют углеводородные масла. Принципиальной разницы между маслами асфальтов и нефтей не обнаруживается. В составе асфальтов есть и метановые углеводороды. Азотистые соединения представлены порфиринами. Зола асфальтов повторяет свойства золы нефтей. Для нее очень характерно содержание ванадия. Входят ли металлы золы в состав соединений или представляют собой механическую примесь, неизвестно.

Плавятся асфальты при очень разных температурах — от нуля до 240°C и в расплавленном состоянии обладают очень высокой вязкостью. Твердость остывшего асфальта со временем растет. В обычной пресной воде он тонет.

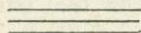
Асфальты, запечатывающие залежи нефти или связанные с поверхностными нефтяными выходами, образовались при испарении и окислении нефти. Но в нефтях всегда есть доля парафина, а в асфальтах установлено полное его отсутствие. Куда и как пропал парафин — загадка.

Окислением и испарением нефти нетрудно объяснить образование асфальтового песчаника, но как образуется жильный асфальт в глубинных условиях, где нет ни испарения, ни окисления? Приходится допустить бактериальное окисление, но как происходит этот процесс, неизвестно.

Запасы асфальта на планете огромны. Все разведанные запасы нефти, которую человечество может извлечь из недр, легко могут уместиться в одном асфальтовом месторождении на р. Атабаске в Канаде. В нашей стране залежи асфальта тоже велики. Крупнейшие из асфальтовых месторождений — Мелекесское на Средней Волге и Оленекское в Восточной Сибири. Самое большое месторождение чистого асфальта открыто в Восточной Венесуэле — смоляное озеро

Бермудез. Его площадь более 440 га, глубина 6 м. Асфальт просачивается из подземных источников и остается мягким и полужидким под твердой коркой, образовавшейся на поверхности озера, покрытой кое-где озерцами воды и даже растительностью.

С каждым годом в мире растет добыча нефти и газа. Их запасы невосстановимы в отличие, скажем, от лесных запасов, которые можно регулировать. Так что, возможно, наступит время, когда к асфальту будут подходить как к сырью не только для строительной индустрии, но и для энергетики, тем более что искусственные бензины, получаемые из асфальтов, по качеству выше натуральных.



— Жертвами естественных выходов нефти не раз становились перелетные птицы, маршрут которых пролегал над Апшеронским полуостровом. Приняв в вечерних сумерках озерко вязкой окислившейся нефти за обычный водоем, стаи уставших водоплавающих садилась на него, чтобы уже никогда не взлететь.

— Природные битумы обладают прекрасными консервирующими свойствами. При разработке асфальтового озера в Калифорнии был обнаружен прекрасно сохранившийся кипарисовый ствол, попавший в озеро 25 тыс. лет назад.

— Теплота сгорания нефти была по-настоящему оценена не более 100 лет назад, когда вместо угля в топках паровых котлов стал применяться мазут. Сначала он нашел применение как топливо у речных судов. Когда же пароход «Баку стандарт», совершавший рейс Батуми—Руан, истратил вместо 1280 т угля 640 т мазута, то на жидкое горючее стали переходить и другие корабли дальнего плавания.

— Нефть не способна растворяться в воде в обычных условиях. Но, как показали опыты советского ученого Ю. И. Филяса, разные виды нефтяных углеводородов способны растворяться в воде в определенном диапазоне температур и давлений. Практическое освоение результатов лабораторных исследований по растворению нефти в воде сулит нам в дальнейшем не только полное освоение открываемых месторождений нефти, но и второе рождение старых, брошенных.

— Как прежде, так и сегодня для промышленности нефть представляет собой интерес лишь как источник углеводородов.

Гетероатомные органические соединения нефти не нашли широкого применения в практике.

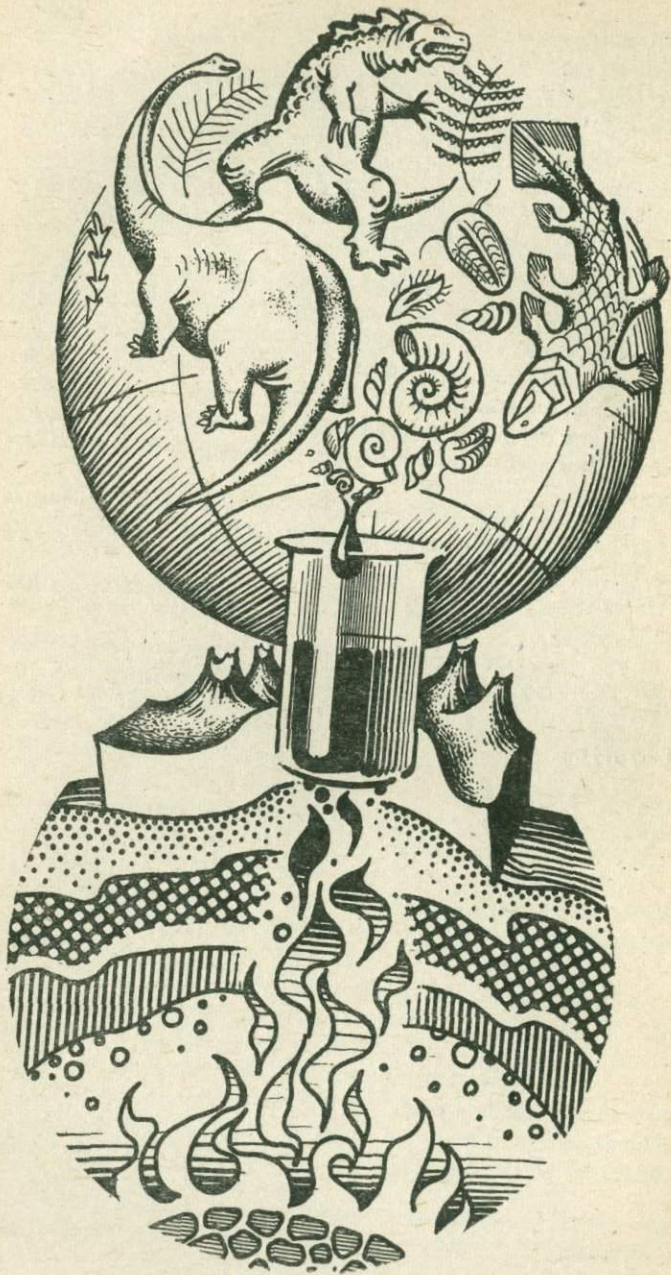
— Одно, два или несколько общих свойств разных углеводородов нефти вовсе не говорят о том, что и другие свойства будут общими. Примером тому служат бензины с одинаковой массой, одинаковой температурой кипения и даже одинаковым молекулярным составом. В бензобаке автомобиля они поведут себя по-разному: одни будут работать нормально, другие — детонировать.

— Детонация, т. е. скачкообразное увеличение скорости сгорания топлива в рабочей камере двигателей внутреннего сгорания, — явление, еще до конца не изученное. Оно привело к созданию классификации бензинов, в основу которой положено так называемое октановое число: единица измерения детонационной стойкости горючего, численно равная процентному содержанию изооктана в его смеси с другим углеводородом — нормальным гептаном.

— Бензол в природе встречается в виде трех различных веществ в зависимости от пространственного расположения атомов углерода в бензольной молекуле.

— Нефти Ставропольского месторождения содержат до 20—25% парафина.

— Газ северных месторождений ФРГ содержит очень много ртути (до 410 мг/м^3). Поскольку его сжигается за год до 20 млрд. м^3 , то в атмосферу ежегодно попадает от 400 до 600 кг ртути.



ОТКУДА ВЗЯЛАСЬ НЕФТЬ

Нефтяные частицы разбросаны по всему земному шару, то рассеянные мельчайшими каплями, то собранные в многомиллионотонные залежи. Где же родилась нефть, где та кузница, в которой выковывались углеводородные метановые цепочки, нафтеновые и бензолные кольца?

История сохранила некоторые довольно забавные и нелепые рассуждения по этому поводу. Известный геолог прошлого века Ганс Гёфер с улыбкой рассказывал об одном варшавском канонике: «Святой отец представлял себе землю в раю настолько плодородной, что в ней кусками попадались жировые примеси... Потом они были подняты солнцем на воздух, отчасти погрузились в землю, смешиваясь с различными веществами, и окончательно превратились в нефть после всемирного потопа».

Впервые научно обоснованную точку зрения, ставшую впоследствии гипотезой, высказал М. В. Ломоносов. По его представлениям, нефть, как и уголь, образовалась из остатков растений. Эти полезные ископаемые получились разными потому, что условия образования каждого из них были различными.

Спустя век известный французский химик М. Бертло предположил иное: нефть образовалась в глубоких зонах земной коры из минеральных веществ. В 1877—1888 гг. были проделаны опыты для проверки его предположений. На чугун с 4%-ным содержанием углерода воздействовали соляной и серной кислотой. В итоге были получены водород и смесь углеводородов, имеющих запах нефти. В других опытах брали не чугун, а железистый марганец и действовали на него не кислотами, а горячей водой при 100—300°C. И здесь получалась нефтеподобная смесь углеводородов. Химики П. Сабатье и Ж. Сандэран брали для опытов уже не металл, а смесь ацетилена с водородом и нагревали ее в присутствии никеля. И у них получалось вещество, богатое ароматическими углеводородами.

На основании подобных экспериментов Д. И. Менделеев создал карбидную гипотезу происхождения

нефти. По его представлениям, поверхностная вода проникает в глубь Земли и реагирует там с карбидами металлов. Затем образовавшиеся углеводороды поднимаются вверх, где конденсируются в порах и пустотах пород, образуя залежи. Свои предположения Д. И. Менделеев основывал на том, что в глубоких недрах должны быть вещества, имеющие плотность выше средней, и что это должны быть металлы, в основном железо. В подтверждение он ссылался на состав метеоритов, полностью состоящих из углеродистого железа или содержащих его в виде включений. Допуская, что при реакции карбидов с водой образуются неопредельные углеводороды, он указывал, что в присутствии водорода и при огромных давлениях в недрах эти углеводороды перейдут в предельные, с замкнутой водородной оболочкой.

Однако другие открытия и эксперименты второй половины прошлого века порождали все новые гипотезы происхождения нефти. «Родителем» нефти объявляли битуминозный горючий сланец. Из него в то время в Шотландии добывался путем сухой перегонки керосин. Подтверждение этой идеи увидели в Пенсильвании — первом нефтедобывающем районе Америки. Здесь буровыми скважинами ниже нефтяных пластов были вскрыты черные битуминозные сланцы. Вот, казалось бы, отыскалась простая и наглядная отгадка — легкая нефть отжималась из сланцев и заполняла пустоты в вышележащих породах. Но находки нефти в породах, где сланцев не было ни выше, ни ниже этих пород, заставили ученых искать иные источники, порождающие нефть.

Химик К. Энглер, осуществивший перегонку китового жира в 1888 г. и получивший в результате нафтеновые и ароматические углеводороды и твердый парафин, и геолог Г. Гёффер создают гипотезу животного происхождения нефти, по которой черное золото образуется из жиров погибших водных животных, а растения дают нефти воски и смолы.

Гибель больших масс водной фауны, необходимая, по их мнению, для образования нефти в достаточных количествах, действительно может происходить в природе. Во время осенних и зимних штормов в залив Кара-Богаз-Гол из Каспия загоняются целые стада рыбы, которая гибнет в гигантской чаше залива, где

вода представляет собой концентрированный рассол. Буровые скважины вскрывали отдельные прослойки, сплошь состоящие из погибшей рыбы.

Русский геолог В. Д. Соколов, учтя находки битумов в метеоритах и наличие углеводов в хвостах некоторых комет, предложил в 1892 г. космическую гипотезу возникновения нефтяных углеводов в коре нашей планеты. По его мнению, углеводороды находились в составе газовой фазы допланетного облака. По мере ее охлаждения углеводороды растворялись в жидкой магме и после образования твердой земной оболочки поднимались по трещинам в осадочные породы.

Канадский геолог Е. Кост, изучая вулканы, пришел к выводу, что нефть и газ — вулканические продукты, поднявшиеся по трещинам во время затишья активной жизни вулканов.

Профессор Екатеринбургского горного института Э. Штебер также полагал, что нефть образуется с помощью вулканов, только не обычных, а грязевых. Он писал, что углеводородные газы образуются при взаимодействии угарного и углекислого газов с водородом. Его идея впоследствии была использована для промышленного получения искусственного бензина.

Предметом исследований академика Н. Д. Зелинского стал сапропель—донный ил оз. Балхаш. В 1919 г. путем перегонки из этого сапропеля была получена искусственная нефть. Она содержала бензин, керосин и тяжелые масла, в составе которых были найдены все типы нефтяных углеводов.

И вновь взгляды ученых обратились к растительному миру Земли как к наиболее вероятному материнскому веществу нефти. По одной из гипотез захороненные растения, перекрытые слоями наносов и опущенные на глубину в результате подвижек земной коры, подвергаются воздействию повышенной температуры. Тут-то и начинается перегонка вещества растений и в присутствии перегретого пара возникает нефть. Другая гипотеза предполагает рождение нефти из наземных растений, захороненных в болотах, дельтах рек и прибрежных лагунах, в результате сухой перегонки. Провозвестником этих гипотез следует считать М. В. Ломоносова, писавшего, что нефть

«приготавливается из торфа и каменного угля действием подземного жара, и, если он слабый, то она получается светлая, а если сильный — то густая и черная».

По гипотезе известного ученого-нефтяника К. П. Калицкого, нефть образовалась из морского растения зостера, покрывающего широкие пространства на дне Каспия и других морей. Растет оно на песчаных грунтах и образует крупные скопления на мелководье. По этой гипотезе, нефть не покидает место своего образования, и, таким образом, слово «месторождение», по К. П. Калицкому, имеет буквальный смысл.

Другие исследователи также считали, что прародителем нефти был морской растительный мир, только вот сырьем для нее послужили диатомовые водоросли — микроскопические растения, жившие в земных морях во все геологические времена.

Весьма любопытна космическая гипотеза В. Б. Порфирьева, изложенная им в 1957 г. По ней первооснова нефти — водород, захваченный Землей при остывании и формировании ее как планеты из первичной газовой материи. Струи водорода и сейчас проникают из глубин на поверхность по глубинным разломам земной коры. Основные запасы первичного водорода уже истрачены из-за этой непрерывной диффузии и потерь в межзвездное пространство. На больших глубинах невозможно существование вещества в молекулярных формах. Разломы — пути миграции не готовой нефти, а ее исходных веществ, среди которых основное — метан. Нефтяные углеводороды образовались на путях вертикальной миграции активного водорода, вступающего в реакцию с углеродом при прохождении слоя жидкой магмы. В подтверждение схемы В. Б. Порфирьев привел предположение английского астронома Хойла, утверждавшего, что поверхность планеты Венера покрыта океаном жидких углеводородов.

Полеты советских и американских космических станций к Венере опровергли существование на ней океанов нефти. Хотя приборы и обнаружили метан в атмосфере, но не в таких огромных количествах, как предполагалось ранее. Однако нельзя сказать, что космическая гипотеза опровергнута. Некоторые уче-

ные и сейчас считают, что углеводороды входят в состав межпланетной материи.

А вот еще одна идея, родившаяся совсем недавно в связи с «новой глобальной тектоникой», или тектоникой плит. Согласно ее положениям литосфера состоит из нескольких крупных плит, которые пребывают в постоянном движении. Океаническая плита «ныряет» под континентальную и уходит на глубину, местами до 700 км. Американский ученый Х. Д. Хедберг предлагает следующий механизм образования нефти и газа: богатые органическим веществом отложения материковых склонов увлекаются на большие глубины под кромку континента. Там вода и нефть уже в виде паров оказываются выжатыми из пород в условиях высоких температур и давлений, а затем поднимаются к поверхности, заполняя по пути встречающиеся ловушки. Единственное слабое место гипотезы, как отмечает ее автор, это то, что в местах, непосредственно примыкающих к этим провалам или воронкам, никаких крупных концентраций нефти до сих пор не обнаружено.

Если мы внимательно рассмотрим все точки зрения на родословную нефти, то окажется, что их можно разбить на две основные группы. В первой — гипотезы органического происхождения нефти, во второй — минерального (абиогенного).

Идея об органическом происхождении нефти, выдвинутая в прошлом веке французским ученым Потонье, была коренным образом переработана создателем отечественной нефтяной геологии академиком И. М. Губкиным. Его взгляды продолжают развивать многие советские и зарубежные ученые: Н. Б. Вассович, М. Ф. Двали, С. Г. Неручев, В. А. Соколов, Филиппи, Тиссо, Пеле и другие.

Различные варианты гипотезы абиогенного образования нефти разработаны советскими учеными П. Н. Кропоткиным, Н. А. Кудрявцевым, В. Б. Порфирьевым, Э. Б. Чекалюком, В. Ф. Линецким и другими. Особо следует отметить заслуги Николая Александровича Кудрявцева. В течение многих лет он практически один неустанно собирал и обобщал разнообразный геологический материал в развитие идеи глубинного происхождения нефти. Он прекрасно понимал большое практическое и теоретическое значе-

ние этого вопроса. Н. А. Кудрявцев писал: «Правильное его решение (вопроса о происхождении нефти), несомненно, окажет существенное влияние на смежные дисциплины прикладной геологии — на учение о рудах тяжелых металлов, учение о подземных рассолах и ископаемых солях, с которыми нефть близко соприкасается, находясь с ними в тесном парагенезисе».

И еще: «Нефть или продукты ее превращения могли явиться не только материалом для возникновения первичных форм органического вещества, но и той пищей, без которой оно не может существовать. С признанием абиогенного происхождения нефти гипотеза А. И. Опарина о возникновении жизни приобретает прочный фундамент и преимущества перед другими гипотезами».

В споре сторонников противоположных гипотез не просто решается вопрос, где же родилась нефть, но и выясняются причины, заставляющие нефть двигаться внутри земной коры, причины, из-за которых она формируется в месторождения, а это в свою очередь должно определить, где и как искать ее скопления. Поэтому давайте поближе познакомимся с этими точками зрения.

Гипотеза № 1

Как рисуют картину образования нефти ученые-органики? Многочисленные растения и животные, обитающие в морях и океанах, а также в реках, озерах и болотах, погибнув, подвергаются воздействию бактерий. Все остатки — и те, что бактерии не успели усвоить, и те, что вообще не усваиваются бактериями, — оседают на дно вместе с самими бактериями и минеральными частицами. Накопление осадка происходит медленно, особенно вдали от берегов, на больших глубинах. Если на мелководье в дельтах рек осадок за год образует слой толщиной 1—2 см, то в океане и за 1000 лет накапливается всего 1—2 мм.

За длительное время пребывания органического вещества на дне уже другие бактерии успевают еще больше разложить органическое вещество самого верхнего слоя осадка. Так происходит первая стадия природной переработки органики: биохимическое пре-

образование в водной среде. На верхний слой осадка накладывается следующий и т. д. В результате первый слой оказывается погребенным, и на некоторой глубине, где биохимические процессы затухают, начинают преобладать чисто химические реакции, сначала с участием внешнего кислорода, потом лишь за счет внутренних ресурсов органического вещества. Интенсивность их нарастает по мере увеличения глубины, а с нею давления и главное температуры. Процесс образования нефти из органического вещества ускоряется катализаторами, например некоторыми глинами.

Как показывают лабораторные опыты, химические превращения органического вещества с образованием нефти наиболее быстро протекают при 100—200°C. Такие температуры существуют в разных районах на глубинах 4—6 км. Однако сторонники биогенной гипотезы допускают, что нужные химические реакции могут идти и на глубине в 2—3 раза меньшей, где температура невелика — всего 40—60°C. По их мнению, длительное воздействие на органическое вещество столь низких температур в течение многих миллионов лет приводит к тому же результату.

Другими словами, предполагается, что существует пока еще точно не установленная минимальная температура, воздействие которой на органическое вещество в течение геологического времени приводит к образованию нефти. Если же температура ниже этого минимума, то нефть образоваться не сможет. Например, в кембрийских глинах под Ленинградом есть небольшое количество органического вещества, в том числе и рассеянные углеводороды, но это далеко еще не нефть. Причина в том, что глины, о которых идет речь, никогда не испытывали на себе воздействия нужных для нефтеобразования температур. Примерно так же варится яйцо всмятку: при 100°C его нужно варить 3 мин, при 90° — уже 5, при 80° — 10, а при 20° оно попросту протухнет.

По Н. Б. Вассоевичу, наиболее благоприятны для нефтеобразования давления 150—450 кгс/см² и температуры 60—150°C, которые существуют на глубинах 1,5—5 км. Именно на этих глубинах происходит так называемая главная фаза нефтеобразования.

Какие же породы наиболее благоприятны для накопления и превращения органического вещества?

Какие из них можно назвать нефтепроизводящими? Раньше таковыми признавались только глины, образовавшиеся на дне морей. Теперь диапазон нефтепроизводящих пород значительно расширился. Ими считаются породы как морского, так и континентального происхождения. К последним относятся, конечно, не пески пустынь или лёссы, а осадки, выпадавшие на дно континентальных водоемов. Такими нефтепроизводящими породами могут быть и глины, и известняки, и даже пески. И если раньше в этом плане особенно сомнительными были известняки, то теперь некоторые исследователи считают их даже лучшими производителями нефти, нежели глины. Ведь карбонатные илы откладываются при очень слабом движении воды, с малым привнесом кислорода, что способствует лучшему сохранению органического вещества в осадке. Карбонатный ил быстро твердеет, и органическое вещество в нем консервируется. Правда, в карбонатных породах нет или очень мало катализаторов, но ведь катализаторы лишь убыстряют реакцию. С погружением пород пористость и проницаемость глин при уплотнении уменьшаются, а у известняков — увеличиваются, за счет образующихся трещин. В кавернах и трещинах карбонатных пород есть следы нефти, а если пустоты достаточно велики, то в них встречаются разного размера промышленные месторождения, в том числе и весьма крупные.

Из чего же состоит органическое вещество, превращающееся в нефть?

В случае морских растений прежде всего из углеводов, затем из белков и, наконец, из липидов, т. е. жиров. В бактериях белка больше — до 80%. Белки органического вещества легко разлагаются еще в поверхностных слоях осадка. Они же — основная пища бактерий. При этом образуются углекислота, аммоний, сероводород, азот, метан. Углеводы также нестабильны в геохимическом отношении. В результате их распада получают альдегиды, спирты, органические кислоты, опять же углекислый газ, метан, вода и т. д. Относительно устойчивы нейтральные аминокислоты входящие в состав белка. Еще больше сопротивляются всяческим реакциям липиды, состоящие из длинных углеводородных цепей.

Помимо того, органическое вещество содержит много кислорода — до 30% своего объема. Кислород активно реагирует с углеродом, водородом и другими элементами. Отщепление кислорода и соответственно образование углеводородов являются непрерывными процессами, усиливающимися с погружением органического вещества в земные недра при нарастающей температуре. Заканчивается этот процесс образованием метана, антрацита и графита. Образование нефти, таким образом, — процесс второстепенный, побочный. Побочный, но неперенный.

Находимые в осадочных породах рассеянные углеводороды еще не представляют собой нефти. Их называют «микронептью» или «протонептью». По химическому составу они отличны от собственно нефти. Отсутствуют легкие компоненты, а более тяжелая часть имеет далеко не все углеводородные ряды. Гипотеза органического образования нефти предполагает, что эти рассеянные углеводороды способны перемещаться в толще пород, испытывая по пути дальнейшие химические изменения, и скапливаться в разного рода ловушках, образуя залежи, где они и обретают все черты, свойственные настоящей нефти.

Гибель массы органики — биохимическое ее превращение — погружение в глубь недр — химическое превращение в условиях высоких температур, давлений и в присутствии катализаторов в микронепть — концентрация микронепти в скопления с окончательным превращением в промышленную нефть — такова грубая схема образования нефти биогенным путем. Сторонники этой схемы подсчитали, что в осадочных породах нашей планеты в составе рассеянного органического вещества содержится около 60—80 тыс. млрд. т углеводородов. Это более чем в 100 раз превышает известные сегодня запасы нефти.

Способность такой массы рассеянных углеводородов образовывать скопления промышленной нефти не вызывает сомнений у сторонников этой гипотезы. Однако их противники сомневаются в этом. Но какую же схему образования нефти они предлагают? Где они видят тот источник нефти, которая заполнила подземные кладовые в Сахаре, под дном Персидского залива и Северного моря?

Гипотеза № 2

Сторонники abiогенного происхождения нефти предполагают, что нефть образуется на недостижимых для человека глубинах. Схема возникновения нефти, по словам одного из основателей abiогенной школы геологов-нефтяников Н. А. Кудрявцева, такова: «В условиях высокой температуры в мантии Земли из углерода и водорода образуются углеводородные радикалы CH_2 и CH_3 , которые вследствие перепада давлений перемещаются по веществу мантии в зоны глубинных разломов земной коры, а уже по ним — ближе к поверхности. В менее нагретых участках они соединяются друг с другом и водородом, образуя самые различные углеводороды. К ним присоединяются другие углеводороды, образующиеся из CO и H_2 по реакциям, используемым в промышленности для получения искусственного бензина, а также из карбидов различных металлов и воды по реакциям, указанным М. Бертоло, Д. И. Менделеевым и П. Сабатье. Разнообразие реакций обеспечивает и чрезвычайное разнообразие образующихся углеводородов, смесь которых в основном и составляет природную нефть.

Дальнейшее движение углеводородных газов и нефти приводит их на поверхность Земли или в ловушки, возникающие в осадочных породах, а иногда и в кристаллических породах на границе с ними. Передвижение (миграция) происходит по заполненным водой трещинам и вызвано огромным перепадом давлений между местами образования нефти и осадочной толщей, а также разностью в плотности воды и нефти».

Источниками углерода и водорода могут быть вода и углекислый газ. Для этого имеются все условия на глубинах 150 км, где давления достигают $50\,000 \text{ кгс/см}^2$, а температура превышает 1800°C . По данным Е. К. Мархинина, в 1 м^3 вещества верхней мантии Земли (слое, лежащем ниже твердой оболочки) содержится около 180 кг воды и 15 кг углекислого газа. Для отщепления кислорода в мантии должна быть восстановительная среда, которая образуется благодаря присутствию закисных соединений

металлов. Таких соединений в вулканических породах 8—12, иногда до 20%.

Вещество в мантии находится в основном в двух фазах: газовой и твердоподобной. Газовая фаза состоит преимущественно из воды.

Летучие вещества постепенно накапливаются в этой среде. При этом давление газовой фазы повышается за счет подтока вещества снизу. После того как давление превысит сопротивление вышележащих слоев, происходит прорыв вещества мантии. Вместе с глубинной водой выносятся и растворенные в ней вещества, которые в процессе охлаждения образуют месторождения различных полезных ископаемых в приповерхностных зонах, в том числе и месторождения нефти.

После разрядки вновь продолжается накопление газовой фазы, в основном воды. По оценке вулканологов, объем воды в морях и океанах составляет всего несколько процентов от запасов воды в мантии. Образование нефти будет происходить до тех пор, пока в недрах есть вода, углекислота и восстановители (в основном закись железа).

О том, что в недрах нашей планеты имеются исходные вещества для образования углеводородов, свидетельствуют данные о первоначальном составе вещества, послужившего материалом для возникновения планет Солнечной системы, и о процессах его постепенного преобразования в ходе эволюции Вселенной.

Водород, кислород и углерод достаточно широко распространены во Вселенной. Первое место занимает водород. Он преобладает в межзвездном веществе, в составе Галактики, Солнца, планет-гигантов. Общеизвестно, что водород послужил исходным материалом для образования Вселенной и является главным компонентом ее первичного вещества. Атомы водорода возникали на самой ранней стадии существования Вселенной, когда ее температура снизилась до 3000—4000°С, а плотность вещества составляла примерно 10^{-20} г/см³. С течением времени происходило усложнение вещества. Во внутренних частях звезд в результате ядерных реакций из водорода образовывался гелий. Гелий в процессе эволюции превращался в углерод, который, присоединяя атомы того же

гелия, мог дать начало атомам кислорода. Более тяжелые элементы образовывались при вспышках сверхновых звезд. Содержание углерода и кислорода на 3 порядка ниже, чем водорода. Наблюдаемая с Земли часть Вселенной состоит из газообразного вещества, в составе которого содержатся атомы простейших элементов и молекулы некоторых соединений углерода. Массу комет составляют сгоревшие частицы воды, метана, аммиака и углекислоты, а в их хвостах присутствуют в основном соединения кислорода с углеродом.

В соответствии с гипотезой О. Ю. Шмидта, газопылевое облако, из которого возникли планеты Солнечной системы, включало в себя не только простые элементы, но и воду, метан, углекислоту и более сложные углеводороды. Моделируя условия атмосферы нашей планеты, какими они предположительно были миллиарды лет назад, американские ученые получили из газовой метаново-водородной среды, насыщая ее электрическими разрядами, аналогичными грозовым, сложнейшие углеводородные соединения, среди которых были даже нуклеиновые кислоты.

Интересны опыты по пиролизу метана, при которых в присутствии воды и аммиака были получены десятки органических веществ: от легких углеводородов до металло-порфириновых комплексов. Метановые струи широко развиты в кристаллических породах. Общеизвестно, что на глубинах более 4500 м в основном встречаются газовые месторождения, а не нефтяные, что наводит на мысль об усложнении углеводородов в верхних слоях литосферы при небольших температурах и давлениях. Поэтому опыты по пиролизу метана требуют к себе пристального внимания.

Сторонники гипотезы органического происхождения нефти сомневаются в возможности притока углеводородов в осадочные толщи Земли сквозь кору из мантии по разломам и другим ослабленным зонам, а также образования и существования в верхней мантии углеводородных соединений. Глубинные реакции синтеза, по мнению многих исследователей, не обоснованы термодинамически. Представители противоположной точки зрения подвергают сомнению способность рассеянного органического вещества скап-

ливаться в месторождения, превращаться в сложные соединения при сравнительно малых температурах и давлениях.

Попробуем взглянуть на проблему генезиса нефти в двух планах: химическом и геологическом.

Химически органическое происхождение нефти доказывается наличием одних и тех же веществ как в органическом веществе, рассеянном в породах, так и в нефти. До недавнего времени бесспорным подтверждением родства нефти и органического мира служили порфирины и другие соединения, получившие название «реликтовых», как бы пришедших в нефть из «материнского» органического вещества, а также факт оптической активности нефти — несомненного свойства живой материи.

Но в настоящее время многие из подобных соединений установлены в продуктах абиогенного синтеза. При этом синтезе получается значительное количество твердых парафинов, такое же как в отдельных типах нефтей. Объяснить такую долю парафина в нефтях разложением органического вещества невозможно. Таким образом, как это иногда бывает в науке, новые открытия не проясняют проблему, а ставят новые преграды на пути познания. Можно поэтому сказать, что химический состав нефти не дает ответа на вопрос о ее происхождении.

Анализ геологических условий распределения нефти в земной коре тоже не проясняет вопроса. Огромное большинство месторождений сосредоточено в толще осадочных пород, в кристаллических же обнаружены только следы и редкие промышленные скопления нефти. Казалось бы, такое распределение говорит в пользу «органической» гипотезы. Но почему тогда, спрашивают сторонники неорганической гипотезы, месторождения нефти очень часто находятся в зонах глубинных разломов, т. е. там, где твердая земная скорлупа приоткрывается, как крышка кастрюли, над глубинным огнедышащим варевом? Почему вулканическая сера встречается вместе с нефтью? Почему, наконец, и сама нефть встречается в кристаллических породах, которые никак не попадали в круговорот жизни? Таких «почему» много.

Однако сторонники полярных точек зрения на происхождение нефти по некоторым вопросам едины.

И те и другие признают вторичность открываемых промышленных скоплений нефти и газа. Зато вопрос о том, как они туда попадают, моментально проводит водораздел между различными группами ученых. Для сторонников глубинного происхождения промышленных скоплений углеводородов эта проблема решается сравнительно просто. Углеводороды движутся (мигрируют) снизу вверх по системам трещин и разломов, а также (на небольшие расстояния) горизонтально в направлении ловушек по пластам-коллекторам в виде отдельных струй (струйная миграция).

В биогенной гипотезе картина миграции выглядит значительно более сложной. Вначале отжатые из материнской породы (нефтематеринской свиты) рассеянные флюиды нефти и газа должны попасть в проницаемый пласт или трещинные зоны (так называемая первичная миграция), затем двигаться по ним к ловушкам (вторичная миграция). Но в каком виде? По этому поводу существуют самые различные мнения. Первоначально предполагалось, что образовавшаяся в нефтепроизводящих глинах нефть при уплотнении под давлением накапливающихся над ними осадков выжимается в смежный коллектор, под влиянием сил гравитации всплывает к его кровле и затем продолжает движение в виде струй. Но потом оказалось, что в углеводороды превращается настолько малая часть захороненного органического вещества, что ее не хватает даже на то, чтобы покрыть все глинистые частицы слоем толщиной в одну молекулу. Кроме того, частицы, покрытые углеводородными молекулами, сцеплены с ними так прочно, что вновь оторвать их не может никакое давление.

Может быть, углеводороды извлекаются из нефтематеринской породы водой или газом и мигрируют в водорастворенном состоянии или в газовой фазе? Пока это неизвестно. Большинство ученых, занимающихся решением этой проблемы, склонны думать, что первичные углеводороды растворяются в воде, с помощью которой и осуществляется миграция.

При обычных условиях углеводороды очень плохо растворяются в воде. С глубиной температура и давление возрастают. Были проделаны опыты как у нас, так и за рубежом по растворению в воде метана,

этана, пропана, бутана, природного газа, индивидуальных жидких углеводородов. Для газов растворимость повышается с увеличением давления и уменьшается с повышением температуры. Для жидких углеводородов она возрастает при 220—250°C в 100—150 раз, а при 300°C — еще резче. Легче растворяются углеводороды меньшего молекулярного веса.

Интересны опыты Ю. И. Филяса (1970 г.) с дистиллированной водой и индивидуальными углеводородами (нормальный гексан, нормальный октан, нормальный декан, нормальный додекан, циклогексан и бензол). Эти углеводороды полностью (неограниченно) растворимы в воде при температуре 300—350°C и давлении 250—300 кгс/см². Метановые углеводороды растворяются в воде значительно хуже, чем нефтенные (цикланы) или ароматические.

Ю. И. Филяс проделал опыты и с нафтенами, получив такие же значения параметров полного растворения (320—340°C и 160—200 кгс/см²). Опытами было установлено, что нефть, растворенная в воде, меняет свой состав: в ней больше легких углеводородов. Но в природе дистиллированная вода не встречается, а в минерализованной воде нефти растворяются хуже. При температуре выше 350°C углеводороды нефти разрушаются, образуется заметное количество газообразных компонентов. Эти опыты показывают, что пластовые воды с температурой до 200°C — очень плохие растворители, т. е. до глубин 6—8 км роль воды как растворителя нефти не имеет существенного значения.

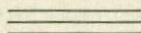
Термические условия полной взаимной растворимости воды и нефти соответствуют температуре, встречающейся на глубине 10—12 км. Но очень высокое давление на такой глубине (более 100 кгс/см²) мешает неограниченной растворимости. Для большинства нефтеносных районов этот механизм миграции непригоден. В осадочных толщах нет ни таких температур, ни таких давлений.

Миграция в газовой фазе, когда нефть растворена в газе, более вероятна. Но для этого нужно такое количество газа, которое органические остатки дать не могут.

Генеалогия нефти еще ждет своих исследователей. И данные о «предках» нефти, возможно, будут полу-

чены при развитии наук, далеких от нефтяной геологии: физики и химии высоких температур, космологии (при изучении планет, находящихся на той стадии эволюции, которую наша Земля давно прошла).

Вопрос о происхождении нефти далеко не праздный. Сейчас, когда добыча всех полезных ископаемых, в том числе и нефти, растет с каждым годом, следует тщательнее взглянуть в те сокровища, которые содержит земная кора: так ли уж их много, есть ли способ их пополнить? Ведь если задуматься, то эта кора не так уж и велика.



— Сторонником теории проникновения нефти в осадочные породы из больших глубин был крупный советский геолог А. Н. Мазарович, который в 1938 г. писал в «Основах геологии СССР»: «Нефть скапливается (месторождения Урало-Эмбинской области) главным образом в континентальных юрских песчаных отложениях, отчасти в неокме и барреме. Ее появление здесь объясняется миграцией из очень больших глубин по расколам». А вот его мнение об Апшероне: «Нефтяные месторождения приурочены главным образом к продуктивной свите (плиоцен), представляющей великолепный коллектор для углеводородов, поднявшихся снизу по линиям разнообразных расколов. В связи с этим мы имеем грандиозные залежи нефти...»

— Сторонники органического происхождения нефти ссылаются на факты быстрого размножения морских микроорганизмов. Вот некоторые из них: дважды в году в бухте Уэйл на западном побережье Африки цветение планктона (так называют его быстрое размножение) сопровождается выделением ядовитого вещества, которое убивает всю рыбу в этой зоне. Мертвая органика оседает на дно и образует в бескислородной среде сапрпель, из которого при дальнейшем уплотнении формируются горючие сланцы. С сентября по декабрь вода Азовского моря приобретает темно-коричневую окраску, гладкую поверхность и болотный запах благодаря массовому цветению (размножению) диатомовой водоросли «ризосления». Такие же водоросли образуют большие «масляные пятна» в августе и сентябре по западному побережью Японии.

— Зимой на поверхности лагунных вод области Куронг в Южной Австралии носится зеленовато-серая пена, образованная водорослями. Весной и летом она сдувается ветром на берег.

После испарения воды пена превращается в темно-коричневый упругий покров — куронгит. Его состав: вода 0,96%, углерод 65,73%, водород 11,63%, кислород и другие элементы 21,68%. Когда куронгит высыхает, он перекрывается осадками следующего года. Отложения, подобные куронгиту, известны в Туркестане, где они находятся в 20 км от ближайшего водоема, погребены песками и достигают мощности 12 м.

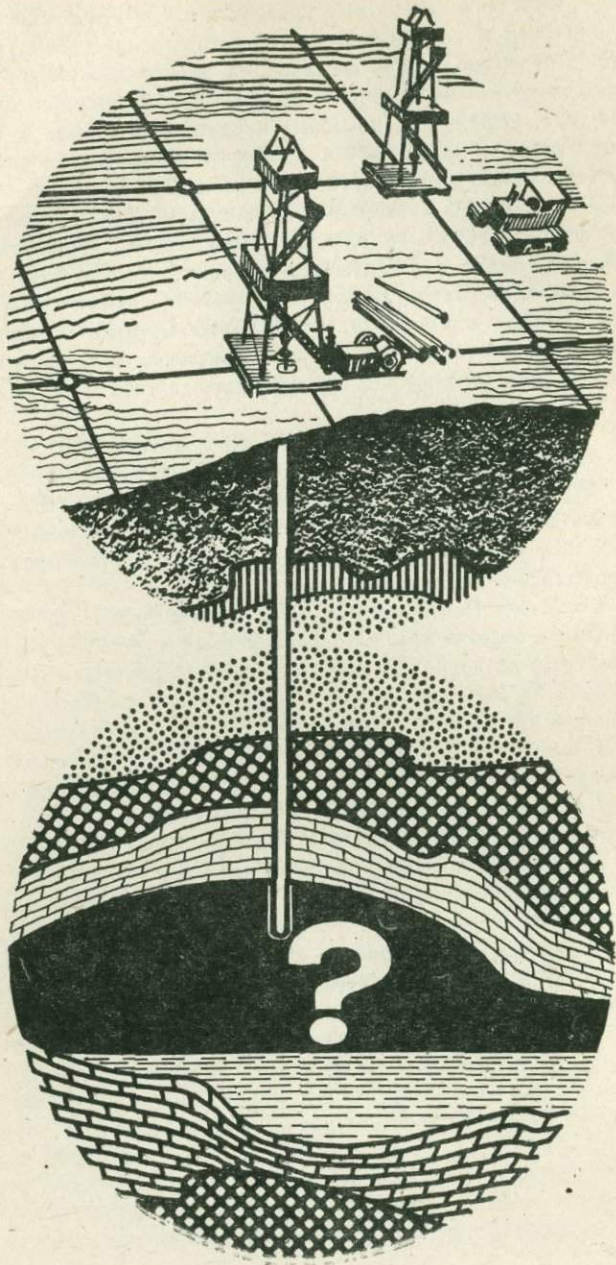
— Хотя И. М. Губкин был сторонником органического происхождения нефти, он писал о возможности промышленных скоплений нефти в изверженных породах: «Для того, чтобы образовалась нефтяная залежь, необходимо наличие в недрах земных прежде всего пород, содержащих пустоты — пористые породы, будь то пески, песчаники, известняки и т. п., которые могли бы, как исполинская губка, впитать в себя — в свои пустоты — нефть...»

И. М. Губкин отмечал еще в 1932 г. присутствие нефти и твердых битумов в трещинах базальтов на богатых месторождениях Фурберо и Тампико в Мексике, а также в США — в пористых базальтах штата Орегон, в пузырьчатых валунах штата Колорадо и в Канаде — в траппах, базальтах и пустотах вулканических трубок провинции Квебек.

— В штате Вайоминг (США) в течение ряда лет жители собирали на топливо асфальт, обнаруженный в гранитах и других кристаллических породах в Медных годах. Нефть здесь занимает трещины и пустоты до глубины 600 м. Асфальт и тяжелая нефть добывались не только с поверхности, для их добычи закладывались также шахты и штольни. И. М. Губкин предполагал, что углеводороды проникли в пустоты изверженных пород из облежавших гранитный купол и смытых потом осадочных толщ.

— Советский исследователь Н. Васильковский считает нефть ближайшим родственником морской воды: и та и другая образовались из остаточных ювенильных растворов, поступающих из глубин Земли.

— Близкий к нефти продукт получают в США из органического мусора в присутствии окиси углерода. После соответствующей обработки из тонны мусора извлекают до 160 л жидкости, по своим свойствам напоминающей сырую нефть.



ГДЕ СКРЫВАЕТСЯ НЕФТЫ!

Углеводороды, которые входят в состав нефти и газа, в рассеянном состоянии обнаруживаются в природе в самых неожиданных местах. Причем подчас даже и не пытаются скрываться, а лежат на поверхности, например бурые угли. При нагревании до 300°C из них среди других газов выделяется метан с примесью этана, пропана, бутана и пентана. Интересно, что в угольных пластах, залегающих неглубоко, метана почти нет, зато на глубине 1—2 км его бывает до 50 м³ на тонну угля. В последнее время помимо газообразных в углях найдены и жидкие углеводороды.

В осадочных породах, в тех, которые образуются на земной поверхности под действием солнца, воды и ветра, а также в тех, которые, по сути дела, слагаются остатками морских организмов с известковистыми или кремнистыми скелетами, находят углеводороды (до 0,012%). Даже в современных илах есть такие же углеводороды, как в нефти. Доля их ничтожна, но все-таки это нечто «нефтяное». Они присутствуют в илах болот, озер, прудов, морей и океанов.

Иногда эти вездесущие составные части нефти можно обнаружить по запаху, например по одному из самых приятных: розовое масло, как и эфирные масла других растений, обязано своим ароматом таким углеводородам, как винилбензол, метилизопропилбензол и многим другим труднопроизносимым соединениям.

Соединения метанового ряда выделены из пчелиного воска. Метаново-нафтенновые углеводороды обнаружены в рыбах и устрицах. И даже в таких крошечных существах, как бактерии, в их клеточной структуре имеются углеводороды, представляющие все группы нефтей. Правда, в живом веществе углеводородные молекулы тяжелые, имеют не меньше 14 атомов углерода, тогда как нефть наполовину состоит из более легких компонентов.

А как дела обстоят там, где органической жизни не было? Для выяснения этого обратимся к извер-

женным вулканическим породам и веществам, которые попадают к нам из космоса. Анализы показывают, что углеводороды нефтяного типа обнаруживаются и там. Так, в асбестовых рудниках Трансвааля и Родезии найдены нефтяные битумы (до 0,2%), имеющие в своем составе полиароматические соединения и аминокислоты. Эти рудовмещающие породы достигли преклонного возраста — им около 2 млрд. лет. В те времена жизни на Земле почти не было.

На Кольском полуострове в пегматитовых жилах среди таких же древних пород также обнаружены заполняющие трещины нефтяные битумы. В Швеции на железорудном месторождении Гренгесберг жидкие нефть и асфальт находят не только по трещинам, но и в полостях крупных кристаллов кварца. Участник XI сессии Международного геологического конгресса советский геолог П. Н. Чирвинский писал: «Я сам с таким же изумлением, как и другие геологи, разбивал большие куски кварца и вскрывал в них полости в 1—2 см и более, из которых вытекала густая нефть». Густая желтая нефть, похожая на жидкий вазелин, встречена в многочисленных пустотах в пегматитовой жиле в районе Парри-Саунд в Канаде.

В районах залегания изверженных и кристаллических пород наблюдаются по трещинам обильные струи углеводородного газа. Они сильно мешают при работах в металлических рудниках Канады и Южной Африки. В рудниках Кривого Рога на Украине газ состоит на 80% из метана с небольшой примесью тяжелых углеводородов. Встретились геологи с нефтью и при поисках алмазов. Произошло это в Восточной Сибири при бурении в кимберлитовой трубке «Удачная». В одной из скважин был получен приток тяжелой нефти, а затем скважина 5 дней фонтанировала газом.

На Землю, как известно, падают железные и каменные метеориты. Среди каменных обычны метеориты с повышенным содержанием углерода, так называемые углистые хондриты. В них еще в прошлом веке были определены озокерит и другие нефтяные битумы. Современные аналитические методы выявили в них и другие углеводороды, в том числе даже обладающие оптической активностью — свойством, которое считалось привилегией живой материи.

В составе поверхностного слоя метеоритов найдены такие аминокислоты, которые не входят в состав белков, встречающихся на Земле, и могут иметь, следовательно, лишь космическое происхождение.

Нефть в тех или иных формах найдена в породах на склонах вулканов, в водах термальных источников. Можно сказать, что она рассеяна по всей Земле. Но рассеянная нефть не представляет ценности как полезное ископаемое, капли нефти добывать никто не будет. Нефть нужна людям, когда ее много. А где же ее много? Где нефть собирается в залежи?

Подчас лихие заголовки газетных статей («Лоцман кембрийского моря», «Океан черного золота», «Шейхство на нефтяном озере» и т. п.) производят впечатление, что под нашими ногами на разных глубинах плещутся нефтяные моря, океаны и озера. Это, конечно, далеко не так, хотя, казалось бы карстовые пещеры — подземные пустоты, вызванные выщелачиванием известковых и сульфатных пород — могли бы служить для нефти прекрасными резервуарами. Дело в том, что современный карст развит в известняковых горах, в которых дождевые и талые, т. е. поверхностные, грунтовые воды пробили себе дороги к морям и озерам. Ниже зеркала грунтовых вод в Земле нет никаких пустот. Они заняты подземными водами. Нефть вынуждена вытеснять воду из мельчайших пор и трещин в породах; правда, если ей повезет, то в районах, где когда-то происходили карстовые процессы, она занимает и пустоты, вымытые водой, но это бывает очень редко. Что же помогает нефти вытеснять воду? Во-первых, как мы уже упоминали, ее меньшая плотность и, во-вторых, очень большое давление в недрах, достигающее на глубине 3—4 км 400 кгс/см² и более.

Итак, нефть легче воды, она над ней всплывает. Но чтобы получилось скопление нефти, ей необходимо поставить заслон, который бы не только перекрыл прямой путь наверх, но и исключил бы любой обходный маневр. Короче говоря, надо, чтобы нефть попала в ловушку, в пористые или трещиноватые породы, именуемые у специалистов «коллектором», потолком которой будут породы совершенно непроницаемые («покрышка»), а полом — вода.

Такое сочетание непроницаемых «покрышек» и проницаемых «коллекторов» в природе в основном известно только в осадочных породах. Эти породы знакомы каждому жителю Земли: глины, пески, песчаники, известняки, доломиты и др. Кто бывал у моря, мог видеть, как вода постоянно разрушает берег, размывает его, уносит песок и откладывает в другом месте. Где поглубже и потише, на дне отлагается ил, из которого после затвердения (литификации) образуются глины и при дальнейшем уплотнении — аргиллиты. Ближе к берегу круглые тяжелые частицы песка образуют песчаники. Захоронение известковистоскелетных организмов дает нам классический известняк. Но уровень моря не остается неизменным. Где-то тают материковые льды, где-то возникают новые провалы и океанические впадины. Море то отступает, то вновь наступает на сушу. В результате образуется слоистое чередование пород различного состава. Примерно так создавалось то здание, в котором, вытесняя воду, нефть попадала в ловушки.

А. И. Леворсен в 1954 г. писал: «Элементы нефтяной залежи очень просты, где бы ни проводилась разведка на нефть: в Америке, на Среднем или Дальнем Востоке. Это — пористая и проницаемая горная порода (порода-коллектор), содержащая нефть или газ или оба флюида вместе, запечатанная сверху непроницаемым экраном (покрышкой). Коллектор деформирован и замкнут так, что углеводороды пойманы в нем, как в ловушке».

Пласты-покрышки, без которых немислимо образование промышленных скоплений нефти и газа, формируются в основном пластичными осадочными породами, причем достаточно мощными. Пользуясь этим ориентиром, ученые-нефтяники создали довольно четкую картину распределения нефтеносных областей на земном шаре — подземных нефтяных держав.

Нефтяной путеводитель

Прежде чем отправиться в путешествие по этим державам, заглянем в некий путеводитель, который объяснит нам, где и как проходят границы нефтяных подземных держав. Границы, которые не совпадают с границами государств и поэтому иногда бывают

причиной конфликтов между державами, созданными людьми:

Путеводитель этот основан на геотектонике — науке, которая изучает формы земной коры, ее внутреннюю структуру, складки и разрывы, их происхождение и развитие. Геотектонисты оказывали и оказывают большую помощь нефтяникам, хотя и сами многому учатся на фактическом материале нефтяной геологии. С геотектонической точки зрения на поверхности нашей планеты выделяются 2 типа глобальных структур: континенты и океаны. Дно океанов отличается от континентальной суши отсутствием гранитного слоя. Прямо под толщей воды и маломощным покровом глубоководных осадков лежит базальтовый слой, под которым находится верхняя мантия Земли. Названия «гранитный» и «базальтовый» даны не по составу слоев, а просто потому, что скорости прохождения в этих слоях сейсмических волн примерно те же, что в гранитах и в базальтах. Оба этих слоя образуют твердую «скорлупу» Земли — литосферу.

В нашем нефтяном путеводителе на голубом поле океанов мы не увидим треугольников нефти и газа, поскольку возможности содержания нефти в породах океанического дна не изучены, зато о континентах сказано многое. Прежде всего, мы узнаем, что площадь континентов больше, чем мы привыкли видеть на всех географических картах. Ведь к континентам геотектонисты относят и их подводное продолжение — шельф, т. е. мелководное море вблизи берегов, где глубина не превышает 200 м. На географических картах эти районы окрашены в бледно-голубой цвет.

Но и на континентах есть такие места, как наша Карелия или южная Украина, которые у геологов-нефтяников не вызывают оптимизма. Это щиты: выходы на поверхность или близко к ней древних кристаллических толщ возрастом 1,5—2 млрд. лет, так называемые архейские толщи. Отсутствие пластичных непроницаемых пород лишает щиты способности сохранять промышленные скопления нефти и газа. Правда, в Швеции возле оз. Сильян еще в XVIII в. добывали нефть в колодцах, но сейчас подобные крошечные месторождения не имеют ценности, так как аппетиты у промышленности огромны. Но если мы обратим внимание на другие континентальные струк-

туры — платформы и подвижные пояса, то тут уже нефтью пахнет.

С некоторой долей условности можно сказать, что континентальные платформы — те же щиты, но погруженные на глубину, а потому покрытые чехлом осадочных пород, причем довольно солидным: до 10 км и более. Это древние платформы. В отличие от них молодые платформы держат осадочный чехол непосредственно на кристаллических породах, а на метаморфизованных, то есть бывших когда-то осадочными, но затем изменившихся (метаморфизовавшихся) на глубине под влиянием высоких температур и давлений, а также проявлений вулканизма. Ведь в свое время на всех платформах и щитах земная кора раскалывалась, ее породы сминались и коробились. По расколам изливались вещества верхней мантии. Происходили сильные землетрясения, из жерл вулканов извергались горы лавы, камней и выбрасывались потоки лавы. Потом Земля несколько успокоилась. Сотни миллионов лет прилежно работали ветер, вода и солнце. Горы были разрушены, ущелья заровнялись обломками. Крепкие, жесткие глыбы земной коры скрылись под уровнем Мирового океана, были залиты внутренними и окраинными морями. Так началось формирование будущих коллекторов и покрышек.

На платформах располагаются так называемые платформенные нефтегазоносные провинции, где обычный тип нефтяных ловушек — пологие поднятия значительных размеров. Но нередко ловушки образуются и в наклонно залегающих песчаных пластах, размытых в верхней части и перекрытых глинами. Иногда пласт в приподнятой части сам становится глинистым, превращаясь из коллектора в покрышку.

Естественно, что когда толщина осадочного покрова невелика, то весь он промывается просачивающимися с поверхности водами. А раз так, то нефть и газ встречаются лишь там, где толща осадков не меньше 1—1,5 км. Это не значит, что в таких районах скопления нефти не могут быть встречены на меньшей глубине. Здесь они встречаются, и нередко, но мощность осадочного чехла, отделяющего фундамент от дневной поверхности, должна быть, повторяем, не меньше 1 км. Теория до конца не объяснила это явление.

ние. Возможно, дело в разной степени уплотненности древнего осадка и в различии условий температур и давлений.

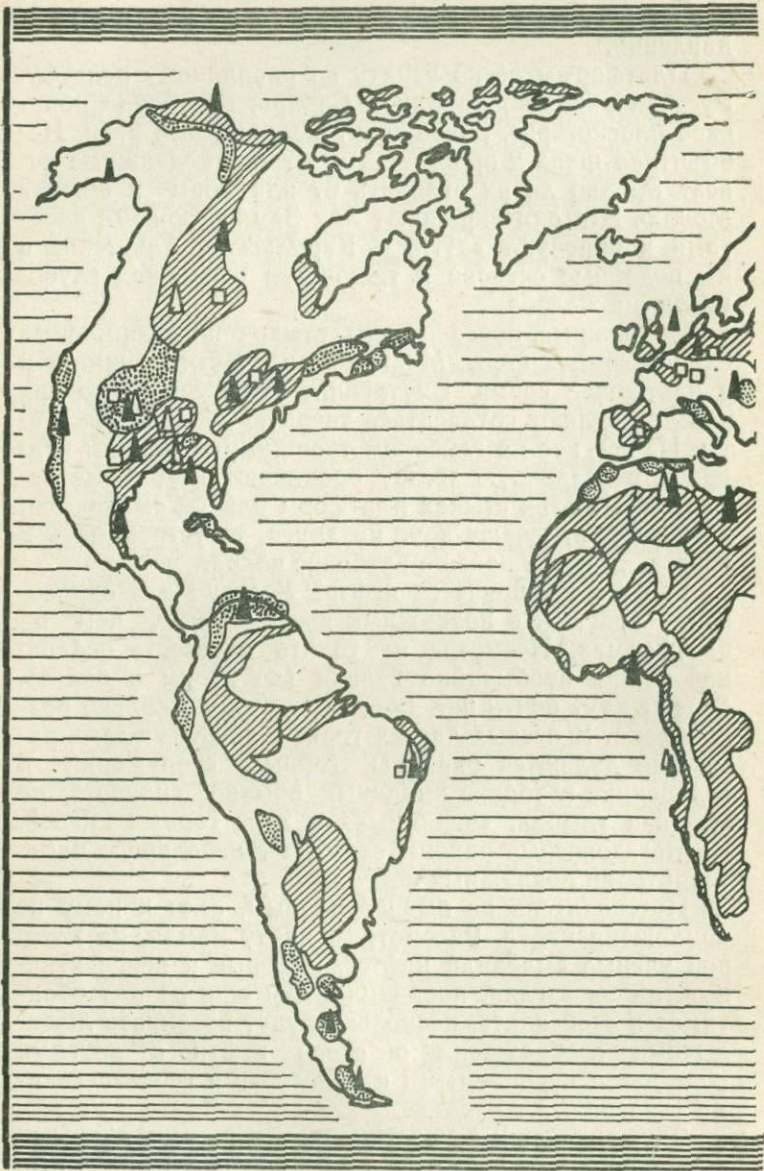
Платформы легко узнать по равнинному рельефу. Русская равнина, Западная Сибирь, Восточно-Сибирское плоскогорье. Здесь текут полноводные реки. Необъятная ширь и простор. А что такое подвижные пояса? Можно ли их отличить от платформ и щитов? Можно. Это они украшают лик Земли горными хребтами и образуют «дуги» — Курильские, Алеутские и им подобные острова и тянущиеся вдоль них глубоководные желоба.

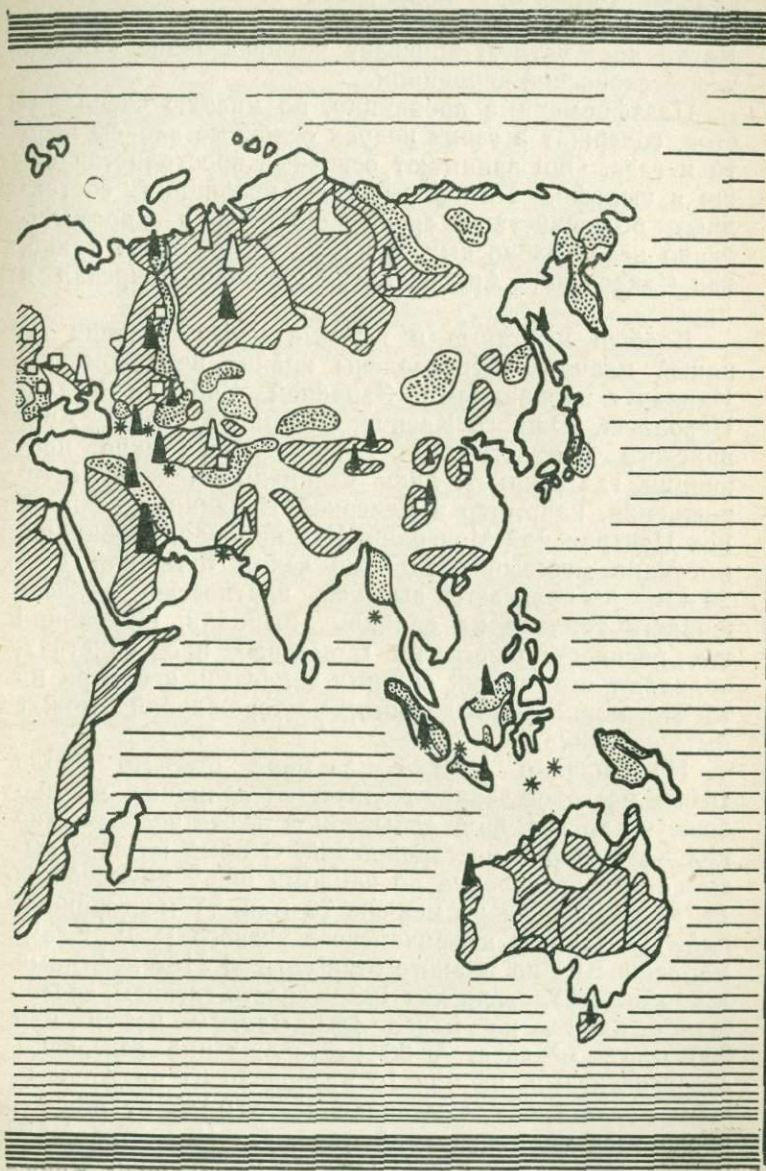
Подвижные пояса — зоны стыков платформенных блоков земной коры. Многие из них активно живут и в настоящее время. Внутренние силы Земли до сих пор заставляют сотрясаться твердую оболочку планеты. Из-под нее по глубоким трещинам и жерлам вулканов в осадочную толщу проникают глубинные вещества. На этих стыках платформ пласты сминаются, ломаются, налезает друг на друга, то устремляясь в небеса, то погружаясь в глубокие недра.

Где же тут прячется нефть? Условия для образования ловушек в подвижных поясах иные, чем на платформах. Несмотря на то что мощность осадочной толщи необычайно велика (до 20 км и более), ловушек тут почти нет, потому что толща сильно раздроблена. В осевых частях горных хребтов благоприятными являются окраины горных сооружений и внутренние глубокие впадины, обычно сидящие на жестких глыбах, «впаянных» в хаос горных цепей. Нефтегазоносные районы занимают небольшую часть территории подвижных поясов.

Путеводитель не бывает полным, если к нему не приложена карта. Рассмотрим карту Земли, на которой ученые выделили нефтегазоносные и перспективные, на их взгляд, провинции. Мы еще не раз обратимся к этой карте, поскольку будут возникать любопытные соображения о связи нефти с другими полезными ископаемыми и некоторыми геологическими явлениями.

Заштрихованные участки на карте — платформенные провинции. Они-то и есть в основном те самые подземные нефтяные державы. Куда меньшую площадь занимают пространства, усыпанные точками, —





подвижные или орогенные пояса. Но и на них нередко треугольники нефтяных и газовых месторождений. Карта дает четкую привязку и определение каждой нефтегазоносной провинции.

Платформенные провинции, по мнению специалистов, содержат в своих недрах основные запасы нефти и газа. Они занимают основные пространства суши и шельфа. Платформенные провинции составляют большинство среди достоверно промышленно нефтегазоносных, в их число попадают такие, как Сахарская, Аравийская, Западно-Сибирская и другие.

Вообще нефтяные и газовые месторождения по нашей планете распределены крайне неравномерно. Наряду с провинциями Западной Сибири, Урало-Поволжья, Южного Каспия, Северного моря, Аравийского полуострова встречаются и такие провинции, где открыты лишь единичные мелкие месторождения, например в Северной Испании, во впадинах Центральной Монголии. Как правило, провинции, имеющие мощный осадочный чехол толщиной 15—20 км, располагают высокой плотностью запасов жидкого топлива на единицу площади. Провинции же, распростершиеся на громадных пространствах, обладают огромными общими запасами, несмотря на то что мощность отдельных месторождений может быть невелика.

На начало 1972 г. в мире открыто около 16 000 месторождений. Количество солидное, но любопытно другое. 85% добываемой нефти человечество получает от 5% месторождений. Особый интерес вызывает распределение по земному шару крупнейших (т. е. с запасами не меньше 70 млн. т) месторождений. По данным американского ученого Г. Д. Клемме, сейчас их на планете открыто 266 (187 нефтяных и 79 газовых), среди них 102 — просто гиганты, содержащие каждое не менее 200 млн. т нефти или 250 млрд. м³ газа. А 36 месторождений считаются сверхгигантами, из них 19 расположены на Аравийском полуострове. Составляя всего 0,1% от общего числа всех месторождений мира, эти 19 месторождений сосредоточили в себе чуть ли не половину мировых запасов нефти, причем колоссы Гхавар и Бурган содержат в своих чревах около 20 млрд. т нефти.

Если же оценить известные сегодня запасы нефти, то большая часть их сосредоточена в 9 провинциях: Аравийской, Ирано-Иракской, Западно-Сибирской, Сахарской, провинции Мексиканского залива, Волго-Уральской, провинции Западной Арктики, Маракайбо и Средиземноморской. Запасы газа сконцентрированы еще гуще: 75% газовых запасов приходится всего на 5 провинций, расположенных в Западной Сибири, Сахаре, Аравии, Северной Европе и Средиземноморье.

Если просмотреть весь список провинций, то окажется, что геологический тип провинции не является определяющим для концентрации огромных запасов нефти и газа. Из 10 провинций с крупнейшими месторождениями 3 расположены на окраинах древних и 1 на окраине молодой платформы, еще одна занимает место на внутриплатформенной впадине молодой платформы. Шестую мы найдем в пределах глубокопогруженной окраинной впадины древней платформы, седьмую и восьмую — в аналогичных впадинах молодых платформ. И наконец, 2 последние расположены в пределах подвижных поясов. Практически представлены все известные типы провинций. Значит, количество запасов не зависит от особенностей геологии впадин. Геологическое строение осадочного покрова лишь характеризует условия залегания и сохранения этих запасов, определяет закономерности распределения скоплений нефти и газа по глубине и в пространстве.

Значит, провинции провинциями, но степень их заполнения обусловлена еще какими-то причинами. Какими же? Точного ответа на этот вопрос геологическая наука пока не дает. Одно из предположений позволяет высказать новая глобальная тектоника. По новейшим представлениям твердая скорлупа нашей планеты дрейфует по расплавленному внутреннему веществу Земли. Причем дрейфуют не континенты, на которых мы живем, а более громоздкие тектонические сооружения — плиты, включающие в себя и континенты, и часть океанов. Толщина плит около 100—150 км, в нее входят и гранитный, и базальтовый слой, и верхняя часть мантии.

На границах плит происходят землетрясения, растут горные системы, рождаются вулканы, возникают глубоководные желоба в океанах вблизи материков.

При скольжении плит относительно друг друга по горизонтали образуются многочисленные трещины, ориентированные в направлении движения, как это имеет место в Калифорнии. При встречных движениях процесс этот сопровождается извержениями вулканов и землетрясениями. Когда же края плит расходятся, они фиксируются в виде систем срединно-океанических хребтов, разделенных узкими глубокими долинами — рифтами.

Горные цепи образуются в зависимости от того, как контактируют две плиты друг с другом. Там, где одна плита «нырнула» под другую, горы — результат приподнимания плиты. Таковы Анды, Скалистые горы Америки. Не все осадки «ныряющей» плиты исчезают под другой плитой, часть их как бы «соскребается» и громоздится на краю континента. Так появились на свет Кордильеры. Когда же две плиты, несущие на себе континенты, сталкиваются, то рождаются самые высокие в мире горы, такие как Гималаи.

Эта новая гипотеза предполагает рождение, старение и смерть океанов. Океаны возникают, когда земная кора раздвигается. Эмбрионом океана можно назвать рифтовую впадину Красного моря и Аденского залива. За 100 лет станет шире примерно на 2 м Атлантический океан, на столько же уменьшится, «постареет» Тихий, или Великий.

Стыки блоков — окна, через которые «выплескивается» глубинное вещество мантии. В зонах срединно-океанических хребтов возможны находки руд хрома, титана, железа, платины, меди, полиметаллов. А пассивные, расходящиеся окраины плит богаты нефтью, газом, полиметаллами. К ним как раз тяготеют многие из самых богатейших нефтегазоносных провинций: Аравийская и Ирано-Иракская, Сахарская и Маракайбо. Приверженцы этой новой гипотезы убеждены, что именно такие глобальные движения гигантских масс земной коры создают условия для перемещения и запечатывания жидкого и газообразного топлива в подземные кладовые.

И все-таки гипотеза остается гипотезой, потому что критика в ее адрес серьезна. Например, толщина осадков, которые «соскребаются» при погружении, в желобах обычно составляет что-то около километра,

хотя по гипотезе должна бы достигать не меньше 18 км. Тепловое излучение в зонах срединных хребтов должно бы проявляться более интенсивно, чем это происходит на самом деле.

Но обратимся вновь к карте. Нефтяные и газовые месторождения практически есть везде, где имеются достаточные мощности осадочных пород, т. е. на всех континентах, кроме Антарктиды. Там, где на карте обозначена перспективная провинция, а месторождения отсутствуют, нефтепоисковые работы чаще всего еще не ведутся или только-только начаты. Так обстоят дела в джунглях Африки и в таежных пространствах Восточной Сибири. В Южной Америке провинция впадины Копакабана находится на высоте 3900 м. В Новой Зеландии месторождения открыты под толщей воды в 100 м, примерно такая же водяная толща скрывает месторождения Северного моря.

Нефтяные ориентиры

Где же все-таки искать месторождения? Нет ли каких-нибудь видимых признаков, по которым можно судить, есть в данном районе нефть или нет? Есть. Например, грязевые вулканы.

Как мы уже упоминали, в некоторых местах газ под большим давлением вырывается из недр. Газ несет с собой грязь, песок, обломки горных пород, которые оседают вокруг места выхода. Если грязевой вулкан расположен на суше, то высота конуса может достигать нескольких сотен метров.

Расположены эти вулканы в районах с очень мощными слоями глинистых отложений в толще осадочных пород, отсюда и грязь. И. М. Губкин был на вершине грязевого вулкана Лок-Бетан летом 1926 г., через полгода после сильного извержения. Он пишет: «В жерле вулкана, вокруг которого нагромождено было большое количество сопочной грязи, все время происходило выделение горящих газов и почва была настолько раскалена, что конец железной лопатки накалялся докрасна. В воздухе чувствовался запах сернистого газа, а на стенках кратера наблюдались белые нежные налеты сернистых соединений». Какое внутреннее давление, какая сила нужна, чтобы прорваться сквозь многокилометровую толщу, где одни

глины могут составлять слой в десять, а то и больше километров!

Извержения грязевых вулканов очень эффектны. Когда в 1922 г. фонтан газа при извержении вулкана Отман-Боз-Даг в Азербайджане воспламенился, то дым поднялся на 14 км. Факел грязевого вулкана Тоурагай в том же Азербайджане можно было видеть на расстоянии до 70 км. Очевидец извержения в Чедуба, расположенном в Бирме, пишет так: «...я увидел, как что-то, показавшееся мне черной тучей, но это, несомненно, было грязью, взлетело высоко над деревьями, и через минуту показалось темно-красное пламя и густой черный дым, которые как бы унеслись прямо в облака».

Самые большие в мире грязевые вулканы находятся у нас в Азербайджане. Некоторые из них вздымаются почти на 0,5 км над уровнем Каспийского моря. За один раз вулкан выплескивает 20—40 млрд. м³ газа, а это запасы среднего месторождения. Таких извержений у каждого вулкана бывает несколько тысяч. Таким образом, грязевые вулканы выбрасывают буквально на ветер триллионы кубометров газа. Обуздать такую стихию, попытаться каким-то образом перехватить и сохранить для себя столь ценное сырье человек пока не в силах, так что приходится мириться с этим и использовать грязевой вулканизм как чисто поисковый признак: ведь грязевые вулканы очень тесно связаны с нефтяными месторождениями, иногда прямо сидят на них.

Существует еще один частый попутчик нефти — каменная соль. Семьдесят лет назад канадский ученый Ю. Кост утверждал, что нефть, газ и соль образуются из одного раствора, поступающего из глубоких недр Земли. В 20—30-е годы нашего столетия, когда было открыто много месторождений, связанных с подземными мощными скоплениями соли, многие геологи стали считать чуть ли не обязательным симбиоз нефти и соли. Эта концепция способствовала успешным разведочным работам в Восточной Украине и на Сибирской платформе, но в других местах она себя не оправдала. В настоящее время геологи-нефтяники считают, что между нефтью и солью существуют родственные связи, хотя эти связи понимаются специалистами по-разному.

Но еще раз обратимся к карте. Даже беглый взгляд убеждает нас, что связь между солью и нефтью есть. На многих нефтегазоносных провинциях мы увидим белые прямоугольники соленосных бассейнов. Мощные толщи в 1 км и более имеются в разрезах осадочных чехлов Волго-Уральской провинции и Восточной Сибири, Северной Африки и Западной Канады, Среднего Востока и Арктического архипелага Америки. Так что можно сделать вывод: если нефтегазоносные провинции подвижных поясов связаны с областями современного или недавнего вулканизма — лавового или грязевого, то платформенные месторождения нефти и газа тяготеют к соленосным областям, где залегают хлориды натрия и калия.

Существует или нет прямая генетическая связь между ископаемой солью и нефтью — вопрос остается открытым, но поскольку соль распространена на огромных пространствах и является самой идеальной крышкой в ловушках нефти и газа, то она остается для геологов надежным ключом при поисках подземных нефтяных погребов. Ведь благодаря соли не так давно были открыты гигантские месторождения нефти и газа в Ливии, такие как Хасси Р'Мель.

Существуют ли какие-либо закономерности в расположении скоплений нефти и газа на разных геологических «полках», возведенных природой? Учтем при этом, что геологи оперируют такими отрезками времени, как миллионы, десятки и сотни миллионов лет. Начнем с того, что нефть и газ в промышленных количествах встречаются во всех системах фанерозоя, т. е. с начала жизни на Земле. Ведь «фанерос» в переводе с греческого значит явный, а «зоо» — жизнь. С тех пор, по мнению геологов, прошло около 570 млн. лет.

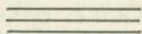
С кембрийской, самой древней «полки» люди получают около 1% мировой добычи нефти. Если вспомнить, что человечество выкачивает сейчас из недр около 2 млрд. т нефти в год, то это не так уж мало. Зато в самых молодых ловушках четвертичного возраста почти пусто.

Основная добыча нефти еще 20 лет назад велась с геологических полок, которым 25—140 млн. лет, — с кайнозойских. Из пород этого возраста извлекалось около 60% нефти, из пород палеозоя — 15%, из мезо-

зоя — 19%. Сейчас ситуация изменилась. Основными поставщиками нефти стали мезозойские породы, на втором месте — породы палеозоя. То же самое можно сказать и о предполагаемых запасах, которые, по мнению геологов, содержатся в толще осадочных пород. Примерно треть нефти накопили самые молодые породы — кайнозойские (31%). Более зрелые по возрасту мезозойские отложения содержат основную массу нефти (60%), а остаток (9%) приходится на долю «стариков» — палеозойских пород.

Впрочем, утверждения о влиянии возраста пород на распределение и состав нефти, видимо, не имеют под собой почвы. В исследованиях по этому вопросу возрастом часто подменяют другие факторы, косвенно связанные с ним, воздействие которых действительно определяет состав нефти. До недавнего времени очень запутанной представлялась картина размещения нефти и газа в Волгоградском Поволжье. Но когда распределили нефтяные, газонефтяные и газовые залежи в зависимости от пластовых температур и давлений, все встало на свои места.

Большинство месторождений в породах любого возраста открыто на глубинах до 3000 м. Объяснений здесь может быть два: или залежи действительно преобладают на этих глубинах или просто большие глубины плохо изучены. Скорее всего, правильно второе объяснение. Сейчас бурение достигло почти 10-километровой глубины. Но это пока единичные скважины. В недалеком будущем их станет больше, и неизвестно, какие подарки приготовила нам природа там, куда доберется буровое долото.



— Месторождение асфальта (битума) в Восточной Сибири было открыто Устьянской экспедицией в 1820 г. на р. Оленек. Один из участников экспедиции А. Е. Фигурин писал: «Горная смола — битум-асфальт — находится на р. Харгысонке, впадающей в р. Оленек, и в летнее время от солнечного зноя в разных местах, расплавляясь, спускается с утеса в сию реку». Содержание битумов в породе доходит до 10%.

— На Ыбынском угольном месторождении (Польша) — самом опасном в Европе из-за огромного количества метана в пластах — газ собирают в газгольдеры и по трубам транспорти-

руют для топливных нужд. К настоящему времени добыто уже более 1 млрд. м³ метана.

— На уникальном курорте Трускавце при лечении заболеваний почек, печени и т. д. используют воды нефтеносных горизонтов, в которых растворены нефтяные органические вещества, а содержание солей очень мало. На попутных нефтяных водах построены водолечебницы на месторождениях Сураханы (Азербайджан), Октябрьское (Башкирия), «Шаамбары» (Таджикистан), Ералиево на Мангышлаке (Казахстан).

— 90% всех крупных месторождений приурочено к антиклинальным ловушкам.

— 70% крупных месторождений нефти и газа расположено на платформах.

— Самый глубокозалегающий в Европе продуктивный пласт открыт на месторождении Малосса (Северная Италия) на глубине 6100 м. Этот пласт дает в сутки более 400 тыс. м³ газа и газоконденсата из каждой скважины.

— Самые большие глубины в мире, с которых ведется промышленная добыча газа — 6535 и 7460 м в провинции Мексиканского залива (США, штаты Оклахома и Техас).

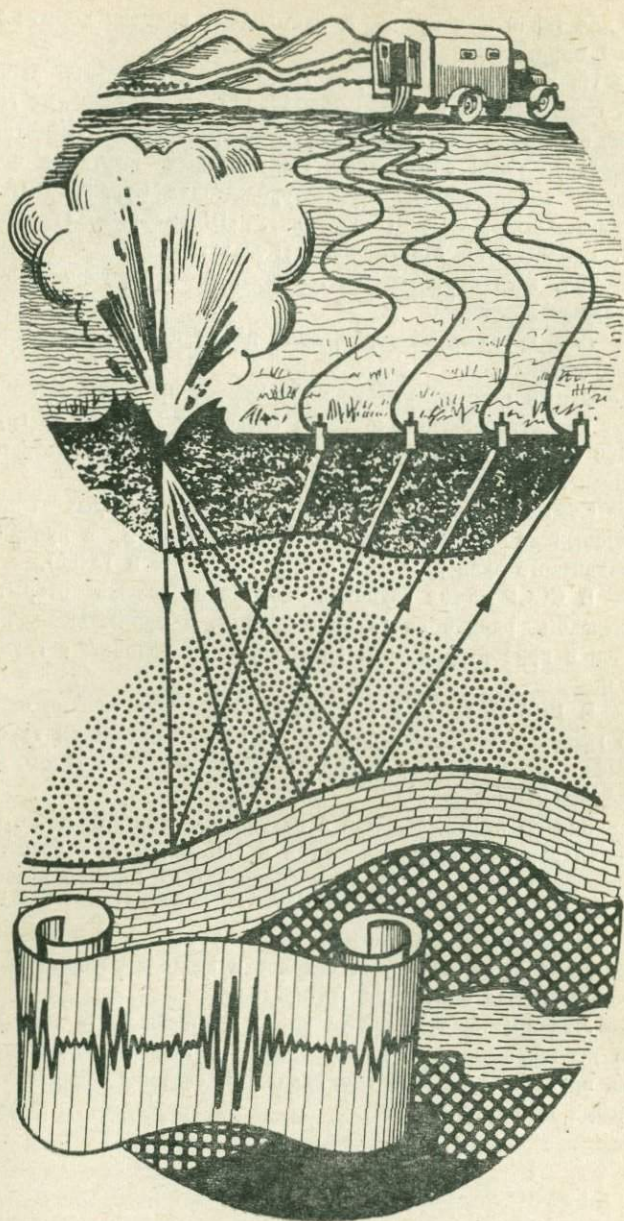
— В СССР самая глубокая нефтяная залежь открыта в Грозненском районе на глубине 5300 м, а промышленный газ получен в прибортовой зоне Прикаспийской впадины с глубины 5370 м.

— В 1918 г., когда у нас не было открыто еще ни одного чисто газового месторождения, И. М. Губкин писал: «Я глубоко убежден, что Россия не только не беднее нефтью и газом, но и богаче, чем Америка».

— Запасы нефти, скрытой в недрах под морским дном, оцениваются зарубежными геологами в 150 млрд. т, а известный американский геолог Л. Д. Уикс оценивает их гораздо выше — 337,6 млрд. т.

— Поисковыми работами в морях нефтяные залежи обнаружены под дном некоторых океанов и возле некоторых континентов, исключая одну лишь Антарктиду.

— Любопытно, что залежи нефти крупнейшего в мире морского нефтепромысла, расположенного в Мексиканском заливе (здесь пробурено более 3 тыс. скважин), связаны с подземными соляными куполами.



С ЧЕГО НАЧИНАЕТСЯ ПОИСК!

Когда-то нефть добывали только там, где она вырывалась на поверхность: находили нефтяную лужу или озерко и рыли в этом месте колодец или бурили неглубокую скважину. Тогда считалось, что глубже, чем в 10 м, нефти и быть не может. Но спрос на нефть увеличивался, а число открытых нефтяных выходов уменьшалось. Глубина скважин стала большей. Расходы на поисковые работы возросли, вероятность же успеха была часто эфемерной. Промышленности потребовалась помощь науки. Так стала рождаться нефтяная геология.

Русские геологи первыми подметили закономерную связь промышленных скоплений нефти с антиклинальными складками земной коры. Антиклинальная складка — это волнообразный изгиб пластов, обращенный горбом вверх. Закономерность была подмечена на Апшеронском полуострове, где нефть в большом количестве встречалась именно в местах антиклинального изгиба пластов песчаников. Чаще антиклинали называют положительными структурами, а если они имеют изометрическую форму, то куполовидными. Антиклинальные структуры до сих пор остаются основными объектами бурения на нефть и газ.

Сузив таким образом задачу, геологи пытаются увидеть в осадочных породах перегибы пластов с наклоном во все стороны от одной точки — подземные «холмы», вершины которых скрыты от нас пластами пород толщиной несколько километров. Поиск антиклинальных ловушек остается главной задачей нефтяной геологии. Арсенал поисковых средств, направленных именно на поиски антиклинальных ловушек, обогащается все новыми и новыми методами.

В начале 10-х годов основатель советской нефтяной геологии Иван Михайлович Губкин открыл новый тип ловушки. Следует хоть кратко рассказать об этом замечательном ученом. Ивану Михайловичу было за сорок, когда он сделал это открытие. Трудно было пробиваться в царское время крестьянскому

сыну к высшему образованию. Геологом Губкин стал поздно, закончив Горный институт в 39 лет. Но за несколько лет самостоятельной научной работы Иван Михайлович завоевал авторитет как знаток нефтяной геологии. Октябрьская революция застала Губкина в командировке в США. В отличие от многих других специалистов, Иван Михайлович с большой радостью принял известие о переходе власти в руки рабочих и крестьян. И не просто принял, а поторопился с возвращением на родину, сразу же приступил к работе и в то нелегкое время сумел заложить основы могучей научной базы, без которой немыслимы наши сегодняшние знания, открытия и сотни миллионов тонн добываемой нефти. Иван Михайлович организует первую геофизическую группу, из которой выросла вся наша геофизическая нефтяная служба. Он создает институт нефти и институт горючих ископаемых. По его инициативе Урало-Поволжье становится основной нефтедобывающей областью страны. Его работа «Учение о нефти» надолго стала настольной книгой для геологов-нефтяников. Да какой бы отрасли нефтяной геологии как науки мы не коснулись, всюду у истоков будет возвышаться фигура академика Губкина.

Но вернемся к его первому успеху. На Кубани нефтепромышленники тратили огромные средства на поиски и разведку. Одни скважины не давали нефти, другие, заложенные совсем неподалеку, бурно фонтанировали, третьи вновь оказывались пустыми. Уловить причину такой неравномерности в распределении нефтяных залежей казалось просто невозможно. Но Иван Михайлович тщательно исследовал район и установил, что когда-то речные потоки, стекавшие с сформировавшегося Кавказского хребта в древнее майкопское море, промыли многочисленные русла. Позднее русла эти оказались перекрытыми мощной толщей глин и других осадков. Нефтенасыщенными под этими глинами оказались линзы погребенных русловых песков. Вдоль древней береговой линии И. М. Губкин установил погребенный береговой вал, также насыщенный нефтью.

Он писал в 1913 г.: «Получается впечатление, что перед нами размыв, произведенный текучими водами, действовавшими в виде потока на поверхности фораминиферовых слоев, представлявших в ту эпоху су-

шу. Форма размыва побудила дать ей название рукава. Дно рукава представляет ряд углублений, чередующихся с менее размытыми местами. К углублениям приурочены отложения песчаных линз и чечевиц. Такое состояние русла потока дает основание предполагать, что он не достиг в своем развитии кривой нормального падения, когда последовал захват суши морем, превративший его (поток) в залив-эстуарий, в котором отложились темно-серые глины, прикрывшие песчаные залежи, послужившие потом материалом (ловушкой) для образования нашего (Нефтяно-Ширванского) месторождения».

И еще: «...Линзы располагаются в змеевидно изогнутой полосе, шириной не более 100 сажен и прослеженной буровыми работами на расстоянии 1,5 км».

Подобного типа залежи, как выяснилось через 10—12 лет после открытия их И. М. Губкиным, широко распространены в нефтегазоносных провинциях Американской платформы. Здесь, как и везде, долгое время геологии нефтяных месторождений не уделялось никакого внимания, скважины бурились как попало. С тех пор в США до сегодняшнего дня поисковые скважины, заложенные на новых площадях вслепую, именуется «дикими кошками». Но, терпя неудачи, и американские дельцы воззвали к помощи науки. Геологи разобрались в строении таких «неантиклинальных» залежей и назвали их «шнурковыми», «рукавообразными», «баровыми» и «заливообразными».

Итак, был сделан и второй важный вывод: нефть может залежать в неантиклинальных (их еще называют неструктурными) ловушках на моноклиналях, т. е. там, где пласты наклонены в одну сторону. Специально искать их начали недавно. Обычно эти ловушки открывают попутно при поиске антиклинальных, хотя уже ясно, что количество нефти в них не меньше, если не больше, чем в антиклинальных. Существуют районы, где развиты почти исключительно неантиклинальные ловушки.

Кто участвует в поиске

Благодаря не самым лучшим романам и кинофильмам в нашем сознании сложился некий трафаретный образ геолога. Это, как правило, бородатый,

отягощенный громоздким рюкзаком человек, преодолевающий все преграды, которые расставляет на его пути коварная природа: бездорожье, таежные пожары, бурные реки. Все это, конечно, есть, но надо сказать, что геологи чаще стараются предвидеть преграды и избегать их, нежели преодолевать. Их труд и так непрост, незачем усложнять его еще больше.

Словом «геолог» очень часто называют всех людей, выезжающих в экспедицию и работающих в отдаленных краях: топографов и геодезистов, буровиков и других изыскателей. Впрочем, это не такая уж большая ошибка. Если следовать первоначальному смыслу слова «геолог», то все они — «изучатели Земли». Поисками нефтяных, как и прочих месторождений, занимаются прежде всего геологи. Однако в поиске участвуют и люди, которые не имеют точного понятия, где и как в природе залегают эти самые месторождения, хотя без их кропотливого труда в лабораториях прогнозам геологов будет очень не хватать точности. Это люди различных специальностей, определяющие возраст, физические и химические свойства горных пород, изучающие состав и различные свойства нефтей и газов, всевозможные процессы, которые протекают или могут протекать в земной коре.

Геологи-нефтяники не обходятся и без помощи геологов-стратиграфов, литологов, петрографов, минералогов, палеонтологов, палеоботаников, палеофитологов. Все эти специалисты представляют разные разделы обширной науки о Земле. Стратиграфы изучают осадочные толщи с точки зрения их возраста, литологи — типы горных пород, их состав. Близка к литологии профессия минералога, изучающего физико-химический состав и свойства минералов, образующих осадочные и изверженные породы. А вот палеонтологи, палеоботаники, палеофитологи, палеокарпологи, палинологи занимаются изучением органического мира, окаменевшего, но когда-то бывшего живым. Одни исследуют остатки микроорганизмов, рыб, морских и наземных животных, другие — остатки растений, а третьи интересуются только семенами, пыльцой и спорами давно исчезнувшей флоры. Оказывается, и такая мелочь, видимая лишь под микроскопом, может сказать многое о породах, в которых найдена. Когда залежь полностью оконтурена, мощ-

ность пласта или пластов уточнена, геологи-разведчики прощаются с месторождениями и передают его в руки разработчиков. Несмотря на такое количество участников поиска, первое и последнее слово остается за геологом-нефтяником.

Процесс научного поиска месторождений начинается с анализа геологической обстановки на больших территориях. Чтобы выделить локальные перспективные участки, необходимо узнать характер геологического развития региона, найти особенности его строения, которые благоприятны для наличия в его пределах месторождений нефти и газа.

На поверхности Земли почти не осталось «белых геологических пятен». Для любого участка суши, даже для самых глухих уголков Сибири, Африки и Южной Америки, составлены геологические карты различной детальности. При этом широко используются данные аэрофотосъемки, аэромагнитной и гравиметрической съемок. Это поработали аэрогеологи и геофизики. Все свои построения геофизики делают, исследуя изменения определенных свойств горных пород по площади и по глубине. Возьмем одно из таких физических свойств — плотность. Для глины она равна 2,0, для песчаника — 2,2, для гранита — уже 2,7—2,8 г/см³. Глубинные породы — базальты, содержащие много тяжелых минералов, обладают плотностью 3,0—3,2.

Естественно, что там, где тяжелые породы находятся ближе к поверхности, ускорение силы свободного падения тоже больше. Изучая аномалии силы тяжести, можно получить картину залегания пород различной плотности. Но часто состав толщ неоднороден. Толщи могут состоять из осадочных пород, прорванных излившимися когда-то из глубин гранитами и базальтами, так называемыми интрузиями. Это вносит путаницу в гравиметрическую картину и может привести к неправильному определению глубинной формы фундамента. Тогда на помощь гравиметрии, изучающей изменения силы тяжести на Земле, приходит магнитометрия, исследующая магнитные свойства пород. Ведь с интрузивными телами обычно связаны положительные магнитные аномалии. Правда, и в осадочных породах возможны скопления магнитоактивных минералов (гематита, ильменита), и

тогда опять возможны ошибочные выводы. Поэтому при геофизических исследованиях чаще всего опираются не на один какой-нибудь метод.

Все большее значение и размах приобретает космическая съемка. Раньше геологам в своей работе приходилось идти от частного к общему, оценивая перспективы региона на основе разрозненных наблюдений. Космофотоснимки дают возможность вести исследования от общего к частному. Крупные глубинные разломы земной коры, являющиеся своеобразными каналами, по которым богатые полезными минералами расплавы и растворы поднимаются из недр Земли к поверхности, начинают ветвиться и дробиться на более мелкие. При наземных исследованиях они устанавливаются лишь отдельными фрагментами, в то время как на снимках из космоса проследить их не представляет большого труда. А ведь сейчас установлено, что месторождения многих полезных ископаемых, в том числе и нефти, связаны с зонами разломов (правда, не всех).

«Сейчас, когда поверхность Земли изучена достаточно хорошо, путь к новым месторождениям — это путь к большим глубинам», — говорит генеральный директор Всесоюзного научно-производственного объединения «Аэрогеология» В. Брюханов. — «И как это не покажется парадоксальным, чем выше мы поднимаемся над Землей, тем с больших глубин мы получаем геологическую информацию. Только при взгляде с космических высот мелкие трещины сливаются и становятся зримыми линии глубинных разломов. Как в хаосе мазков картины, написанной маслом, вблизи невозможно ничего разобрать и надо отойти, чтобы увидеть замысел художника, так и при установлении природных закономерностей надо обозревать нашу Землю с космических высот».

На старых картах Западной Сибири нет линий разломов. Когда же обработали снимки, полученные спутником «Метеор», отчетливо проступили системы разломов и с ними определенным образом оказались связанными уже открытые месторождения нефти.

Когда приступают к изучению еще не исследованного крупного региона, собирают все сведения по его стратиграфии и тектонике. Подробно восстанавливают историю геологической изученности территории, начи-

ная с описаний первых посещений путешественниками и промышленниками. Так что первое знакомство геолога-нефтяника с предстоящим районом работ — заочное. Кроме карт, книг и рукописей нефтяник изучает многие другие материалы, включая сообщения местных жителей, например о радужных пятнах на каком-то озере, похожих на нефтяные, о странном запахе керосина от камней в речном обрыве.

Ну, а потом — годы накопления и анализа всех доступных геологических материалов. Это понятно: ответственность за решение, которое будет принято, велика.

Примерно так начинаются региональные геологические работы сейчас, когда территория нашей страны разделена на нефтегазоносные и перспективно нефтегазоносные провинции. Геолог-нефтяник, которому приходится искать конкретные ловушки черного золота, уже имеет общее геологическое представление о данной провинции. Но это сейчас, а каких-нибудь 25 лет назад собирать сведения о наших нефтяных кладовых было куда сложнее. Средств на изучение недр вскоре после войны государство могло выделить не так уж много. Но нужно было работать для будущего, и тогда родился план опорного бурения.

В горах, несмотря на необычайно запутанную подчас картину условий залегания горных пород, геологу легче, чем на равнине. Ведь в горах геолог собственными глазами видит естественный разрез: породы обнажены. Вот они громоздятся друг на друга, вот сдавлены в складки, вот перемяты, а вот оплавлены — побывали когда-то на невероятной глубине. А как они ведут себя на равнине, где все спокойно, покрыто лугами и полями, лесами и болотами? Что там в недрах, попробуй угадай. Хорошо еще, если холмистость местности унаследованная, повторяет складки земной коры на глубине, а если нет?

И вот для того, чтобы получить об этом представление, геологи прибегли к опорному бурению. Название было дано не зря. Пробуренные скважины должны были стать опорой для геологов при исследовании разрезов осадочных пород тех районов нашей страны, которые, из-за своей закрытости новейшими образованиями, удаленности и труднодоступности почти или совсем не изучены. Проект в общих чертах сводился

к следующему. В определенных точках предполагалось установить буровые вышки и вскрыть толщу осадочных пород до кристаллического фундамента или просто до технически доступных глубин. Скважины должны были выполнить чисто научную геологическую задачу, выяснить, какие породы и какой мощности слагают осадочный чехол. Для этого на опорных скважинах брались для исследования образцы пород каждого слоя и применялись все существующие методы получения информации о различных свойствах пород: геофизические, геохимические, гидрогеологические и др.

В Западной Сибири, ныне ведущей нефтегазоносной провинции СССР, Березовская опорная скважина дала фонтан газа. Нефтепроявления, полученные в Калининградской опорной скважине, помогли нефтяникам начать бурение в Прибалтике, и сейчас на карте СССР появилась новая нефтяная провинция — Прибалтийская.

Однако сравнительно легко проходило освоение районов простого геологического строения. В других районах нефтепоисковые работы десятилетиями велись безуспешно. Мангышлак. Слово это звучит сегодня прямо-таки как символ нефти. А буровики здесь едва не свернули работы после 20 лет бесплодных поисков, и только настойчивость некоторых геологов привела к открытию многопластовых месторождений. Поиски на Камчатке тянутся еще дольше, и только совсем недавно получен первый промышленный приток газа.

Опорную скважину можно сравнить с лучом проектора, выхватившим из тьмы яркую полосу неизвестного. Но луч — не солнце, он осветил деталь, но не всю картину. Поэтому, опираясь на данные опорного бурения и на материалы других исследований, геолог-нефтяник приступает к поисково-разведочным работам.

Поиски ловушек

Прежде чем приступить к конкретным детальным работам, геолог должен осмотреться и подумать, что это за район, не похож ли он на какой-нибудь иной, который уже прекрасно изучен. Существующие кар-

ты нефтегазоносных провинций для того и делаются, чтобы оценить сравнительную перспективность нового района. Их сопоставление дает очень многое. Например, очень похожи по условиям залегания и возрасту продуктивных пластов месторождения Русской и Североамериканской платформ. Формы ловушек у них одни и те же. Нефть в обеих провинциях встречается в очень пологих поднятиях. И здесь и там ее скрывают в себе погребенные барьерные рифы на склонах глубоких древних впадин. Но Североамериканская платформа изучена геологами значительно лучше. Там пробурено в тысячу раз больше скважин. И оказывается, что почти половина запасов нефти находится в неструктурных ловушках. У нас же почти все месторождения открыты в антиклинальных структурах.

А вот другой пример. На Востоке СССР прогибы Пенжинский, Северо-Охотский, Западно-Сахалинский очень похожи на одновозрастные прогибы на Тайване и западном Хоккайдо, где уже открыты нефтяные месторождения. Прогиб Алишань на Тайване — крупная нефтегазоносная провинция. Сходство его геологического строения со строением прогибов на нашей территории позволяет высоко оценить их перспективность.

Выяснив, что в данном районе может быть нефть, геологи приступают к поискам конкретных ловушек. Для этого прежде всего нужно выделить пласт отложений или несколько пластов, которые нельзя было бы спутать с другими пластами в разрезе, по возможности в нефтегазоносном интервале. Такие пласты, иначе говоря, маркирующие горизонты, определяются по особенностям состава пород, по находкам в них остатков ископаемой фауны и флоры, по их физическим свойствам, иногда просто по характерному цвету. Затем геолог прослеживает распространенность этих пластов по скважинам и, если возможно, по обнажениям. Допустим, что поверхность одного такого пласта определена в большом количестве точек. Тогда по этой поверхности можно составить карту. Такая карта называется структурной. Как по топографической карте мы легко представляем себе рельеф земной поверхности, так по структурной — подземный рельеф.

Вот как, по словам И. М. Губкина, ему удалось в 1913 г. составить свою первую структурную карту: «...Детальные разрезы, хотя и дают подробную картину строения нашего (Нефтяно-Ширванского) месторождения во многих его частях и направлениях, но чтобы получить цельное представление о нем, мне представляется необходимым сопоставить эти разрезы таким образом, чтобы данные каждого из них входили в состав цельного изображения... Попытка моя не увенчалась успехом; получился столь сложный и запутанный чертеж, что о наглядности не могло быть и речи.

Тогда я вспомнил о свойстве горизонталей передавать рельеф земной поверхности просто и в высшей степени наглядно. Этим методом изображения рельефа (подземного) я и задумал воспользоваться».

На структурной карте сразу видны все поднятия и впадины в осадочном покрове и можно выделить разные структурные ловушки для нефти и газа.

Все это не так сложно, если маркирующий горизонт имеет много выходов на поверхность, если он определен по многим скважинам. А если нет? Тут на помощь геологу приходят геофизики-сейсморазведчики.

При сейсморазведке геофизики используют свойство горных пород пропускать через себя упругие, в том числе и звуковые, колебания. Выглядит это примерно так. В шурфах или неглубоких скважинах производятся взрывы. Распространяясь, взрывные волны проходят различные слои по-разному: в одних преломляются, другие пронизывают, от третьих отражаются. Отраженные волны возвращаются на поверхность, где их улавливают чуткие приборы. Геофизики дешифрируют записи и рисуют структурные карты различных горизонтов. Даже непосвященный может понять из таких карт, где и как земные слои изгибаются, вздымаются буграми или, наоборот, образуют подземные ложбины.

К сожалению, во многих случаях полезные отражения буквально тонут в хаосе помех, например при многократном отражении от двух границ. Очень мешает сейсморазведке верхний рыхлый слой, особенно в заболоченных районах и в зонах многолетней мерзлоты. Искажаются полезные сигналы и ледяным по-

кровом морей и океанов. В Канаде, где сейчас ведутся поисковые работы на нефть и газ в субарктических широтах, правительство объявило конкурс на создание специальной подводной лодки — сейсмической лаборатории, для которой океанический лед не был бы помехой.

И все же трудности не помешали сейсморазведчикам добиться больших успехов при составлении карт нефтегазоносных структур. В Западной Сибири их мирные взрывы сэкономили стране не один десяток миллионов рублей. В этой провинции все площади под поисковое бурение подготавливаются сейсморазведкой.

Методика исключения воздействия волн-помех не прерывно совершенствуется. Наблюдения на одной точке проводятся неоднократно. Тогда случайные волны-помехи, накладываясь друг на друга, уничтожаются, полезные же сигналы усиливаются. Полевые наблюдения сейсморазведки обрабатываются на ЭВМ, что не только повышает точность, но и дает огромный выигрыш во времени.

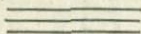
Опыт геофизиков в Прикаспийской впадине показывает, что можно составлять карты антиклинальных ловушек в глубокозалегающих горизонтах, измеряя на поверхности тепловой поток, идущий из глубин, поскольку его величина зависит от морфологии этих горизонтов. В последнее время все более широко проводятся опыты по непосредственному поиску и оконтуриванию залежей нефти и газа как геофизическими методами, например с помощью электроразведки, использующей диэлектрические свойства залежей, так и геохимическими, основанными на улавливании на поверхности и в верхних слоях уходящих из залежи углеводородных и неуглеводородных соединений или на определении наличия в почве микроорганизмов, питающихся этими соединениями (съемка газовая, бактериологическая и т. д.). В Белоруссии найдены простейшие грибы, образующие пленки плесени на участках, под которыми скрываются скопления нефти и газа. Эти грибы также предлагается использовать для прямых поисков нефтяных и газовых месторождений. Хотя в общем точность геохимических методов пока невелика, ожидается, что в будущем они станут самыми эффективными.

Больших успехов добилась геофизика, но и она пока бывает бессильна в районах со сложным геологическим строением. Например, когда в верхних этажах разреза пласты залегают совсем не так, как в нижних, в которых как раз и ищут скопления нефти. И тут сейсморазведке не обойтись без параметрического бурения, названного так потому, что оно помогает определить геофизические параметры пород вскрываемого разреза, т. е. плотность, их сейсмологическую характеристику и т. п. Только с помощью параметрического бурения можно строить структурные карты, искать ловушки и залежи нефти в таких сложных районах, как Днепровско-Донецкая и Прикаспийская впадины. Мощные слои каменной соли здесь так искажают показания приборов, что сейсморазведчики бессильны воссоздать картину земных глубин.

Геологи составляют много структурных карт по разным подземным горизонтам. Одни из этих горизонтов — пласты-коллекторы, т. е. возможные накопители нефти, другие — пласты-покрышки. В определенных местах сочетание этих пластов очень благоприятно: они изогнулись красивой антиклинальной складкой, причем объем пласта-коллектора велик, а мощность пласта-покрышки достаточна, чтобы не выпустить из коллектора нефть, если она там накопилась. Может ли в этом случае геолог-нефтяник с уверенностью сказать: «Бурите здесь. Здесь в ловушке есть нефть»?

Пожалуй, ни один геолог на такое не решится. Бурить он порекомендует, но вот насчет нефти... Ловушки может не быть, или же она окажется пустой, незаполненной. Причин тому много, и далеко не все они известны. Залезь может быть «съедена» к моменту бурения пластовыми водами. А могло ее и вообще не быть: вроде бы неплохой подземный бугор, даже высокий, но расположен он ниже других, образовавшихся в той же цепочке подземных бугров. В них нефть попала, а в него нет, ростом не вышел. Ловушка могла не заполниться, потому что на пути к ней не было трещин и разломов, по которым двигалась бы нефть; или же они были, но подвижка земной коры сместила их и закупорила путь в ловушку. Наконец, нефти могло просто не хватить для заполнения всех структур.

Статистика показывает, что только 30—35% разбуренных структур оказываются нефтеносными. Мало? Конечно, мало, но уж такова природа этого ископаемого, при первой же возможности покидающего свое местожительство.



— Открытия нефтяных залежей далеко не всегда были закономерным результатом работ, направленных именно на поиск нефти. Первая промышленная нефть Второго Баку была получена не нефтепоисковой скважиной. В 1929 г. профессор П. И. Преображенский заложил в районе Чусовских городков скважину с целью выявления калийных солей. На глубине 332 м был совершенно неожиданно встречен нефтяной пласт. Сейчас «бабушке» волго-уральской нефти — скважине № 101 — поставлен памятник.

На Апшероне, близ села Кала, были издавна известны выходы газа. С 1904 по 1916 г. фирма «Нобель» пробурила здесь 10 скважин. Вместо ожидавшейся нефти были получены фонтаны газа. С 1924 по 1928 г. столько же скважин на этой площади было пробурено Азнефтью. Многие геологи пришли к выводу о нецелесообразности дальнейшего бурения. Лишь один профессор Д. В. Голубятников продолжал защищать разведку. Его затем поддержал академик И. М. Губкин. Успех пришел лишь в 1932 г., когда скважина дала первый фонтан с дебитом 700 т в сутки. Разведка площади тянулась 28 лет. Апшеронское месторождение Пута разведывалось в течение 25 лет — с конца прошлого века до 1925 г.

— В наши дни с момента выявления объектов нефтепоисковых работ до ввода их в глубокое бурение проходит 3—4 года. Более чем на 60% разбуренных площадей в 1966—1970 гг. были открыты месторождения меньше чем за год.

Гигантское месторождение Прадхо-Бей на Аляске с запасами 2800 млн. т может служить примером низкой эффективности поисковых работ. Бурение здесь было начато еще в 1943 г. и только в 1968 г. получена промышленная нефть.

ИСКУССТВО БУРЕНИЯ

Бурение скважин остается пока единственным верным способом достижения глубины, где скрываются запасы нефти и газа. Изобретатели, правда, не оставляют попыток заменить чем-нибудь дорогостоящее бурение, но существенных успехов пока не добились. Можно, конечно, рыть шахты, как это делалось в районе Ухты и то потому, что ухтинская нефть оказалась тяжелой и самотеком на поверхность земную не поступала. Но сначала нужно знать, есть ли в пласте нефть, а для этого все равно необходимо бурить разведочные скважины.

Вот что можно было прочитать в научной статье о бурении в конце прошлого века: «Искусство бурения земли, бывшее еще, можно сказать, в колыбели в начале XIX столетия, во второй половине получило такое развитие и усовершенствование, что помощью его представилось возможным пробурить величайшие в мире тоннели Сент-Готардский, длиною 14 верст, Монт-Сениский — 11,5 верст, Сент-Бернардский — 12,5 верст и т. д., и достигнуть глубины в вертикальных скважинах земли, например в Шперенберге, в Пруссии, 4100 футов. Вот те пределы, до которых в настоящее время достигли энергия и изобретательность человека».

Восторг автора сегодня вызывает улыбку. Но надо помнить, что статья писалась восемьдесят лет назад. Бурение не совершенствовалось потому, что человеку не нужно было забираться в глубины Земли. Все необходимое он находил на поверхности. И лишь нужда в большом количестве нефти двинула вперед инженерную мысль. Но бурение как таковое придумано давно.

Еще в древнем Китае, за 2000 лет до нашей эры, бурились скважины, для того чтобы добыть соляной раствор. Любопытно, что китайцы применяли полые трубы — бамбуковые. А ведь полые стальные трубы, впервые употребленные французским инженером Фовелем в 40-х годах прошлого века, произвели настоящий переворот в процессе бурения, ибо закачивае-

мая внутрь их вода очищала дно скважины, называемое буровиками забоем, от разрушаемой породы и выносила ее на поверхность, что во много раз ускоряло процесс бурения.

Для той же цели — добычи рассолов — бурение применялось и на Руси. Долото, разбивавшее породу, крепилось к деревянной штанге, а раздробленные куски породы извлекались из скважины желонкой — трубой с клапаном в нижней части. На протяжении веков бурение оставалось ударным, и хотя деревянные штанги сменились железными, сам процесс принципиально не изменился. По сути дела, это был процесс не бурения, а долбления.

Вращательное бурение было впервые применено у нас при поисках нефти на Кубани в 30-х годах прошлого столетия. Добыча же нефти осуществлялась путем рытья колодцев. Вручную бурить скважины для эксплуатации нефтяных залежей было не только невозможно, но и не нужно из-за отсутствия остальной эксплуатационной техники: насосов, труб. Вот сообщение Фаллендорфа, чиновника горного ведомства, объезжавшего с инспекционной целью Кубанский край: «Когда предполагают выкопать в новом месте колодец, то сначала пробуют буравом землю, вдавливая оный и подливая немного воды, дабы он ходше входил и по вынятию оного, есть ли будет держаться нефть, то на сем месте начинают копать четырехугольную яму».

Развитие керосинового освещения требовало все больших количеств нефти, но добыча ее по-прежнему оставалась на «колодезном» уровне. Неоднократные предложения инженеров применить бурение для извлечения нефти не встречали сочувствия и внимания промышленников. Верх брало невежество, суеверие. В 1869 г. из бурившейся на Апшеронском полуострове в Балаханах скважине вырвался могучий фонтан газа. Вместе с газом ввысь устремились песок и обломки камней — настолько сильным было пластовое давление. Неимоверный шум, с которым происходило фонтанирование, объяснили присутствием нечистой силы. Буровой станок был остановлен, и лопата надолго осталась единственным средством на пути к нефтяным пластам. Именно в эти годы американцы обошли царскую Россию по методам добычи нефти.

Первая в России скважина, созданная методом вращательного бурения, была закончена всего лишь за 6 лет до Великой Октябрьской революции.

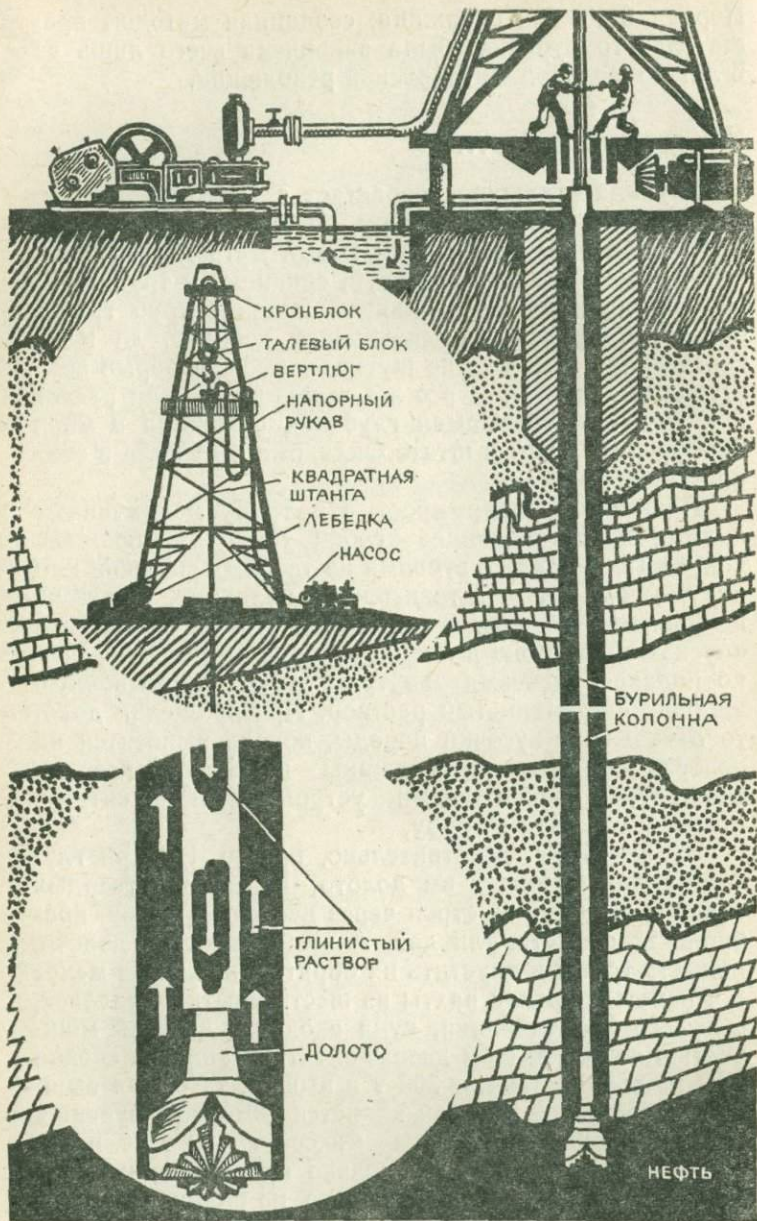
Чем глубже, тем труднее

Глубина скважин возрастает с каждым годом. Скважина глубиной 7—9 км обходится в несколько миллионов рублей. Каждый новый метр дается с таким трудом, что это, пожалуй, сравнимо с трудностями выхода в космос. Длинной колонне труб грозит опасность прихвата осыпающейся породой, да и их собственная масса — не шутка, возможен обрыв всей стальной колонны. И все же глубина скважин растет с каждым годом. Самая глубокая скважина в мире пробурена в США в штате Оклахома и прошла в земной коре 9583 м.

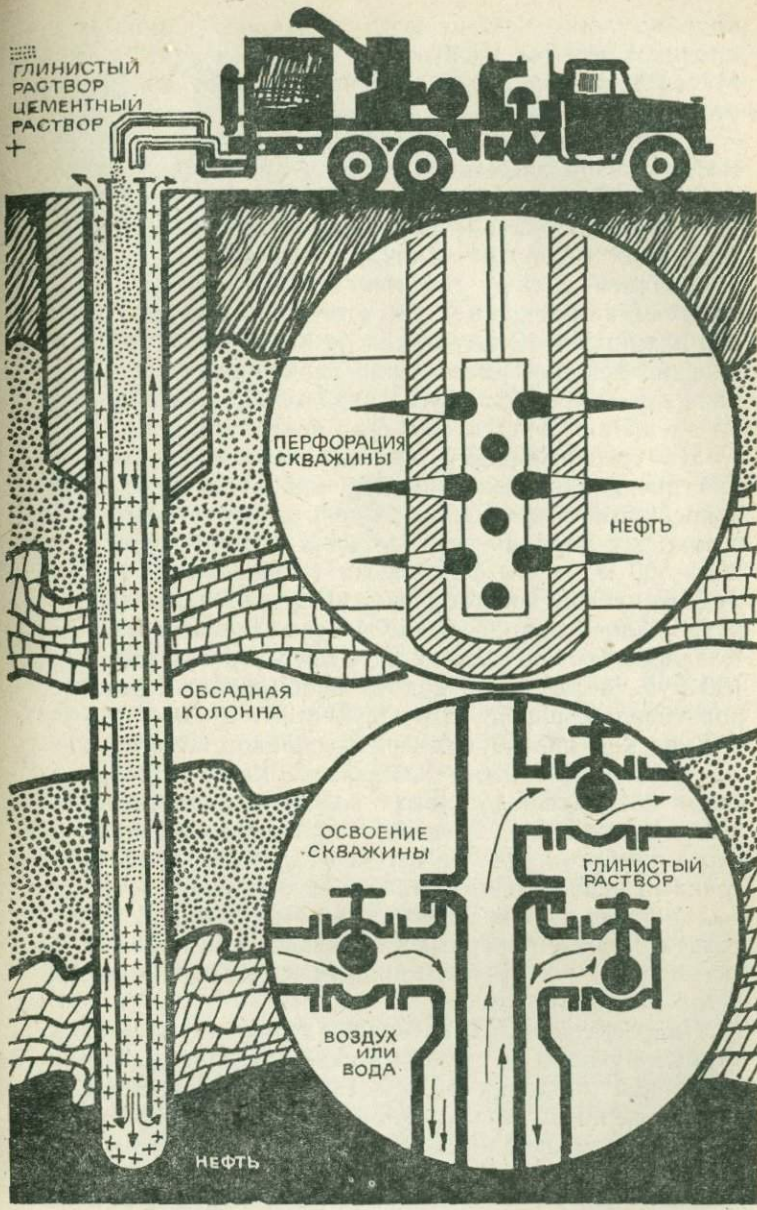
Принцип бурения прост. На трубу навинчивают долото, представляющее собой три вращающихся конуса (шарошки) с зубьями из твердых сплавов, или пику, или лопатку, а то и просто болванку, усеянную по поверхности алмазами, затем трубу с долотом опускают на землю и начинают вращать, одновременно подавая насосами внутрь трубы промывочную жидкость — глинистый раствор. При вращении долото откалывает кусочки породы, порода выносится на поверхность к устью скважины раствором, где он очищается специальными устройствами — ситами, чтобы вновь уйти в трубу.

Казалось бы, действительно, просто. Но при глубине скважины 5—7 км долото из самых твердых сплавов выходит из строя через несколько часов, пробурив всего метр или два. А чтобы сменить долото, поднять трубы и опустить их обратно, нужно не менее 8 ч работы буровой вахты из шести опытных человек, могучего оборудования, куда входят 5 дизелей мощностью по 400 л. с., 2 дизель-электростанции, лебедка грузоподъемностью до 300 т и вышка, та самая вышка, изображение которой является символом бурения. Насосы — две громадины массой по 20 т — в это время стоят. Они нужны только при бурении.

Были попытки сменить долото, не поднимая трубы на поверхность. Они окончились неудачей. Долото, спускаемое внутрь трубы и расправляющееся в забое,



ГЛИНИСТЫЙ
РАСТВОР
ЦЕМЕНТНЫЙ
РАСТВОР



подобно лепесткам цветка, оказалось слишком непрочным для тех нагрузок, с которыми идет бурение. Масса труб создает нагрузки на долото до 40 тс, и это при вращении!

Сейчас советские и французские специалисты совместно разрабатывают методику шланго-кабельного бурения. Вместо труб, которые при подъеме приходится развинчивать, ставя кусками длиной по 30 м — «свечами» — внутри вышки, будет применяться бронированный шланг, который можно наматывать на барабан, не прекращая при этом промывки скважины, что важно для поддержания ее рабочего состояния и, конечно же, для уменьшения сроков подъема и спуска. Результаты достаточно обнадеживающие, но, увы, до внедрения в практику дело пока не дошло.

На сегодня самый эффективный метод повышения производительности бурения — это увеличение износоустойчивости долот. Сделать так, чтобы долото в твердых породах на большой глубине проходило 200—300 м — это фактически то же самое, что придумать новый способ бурения. Первым шагом на этом пути было создание долот из естественных алмазов. Казалось бы, это дорого. Но если метр бурения стоит 100 руб., а алмазное долото пробуривает сотни метров твердых пород, то получается прямая выгода. В Киевском институте твердых сплавов создано долото с искусственными алмазами, превосходящее по своим показателям долото с алмазами естественными. Это долото ИСМ. Поднятое из скважины после нескольких суток работы, оно все так же искрилось звездочками искусственных алмазов, лишь металл долота был размыт непрерывным потоком раствора. А ведь долота с такими твердыми сплавами, как победит, релит, после 3—4 ч работы поднимали из скважины как будто обглоданными.

Надо сказать, что на «кровь бурения» — раствор, циркулирующий по трубам и скважине для поддержания в ней давления на пласты, для охлаждения долота и выноса пробуренной породы, тратится до $\frac{1}{3}$ стоимости скважины. Если учесть, что раствор, необходимый для бурения глубокой скважины, стоит не одну сотню тысяч рублей, то это золотая «кровь». Но нефть нужна, поэтому приходится идти на такие затраты, они окупятся, хотя тонна химического реа-

гента для обработки раствора стоит значительно дороже, чем тонна сахара или иного ценного продукта. А реагенты употребляются десятками и сотнями тонн. В условиях Крайнего Севера идут в ход только такие реагенты, которые поддерживают температуру раствора ниже нулевой, чтобы не растаяли многолетнемерзлые породы, мощность которых доходит до сотен метров. И это тоже те трудности, которые позволяют сравнить каждый метр завоеванной глубины с завоеванными километрами космоса.

А теперь постараемся повнимательней взглядеться в сам процесс бурения. Огромное, больше полуметра в диаметре, долото, которым начинают бурить даже среднюю по глубине разведочную скважину, начинает вращаться, быстро образуя яму в один, два, десять метров. Из ямы, из устья начатой скважины, выходит пузырящийся раствор, стекает по желобу в очистные сооружения, вновь попадает в насос, который гонит его в бурильные трубы. Так начинается бурение. Так, начинается скважина.

С глубиной диаметр долот будет все уменьшаться, по мере того как в скважину будут спускаться обсадные трубы. Они нужны для крепления стенок скважины, для предотвращения обвала пород и перекрытия трещиноватых пород, поглощающих закачиваемый раствор, для изоляции скважины от воды водоносных пластов. В отверстие первого огромного диаметра опускаются, обычно на глубину до 100 м, 16-дюймовые обсадные трубы для перекрытия верхних, самых неустойчивых отложений. Пространство между стенкой скважины и внешней стенкой обсадной трубы заполняют цементом.

Диаметр долота, которым продолжают бурить скважину, меняется — через 16-дюймовую обсадную колонну будет проходить долото не более 394 мм в диаметре. Его чаще всего спускают вместе с турбобуром. Турбобур — это, по сути дела, турбина, лопасти которой вращает подаваемая промывочная жидкость, а соответственно вращается и навинченное на турбину долото с частотой 800—900 об./мин.

Вторая колонна обсадных труб — 11-дюймовая — спустится уже на большую глубину, до 1000 м, и если скважина разведочная, то к этому времени на ней уже должен стоять превентор, т. е. устройство для

глухого перекрытия устья скважины в случае выброса нефти или газа, которые могут встретиться на любой глубине. Рассчитывается состав промывочной жидкости, которая должна удерживать рвущийся наверх газ, газоконденсат или нефть. Так, например, на глубине 3000 м нам может встретиться продуктивный пласт с давлением нефти до 330 кгс/см^2 . Плотность раствора должна быть не менее $1,2 \text{ г/см}^3$. При такой глубине столб раствора будет давить на пласт с силой 360 кгс/см^2 . Запас в 30 кгс/см^2 необходим для того, чтобы нефть не могла вырваться наружу. Если давление столба жидкости окажется недостаточным, нефть выбросит раствор из скважины, и если в течение нескольких минут, когда поднимающийся фонтанчик раствора из скважины становится все выше и выше, начинает фыркать выше кронблока вышки, не успев закрыть превентор, то открытый фонтан — это уже авария.

С начала бурения до момента, когда спущена эксплуатационная колонна и скважина готова к испытанию, все это время буровая работает круглые сутки. Первые пробуриваемые метры сложны потому, что слишком неустойчива порода и слишком легко искривить скважину, из-за чего потом будет ломаться инструмент, последние метры грозят прихватами и выбросами. С началом бурения скважины начинается непрерывный контроль за параметрами промывочной жидкости, состоянием скважины, инструмента и оборудования.

Скважины, даже пробуренные рядом, ведут себя по-разному. Уже через 100 м может измениться разрез пород. Даже из-за незначительного изменения состава раствора, от частоты спуска инструмента, оттого что бурильщик забыл вовремя долить раствор, оттого что мыли заляпанные полы буровой и в раствор попало много воды, по многим другим причинам, которые нельзя заранее учесть, характер скважины может измениться. Практически двух одинаковых скважин не бывает. Может быть, в этом и заключается творческая привлекательность профессии, внешние атрибуты которой совершенно невзрачны: замазанные глинистым раствором робы и громоздкое оборудование. Но многие явления в мире уравновешены незримыми красотами, о которых не

догадываешься, пока не проникнешь в глубь явления. Невидимость происходящих при бурении процессов дает возможность проявить не только умение, но и фантазию. А это и есть творчество.

Многообразие пород, которые приходится разбуривать в различных районах и на разных глубинах — от вязких упругих глин, рыхлых песков и сланцев до твердых кремневых известняков и изверженных пород — породило и многообразие долот. Мягкие глины разбуриваются пикообразными долотами, которые представляют собой заостренный кусок стали, армированный по краям твердыми сплавами, а твердые кремневые породы — долотами, в шарошки которых вправлены не зубья, а штыри со сферической поверхностью, которая и соприкасается с породой. Кажется странным, что шар может лучше расколоть породу, чем острый зубец, однако это так. Поверхность соприкосновения шарика с породой меньше, чем даже чуть-чуть затупленного зуба, а зуб в крепкой породе тупится сразу же. Сферическая же поверхность остается округлой, контактное напряжение в месте соприкосновения ее с породой выше, место разрушения больше и глубже.

Породы различной крепости требуют и долот различной формы. Поэтому создано семь основных модификаций долот до 20 различных размеров. По типу долота делятся на одношарошечные, трехшарошечные, лопастные, алмазные, четырехшарошечные и шестишарошечные, для отбора керна, т. е. столбика пород, который остается внутри бурильной трубы (тоже шесть-семь типов). Если перемножить все эти цифры, то получатся сотни самых разнообразных долот, которые составляют гамму от великанов до пигмеев: круглые, как головы, острые, как пики, и невзрачные на вид болванки.

Бурильные трубы стандартны, разве что самая верхняя труба, которая закрепляется в роторе, имеет квадратное сечение, а потому и именуется «квадратом». Это естественно, ибо вращать 1000-метровую колонну труб тяжело, а труба с круглым сечением просто повернется в роторе.

Каверзы бурения

Часто случается, что бурение приходится прерывать из-за различных неполадок и аварий. Скажем, породой прихвачен турбобур. Попытки расшатать, «расходить» инструмент, как говорят буровики, ни к чему не приводят. Вращение его до предельно возможного скручивания тоже не дает результатов. Ведь труба, прихваченная на глубине 3000 м, может выдержать 20—30 оборотов за счет упругого скручивания металла, превращаясь в сильно закрученную пружину, которая при обратном ходе раскручивается, как праща, и из ротора вылетают, как камешки, 500-килограммовые вкладыши. Устройство нефтяных «ванн», т. е. закачка нефти для смазки породы, тоже не освобождает прихваченный инструмент. И вот тогда приходится прощаться с застрявшим турбобуром и частью труб. С помощью торпед, опущенных внутрь скважины, колонну труб выше места прихвата отрывают и, зацементировав место разрыва, забуривают скважину в сторону. Иногда такое продолжение скважины оказывается неудачным: или долото при одном из спусков снова попадает не в тот ствол, или начинает совершенно новый, и вот получается у скважины несколько хвостов. Часто такую скважину так и не удается выправить и ее прекращают бурить.

Ликвидация аварий при бурении — дело довольно сложное, потому что, пожалуй, только в бурении приходится исправлять испорченный механизм вслепую. Ведь даже простой облом бурильных труб — авария, которая у специалистов не считается сложной, ликвидируется лишь по показаниям приборов, которые регистрируют массу находящегося на крюке кронблока вышки бурильного инструмента и давление промывочной жидкости. Два этих показателя — весь свет в окошке. Больше ничего не видно, не слышно и не чувствуется. Вернее, чувствуется каждым буровиком по-своему, в зависимости от интуиции.

Что же мешает отыскать оставшуюся в скважине часть колонны? Причины различны. Голова оборванной части может сместиться в сторону, прислониться к стенке скважины, вообще зайти в каверну так, что не будет нащупываться специальным инструментом, который спущен для ловли. И вот тут буквально по

какому-нибудь случайному вздрагиванию инструмента приходится определять: зашел или не зашел метчик или колокол в голову обрыва. Метчик представляет собой конус с наружной резьбой, закаленный до твердости, достаточной, чтобы нарезать новую резьбу во внутренней гладкой части оборвавшейся трубы. Колокол — подобие воронки, тоже закаленной, с внутренней резьбой, если он накроет трубу, то нарежет резьбу на внешней стороне.

Ловильных инструментов существует множество, и все они предназначены для соединения с обломанной частью, которая очень часто бывает неправильной спиральной конфигурации, и подъема ее на поверхность. Метчики и колокола нарезают резьбу, шлицс захватывает оставшуюся часть плашками с нарезкой, которые при движении инструмента вниз расходятся, а при движении вверх сходятся по конусообразным направляющим, зажимая в тиски поднимаемую трубу. Для ловли оставшегося на забое турбобура применяют иногда просто широкую трубу с вырезанными по нижнему краю и загнутыми внутрь лепестками, которые заклинивают вошедший в нее турбобур. Бывает, что уже на месте аварийный мастер или инженер придумывают такую замысловатую «ловилку», что потом трудно даже представить, как и что такая штука могла поймать.

Ловить приходится не только оборванный при бурении инструмент и оставленное на забое долото или его шарошки, но и просто кувалду или лом, случайно оброненные в скважину. Кувалду можно поднять магнитом, лом разбурить, а вот как достать долото, упавшее в скважину шарошками вверх? Бывали и такие случаи, доставали и такие долота. Но это уж как кому повезет. Иначе приходится разбуривать его фрезерами и по кускам ловить магнитными ловушками.

На забое скважины почти всегда есть железо — оставленные от опор долот шарики и ролики, «сахари» с ключей и клиньев, случайно упавшие болты, гайки. Мелкое железо практически не мешает бурению обычными, не алмазными долотами, потому что часть его поднимается вверх потоком промывочной жидкости и крутится где-то чуть выше долота, часть забивается в стенки скважины, остальное размалы-

вается долотом. Но при бурении алмазными долотами забой скважины приходится очищать и от мелкого железа, которое крошит и сразу выводит из действия крепкие, но хрупкие алмазы. Очищают забой несколькими спусками магнитного фрезера с металлоудалятелем — воронкой обращенной вверх на уменьшенного диаметра трубке. Поднимающиеся потоком жидкости куски металла падают в воронку, как в корзинку, так как скорость потока жидкости после воронки резко уменьшается.

Бывает, что буквально каждая гайка, уроненная в скважину, оказывается на забое. А бывает, что в скважине бесследно пропадает не только уроненный ломик, но и целая труба и даже несколько труб. Объясняется это все теми же неровностями ствола скважины, кавернами, которые могут достигать десятков метров в глубину и быть в несколько раз шире диаметра долота. Собственно, весь ствол скважины — это неровная как по диаметру, так и по направлению выработка в земле. Иногда в ней бывают такие уступы и площадки, что там мог бы спрятаться человек и смотреть, как вверх-вниз ходит мимо него бурильный инструмент. Человека, безусловно, туда не следует сажать, а вот телевизионную камеру не мешало бы. Но это пока лишь мечта буровиков.

Вот в эти каверны, на эти уступы и площадки подчас и попадает уроненное в скважину железо и остается там. Казалось бы, неплохо — не надо его ни ловить, ни разбуривать. Но дело в том, что оно в любой момент может свалиться сверху на инструмент, опущенный на забой, и заклинить его. А это уже — сложнейшая авария, которую не сравнить с ловлей находящегося на забое металла.

Довольно часто все обходится благополучно: железо погружается в стенки скважины и остается там. Бывает, однако, что какой-нибудь предмет сваливается и заклинивает инструмент (инструментом буровики называют всю колонну бурильных труб вместе с долотом или турбобуром). Если это произошло в зоне залегания известняков, то инструмент можно еще освободить, залив в зону кислоты, иначе говоря устроив кислотную ванну. Кислота разъедает известняк, делает его мягким, что позволяет ликвидировать заклинивание. Если же в этом месте залегает песчаник,

а инструмент заклинен крупным куском железа, то чаще всего приходится бурить второй ствол, оторвав взрывом инструмент выше места заклинивания.

А как устраивают кислотные или нефтяные ванны? Ведь нефть и кислота должны попасть в строго определенное место. Это достаточно просто, потому что объемы ствола скважины и затрубного пространства между стенкой скважины и внешней стенкой обсадной колонны известны. Жидкости же при закачке не слишком смешиваются друг с другом и практически несжимаемы. Перед кислотой и после нее закачивается вода, а потом расчетное количество специальной продавочной жидкости, которая занимает объем всех бурильных труб и выдавливает кислоту в затрубное пространство к месту заклинивания бурильного инструмента. Тем же способом закачивается и нефть. Проникая по всем трещинкам, она как бы смазывает породу, уменьшает силу «объятий», в которые попал инструмент.

Чаще всего оказывается прихваченной только часть поверхности инструмента. При этом циркуляция раствора не нарушается, но инструмент не идет вверх и не вращается. Такие прихваты и ликвидируются обычно установкой одной, двух или трех нефтяных ванн.

Освоение скважины

Во время бурения образцы пород, через которые проходит скважина, отправляются в лаборатории. Скважина подвергается целому комплексу геофизических исследований — каротажу. Существует около сорока методов каротажа. Мы остановимся на самых основных. С помощью электрического каротажа выясняются значения сопротивлений пробуренных пород. Прибор-автомат вычерчивает кривую, которая затем сопоставляется с иными геологическими данными. В итоге по полученной диаграмме можно построить разрез пород, пройденных скважиной. Радиоактивный каротаж распадается на методы определения естественной и искусственной радиоактивности пород. И тот и другой методы помогают геологам получить данные о различных свойствах пород, выделить границы нефтегазоносных пластов.

Кроме того, скважины изучаются методами термического, газометрического, акустического каротажа, которые позволяют уточнить пористость и проницаемость пород, наличие в породах углеводородных газов. Все эти виды промыслово-геофизических исследований можно уподобить проявляющейся фотографии: по мере углубления ствола скважины проясняется картина строения и состава пород, образующих этот самый ствол.

Когда скважина благополучно достигнет проектной глубины, вскроет нужные продуктивные горизонты, в нее спускается последняя, так называемая эксплуатационная колонна. В газовых скважинах колонна цементируется вся, до устья, т. е. цементом заливается все затрубное пространство до самой поверхности. При этом цементировочными агрегатами заливается 100—200 т цемента. Цементный раствор продавливается в затрубное пространство так же, как продавливается кислота или нефть при устройстве ванн. В нефтяных скважинах цементируется иногда не вся колонна, а только нижняя ее часть. Нефть обладает меньшей способностью проникновения, чем газ, а цемент — это, собственно, затрубная кольцевая пробка, которая не позволяет нефти или газу идти по кольцевому пространству и направляет весь поток внутрь стальной колонны.

После цементирования эксплуатационной колонны и установки фонтанной головки, которая герметично связывает между собой все колонны — от первой 16-дюймовой до последней эксплуатационной — скважина готова к испытанию. Для этого специальными патронами с кумулятивными зарядами простреливают колонну и цементное кольцо. Направленные взрывы довольно легко прошивают всю эту толщу железа и цемента, соединяя таким образом нефтеносный или газоносный пласт с колонной. Затем в скважину спускают насосно-компрессорные трубы и закачкой воздуха или воды начинают выдавливать из скважины тот раствор, который помогал цементу встать на место, а теперь мешает вырваться наружу нефти или газу. Но сейчас устье скважины закрыто фонтанной головкой с массой задвижек, от которых протянуты трубные отводы: магистральный и на сжигание. Поток нефти может быть в любой момент перекрыт или на-

правлен туда, где он нужен. И вот, по мере удаления раствора скважина начинает просыпаться.

Поскольку чаще бывает, что из скважины выкачивают не раствор, а сменившую его воду, которая имеет меньшую плотность, то рвущимся из пласта нефти или газу легче справиться с водой. Наконец, давление пласта пересиливает давление водяного столба, и вода начинает переливаться через край трубок, через срез полностью открытой последней задвижки. Сначала это чуть заметное переливание, маленький горбик воды, видный лишь на уровне среза задвижки. Затем он становится все больше и больше и превращается в фонтанчик — значит, бушующие силы внизу набирают темп. И пора закрыть задвижку и направить воду по трубе подальше в сторону, где можно будет поджечь идущие на смену воде нефть или газ. Наконец, нужные задвижки закрыты, а на отводе скважина начинает фыркать водой, водой с газом, водой с нефтью, нефтью с газом. Если идет чистый газ с большим дебитом, то раздается свист, который слышен далеко, за несколько километров. Сжигают в факеле так называемый попутный газ, растворенный в нефти и образующий над нефтяным пластом «газовую шапку». Конечно, это расточительство. Впрочем, в нашей молодой нефтегазоносной области — Западной Сибири — специалисты нашли способ его утилизации. На нем работает ТЭЦ нефтяного западно-сибирского центра — Сургута.

Горящие газовые факелы — впечатляющее зрелище. Они видны за десятки километров. Когда пылающий столб знаменует собой начало эксплуатации новой скважины, то им можно и полюбоваться. Но бывает иначе.

Мы привыкли к выражениям такого типа: «мощный фонтан черного золота ударил там-то и там-то». Так и представляется, как бьет, разлетаясь брызгами, громадный черный фонтан.

В действительности все не так. Такие фонтаны бывают, но это считается грубейшим нарушением технологии нефтедобычи. Нам нужны фонтаны укрощенные, управляемые, открытый фонтан — бедствие, катастрофа. Это происходит тогда, когда нефть или газ вырываются из устья скважины, еще не готовой к их принятию. Такое бывает при бурении или испытании,

когда давлением газа срывает фонтанную головку, не рассчитанную на вырвавшуюся из пласта силу. Одному из авторов довелось быть свидетелем возникновения такого фонтана.

Газ, находившийся на глубине 2900 м, выбросил раствор за несколько минут. Неполностью законченный монтажом превентор не смогли закрыть за эти минуты, и люди стояли вдали от вышки, глядя на столб газа, который с воем обдувал вышку, готовый вспыхнуть от любой песчинки, выносимой из пласта и способной высечь искру о металлические пояса вышки или об инструмент, находившийся в скважине. Но газ пока не вспыхивал, слабый ветерок относил его в сторону. Это тоже было опасно. Накопившись, он мог взорваться, погубив не только вышку, но и людей.

Еще достаточно светлая северная ночь тоже как бы оцепенела, застыв над столбом газа. Он вспыхнул через полтора часа. А уже через 5 мин стальная 43-метровая вышка упала, искореженная огнем. Сгорело насосное отделение, голубые громадины насосов обуглились, почернели. Загорелся сарай с химическими реагентами. Люди собрались на временной дороге — лежневке, тянущейся через болото. Их постепенно эвакуировали в безопасное место.

Утро застало безрадостную картину: посреди болота бушевал неуправляемый столб пламени, освещавший жалкие остатки буровой. Фонтан мог погубить не только скважину, но и все месторождение. Были вызваны из разных городов страны пожарники, военизированные горноспасательные отряды. Настроение местных буровиков, допустивших этот выброс, было, мягко говоря, тяжелым. Решили в первую очередь растащить оборудование, мешавшее производству работ, построить трубопровод, который подавал бы воду из ближайшей речки к месту пожара, провести насыпную дорогу через болото, затем пескоструйной пушкой отрезать торчавшую из скважины квадратную трубу и приступить к тушению пожара с помощью воды и реактивных установок, сильными струями воздуха сбивающими пламя. После тушения натянуть на оставшийся фланец превентора новый превентор с отводами только на сжигание.

Тушение пожара продолжалось три недели. Превентор, поставленный на устье, закрыли, и столб пла-

мени направили по двум отводам в сторону. Теперь пламя было неопасно, но в воздух вылетали миллионы кубометров газа. К тому же стремительно уходящий газ мог подтянуть за собой подземные воды и обводнить месторождение. Поэтому сверху установленного превентора был установлен еще один, чтобы соединить насосы с квадратной трубой и через нее залить в скважину 300 м³ тяжелого глинистого раствора. Скважина замолчала. Потом отстроили новую вышку, и скважина снова заработала. Пожалуй, это был один из редчайших случаев спасения скважины, давшей выброс, открытый фонтан. Поэтому руководители и участники спасательных работ были награждены.

Такой благополучный исход — редкость. Борьба с открытыми фонтанами ведется месяцами, а подчас и годами. Сила подземной стихии такова, что сотни метров труб массой не один десяток тонн выбрасываются из скважины, как спички. Разбушевавшийся газ настолько разрушает устье скважины, что образуется кратер, куда проваливается и вышка и все оборудование, иногда на десятки метров. Бывает, что кратер заливается водой. А почва вокруг него еще продолжает дышать струйками газа, выбивающегося из глубин, и нога проваливается в разрыхленную этими струйками землю.

На борьбу с бедствием, особенно с пожарами, бросается различная техника, даже военная. Самолеты налетают на пожар, как на противника, пытаются бомбовым ударом сбить пламя. Чтобы перекрыть ствол горячей скважины на глубине, бурятся другие скважины — наклонные. А если и с их помощью не удастся перекрыть путь рвущемуся вверх газу, то применяются подземные взрывы различной мощности.

Геолого-технический наряд (ГТН)

Так называется основной документ, без которого не начинается бурение ни одной глубокой скважины. Кто же составляет этот документ, это руководство к действию? Геологи-нефтяники и инженеры-буровики. Как архитекторы и проектировщики сначала «возводят» здание на листах ватмана, так геологи и буровики составляют проект будущей скважины. ГТН со-

стоит из двух частей, как это и следует из названия: из геологической и технической, причем техническая полностью зависит от геологической. Ведь конструкцию скважины буровики проектируют исходя из того, что им уже известно о геологическом разрезе. Невелика мощность верхних рыхлых пород, насыщенных грунтовыми водами — невелика и глубина спуска первой обсадной колонны, называемой направляющей и имеющей самый большой диаметр. Внутри ее пропускается кондуктор — вторая трубная облицовка скважины.

Если направляющая труба должна прочно встать основанием на коренные, лучше глинистые, породы, то кондуктор обязан изолировать верхние водоносные горизонты от влияния скважины и от воздействия бурового инструмента. Представьте себе вращающуюся стальную колонну, которая изгибается под нагрузкой, трется о стенки, иногда даже не трется, а со страшной силой колотится о них. Верхние 800—1000 м разреза подвергаются этим нагрузкам в 3—4 раза дольше, чем нижние. На 1000-метровой глубине скорость бурения замедляется уже почти в 2 раза.

Пространство между направляющими трубами и кондуктором и стенками скважины сплошь заливается цементом, чтобы не нарушался гидродинамический режим верхних водоносных слоев, вода которых пригодна для питья и необходима городам и поселкам, заводам и совхозам.

Размер кондуктора, как можно догадаться, тоже определяется геологическим разрезом. Если в разрезе есть неустойчивые породы, такие как соль, или осыпающиеся, а может быть разбухающие, то для скважины надо запроектировать третью колонну обсадных труб — техническую. Если колонна не спасает дело, то ставят вторую.

Геологический разрез диктует не только конструкцию скважины, но и параметры промывочной жидкости. Трещиноватые, кавернозные горизонты пород, которые могут поглотить промывочную жидкость, бурят с вязким густым глинистым раствором, но не очень тяжелым, чтобы не создавать ненужного давления на пласт. Зато горизонты водонасыщенные, особенно нефте- и нефтегазонасыщенные, требуют раствора тяжелого, со специальными реагентами, чтобы предот-

вратить возможный опасный выброс. Когда же скважина проходит слон каменной соли, то промывочную жидкость подсаливают, чтобы не растворять породу.

Да и сам процесс бурения определяется разрезом пород и нуждами геологов. Для одних пород применяются трехшарошечные долота, для других — алмазные. Когда необходимо извлечь столбик породы — керн, долото заменяют коронкой, размалывающей породу на забое по окружности, но оставляющей ее нетронутой по центру скважины. Более рыхлые породы — нагрузка на долото поменьше, более твердые — нагрузка побольше.

Буровой мастер стоит за рычагами управления и постоянно держит в памяти разрез, через который идет скважина, а знает он его из ГТН. А в ГТН по мере углубления скважины рядом с проектным геологическим разрезом заполняется и разрез фактический. Часто оба разреза выглядят как близнецы, и это заслуга геологов, сумевших точно представить себе начинку «земного пирога».

Чем можно заменить долото!

Этот вопрос не следует понимать в прямом смысле. Нет, не заменить износившееся долото новым, а вообще заменить его чем-то иным, принципиально отличающимся, и делать скважины совершенно новыми способами. Хотя сегодня в бурении и применяются два основных способа: роторное — это сила могучих дизелей, вращающих ротор, а следовательно, и всю колонну бурильных труб, зажатых в роторе; и турбинное — это сила могучих насосов, подающих внутрь неподвижных труб раствор, который вращает лопасти турбобура, но принцип разрушения породы у обоих способов одинаков. В том и в другом случае скважину пробуривает долото. Казалось бы, что еще придумать, когда скважины бурятся, нефть добывается, к тому же добыча ее увеличивается из года в год. Но инженерная мысль не стоит на месте, да и век наш такой, что требует все больших и больших скоростей бурения. Все более совершенствуется турбинное бурение. Но и у этого способа, несмотря на его экономичность, есть свои недостатки. С уменьшением диаметра скважины производительность турбобура, кото-

рый тоже должен уменьшиться в размерах, падает. Постоянным же диаметр скважины оставить нельзя, он обязательно будет уменьшаться со спуском каждой новой колонны обсадных труб.

А нельзя ли вообще отказаться от долота? В настоящее время изобретены и продолжают изобретаться различные способы разрушения пород. Многие из них находятся еще на ранних экспериментальных стадиях. К ним относятся электрофизические методы, например воздействие на породы электрических и магнитных волн или разряда высокого потенциала с предварительной ионизацией слоя. Уже применяемый на практике взрывной метод состоит в том, что скважина подвергается бомбардировке ампул-зарядов в пластмассовой оболочке, которые достигают забоя с потоком промывочной жидкости. Взрывной метод дорог, но зато скорость бурения скважины возрастает в несколько раз. Термический метод бурения с применением электродугового разряда, видимо, не найдет широкого применения, поскольку его технология сложна и требует серьезной доработки. Дело в том, что электроды, воспламеняющие топливо, подаваемое по трубам с поверхности, очень быстро сгорают, и термобур работает ничтожно мало.

Любопытен метод, основанный на кавитации, т. е. на образовании пустот в движущейся жидкости. Если опустить на забой скважины полые стеклянные шарики и суметь раздавить их, то в буровом растворе возникает колоссальное давление, энергия которого во много раз превышает энергию, образующуюся при взрывном методе.

Существует гидромониторный метод (воздействие на породу напором жидкости, подаваемой по трубам под большим давлением), тепловой (прожигание породы ракетой, которая создает перед собой колоссальную температуру и давление). Но все перечисленные методы даже при полностью отработанной технологии годятся для бурения только эксплуатационных скважин. Почему? Да потому, что они не дают геологам достаточной информации о разрезе горных пород. К тому же эти методы могут быть применены в основном на суше, при бурении сквозь толщу воды дело осложняется. А бурение сегодня все дальше и дальше уходит от берегов.

Искусственные острова и небоскребы на море

Континентальный шельф занимает около 20% всей площади океанов и морей. Примерно треть шельфа по геологическим данным нефтеносна. Богатство велико, но как до него добраться? Самое простое решение — забить на мелководье сваи, положить на них платформу, поставить вышку и разместить обычное буровое оборудование. Такое предложение было внесено более 70 лет назад русскими инженерами на Апшероне. Инженер В. Потоцкий пошел дальше. Он предложил засыпать Биби-Эйбатскую бухту, создать рукотворный берег. До революции его проект так и остался проектом. Лишь в 1926 г. на месте бухты возник промысел «Бухта Ильича». А после Великой Отечественной войны на Каспии был создан промысел «Нефтяные камни». Он стоит на стальных сваях, его эстакадные дороги протянулись на сотни километров, а продукция за четверть века составила 120 млн. т.

Однако ставить буровые на сваях или создавать искусственные острова можно только на мелководье. Для бурения на глубине было предложено заменить сваи выдвижными опорами. Автором этой идеи был военный специалист английский полковник де Лонг. Построенная по его проекту платформа помогла в 1944 г. быстро погрузить тяжелую технику при отправке десанта в Нормандию. Принцип выдвижных опор лег в основу конструкций погружных платформ, в частности английской платформы «Си джем», затонувшей в конце 1965 г. Как показало расследование, беда произошла из-за того, что течения изменили подводный рельеф того места, на котором стояла «Си джем». Когда же платформа стала опускаться по опорам, чтобы принять плавучее положение, нагрузка на опоры изменилась, платформа получила крен, подломила часть опор и, видимо, получив пробоины, затонула. Из 32 человек обслуживающего персонала платформы проходившему мимо английскому грузовому судну «Болт ровер» удалось спасти всего 12.

Погружные платформы мобильны, могут использоваться для бурения скважин многократно, но радиус действия их ограничен небольшими морскими глубинами. Если при глубине 60—70 м такая платформа, повисшая над уровнем моря на высоте 10 м вне пределов досягаемости штормовых волн, представляет

собой довольно прочную конструкцию, то с увеличением толщи воды, а соответственно и высоты опор, она становится ненадежной. Но нефть добывают и на больших глубинах. Для этого применяются полупогружные платформы.

Первая такая платформа, построенная в 1962 г. по заказу американской компании «Шелл», погибла в Мексиканском заливе во время шторма. Тем не менее вскоре была создана целая флотилия подобных сооружений. Что же представляет собой полупогружная платформа? Принцип ее довольно прост: платформу поддерживают «горлышки» бутылеобразных поплавков, более чем наполовину погруженных в воду. В работе полупогружные платформы довольно стабильны, так как волнение моря сильно ощущается в самых верхних слоях воды, с глубиной же оно резко ослабевает. На месте платформа удерживается с помощью нескольких якорей, общая масса которых достигает ста с лишним тонн.

Вслед за американцами полупогружные платформы стали строить англичане, немцы, французы. Все они вносили различные улучшения в конструкцию. Англичане превратили бутылеобразные поплавки в понтоны с заостренными носами, подобные корпусам обыкновенных кораблей. Новинка улучшила ходовые качества платформ при транспортировке. Построенные в Гамбурге «Трансокеан-3» и «Трансуолд-61» сочетали в себе качества погружных и полупогружных платформ. К сожалению, обе немецкие платформы потерпели крушение. Французские конструкторы учли неудачи соседей и пришли к выводу, что полупогружная платформа будет тем устойчивее, чем на большее количество поплавков она опирается. Тем не менее они остановились на возможно наименьшем количестве понтонов — пяти, отсюда и название серии их платформ — «Пента». Французы же снабдили свои платформы ходовыми двигателями. Это приблизило их к давно известным буровым судам, которые еще до появления первых платформ занимались разведкой нефти на дне морей. Почему же нужно было изобретать платформы, чтобы потом вновь возвращаться к конструкции, близкой к корабельной? От корабля пришлось отойти по очень простой причине: бурение на пляшущем на волнах судне во время даже не

шторма, а просто сильного ветра невозможно. Однако такой представитель эскадры буровых судов, как «Гломар Челленджер», великолепен. Правда, это научно-исследовательское судно не предназначено специально для поиска нефти и газа, но оно позволяет бурить скважины в океаническом дне сквозь 6-километровую толщу воды, поднимать и вновь опускать инструмент в скважину. Причем удерживается корабль на месте без якорей, несмотря на ветры и течения. Сигналы опущенных на океаническое дно акустических буев принимаются и обрабатываются на ЭВМ. В результате судно автоматически удерживается в круге радиусом 15 м.

Как мы видели, освоение залежей черного золота происходит трудно, подчас трагически. И все-таки нефть зовет поисковиков, и они устремляются и в штормовые моря, и в не менее суровые края на суше. Но поиск идет не только вширь, но и вглубь.

Борьба за глубину

Глубина скважин постоянно возрастает. Борьба за глубину — это борьба за новые месторождения, за познание всех закономерностей строения Земли, что скажется не только на поисках нефти и газа, но и на всех других отраслях человеческих знаний. Борьба за глубину — это и извечное стремление человека покорять все большие расстояния. И вот, оказывается, глубины Земли покоряются труднее, чем высоты космоса.

С глубиной растет давление: 7000 м — 700 кгс/см², 8000 м — 800 и более. С глубиной возрастает температура, существуют скважины, где на забое довольно «жарко» (250°C). С глубиной слабеет стальная нитка эксплуатационных колонн, длина которых доходит до 9 км, и все это через тоненькую дырочку в Земле, которую миллиметр за миллиметром сверлит твердый сплав или алмазы долота. Именно миллиметр за миллиметром, и конечные метры, конечные километры слагаются из сотен дней непрерывного бурения. Скважины глубиной 7000 м и более бурятся не менее года при непрекращающейся круглосуточной работе. Поэтому и измеряются скважины все-таки не километрами, а метрами: 5144, 6020, 7011 м и т. д. Скважина глубиной 3500 м — это уже целый завод.

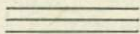
С трудом был перейден 7-тысячный рубеж. Скважина Университи ЕЕ-1 в США глубиной 7782 м 12 лет оставалась «рекордсменкой». В 1970 г. рекорд был побит скважиной 1-СЛ-5407 в штате Луизиана: 7803 м. В январе 1972 г. в штате Техас была достигнута глубина 8687 м. А в следующем году была пробурена скважина 1-Бейден в штате Оклахома: 9159 м. Это уже ультраглубокое бурение. Высота буровой вышки составляла 43,3 м, грузоподъемность вышки — 900 т, мощность буровой лебедки — 3000 л. с., а каждого из двух буровых насосов — 1650 л. с., емкость основной циркуляционной системы — 400 м³, резервной — 500 м³. Противовыбросовая арматура рассчитана на давление 1055 кгс/см².

Внушительно, не правда ли? И стоит денег. Только один раствор по этой скважине стоил больше миллиона долларов. А в целом стоимость скважины превысила 5 000 000 дол. Одних труб было опущено почти 1500 т, начиная от направляющей диаметром 90 см и кончая 12-сантиметровой эксплуатационной колонной. На этой скважине был установлен еще один рекорд: на крюке кронблока вышки, с помощью которого опускаются трубы, висела 600-тонная обсадная колонна! Эту колонну спустили на глубину 4699 м. Были на скважине и аварии, но они достаточно быстро ликвидировались.

Рекорд держался недолго. В 1974 г. в штате Оклахома пробурена скважина глубиной 9538 м.

Но, видимо, рекорды и существуют для того, чтобы побивать их и ставить новые.

Глубокая скважина, уже чисто «нефтяная», будет пробурена в Азербайджане.



— Масса самого большого бурового долота составляет 500 кг, самое маленькое долото весит всего 500 г.

— В мире пробурено более трех миллионов только глубоких нефтяных и газовых скважин, не считая более мелких другого назначения.

— В 1974 г. в США было пробурено 8619 скважин общей длиной 1508,5 тыс. м, в СССР — 3137 скважин длиной 529,2 тыс. м. За тот же период в СССР было открыто 98 месторождений, в США — 96.

— Количество непродуктивных скважин в нашей стране уменьшается с каждым годом. Если в 1973 г. 33% пробуренных скважин оказались продуктивными, то в 1974 г. — 40%.

— Самые большие дебиты добываемой из скважины нефти составляют 10—15 тыс. т в сутки.

— На североамериканской платформе глубина 9000 м характеризуется пластовым давлением до 2100 кгс/см² и температурой до 316°С.

— Алмазное долото при бурении с турбобуром делает на забое до 1000 об./мин при нагрузке на него 8—10 т в течение круглых суток, а то и недель.

— Буровая вышка с оборудованием весит больше 100 т. Каждый из насосов весит 20 т.

— Стальные трубы выдерживают свой вес до глубины 10 тыс. м. Если трубы сделать из титана, то с их помощью можно бурить до глубины 18 тыс. м.

— 90 стран пробурили в море свыше 9000 скважин и открыли 300 месторождений.

— Размах работ при морском бурении стал настолько велик, что только в Мексиканском заливе компании «Петролеум хеликоптерс инк» приходится ежемесячно перевозить до 70—80 тыс. человек.

— Общая площадь «суши» над Каспием, т. е. свайных островов и эстакад, составляет более 2 млн. м². Общая длина дорог на эстакадах превышает 300 км.

— Одна из крупнейших в мире полупогружных платформ «Запата югланд» может бурить скважины глубиной до 7600 м при толще слоя морской воды 305 м. Она может выдержать ураганный ветер до 125 узлов и напор волн высотой до 30 м.

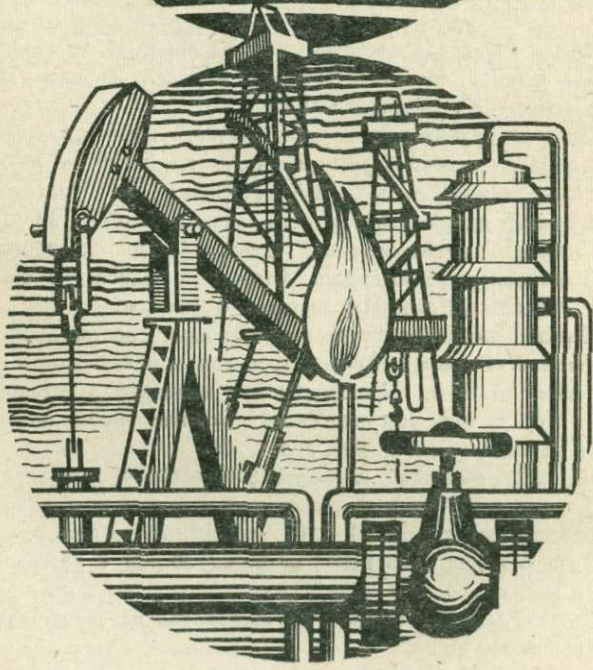
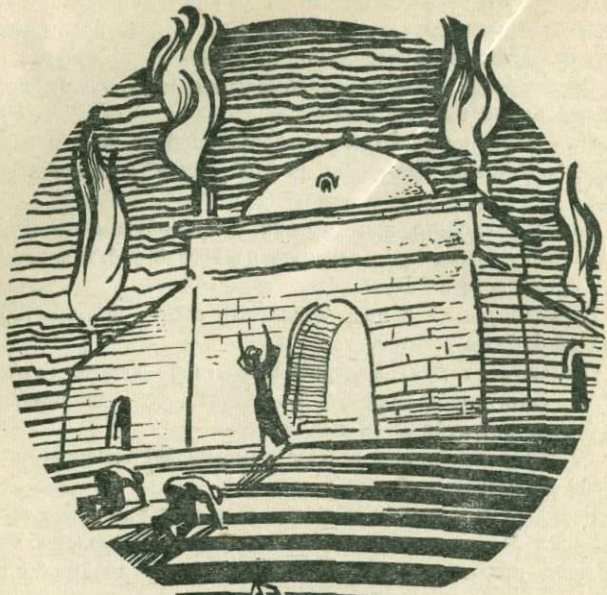
— Стоимость проходки одной сверхглубокой скважины в среднем составляет 1,5 млн. дол. Стоимость одной из самых глубоких скважин «Бейден-1» достигла 6 млн. дол.

— Первая морская буровая установка, построенная в 1953 г. фирмой «Одеко», стоила 2 млн. дол. и могла бурить при глубине моря до 12 м. Прошло 20 лет, и новейшая установка позволяет бурить при неограниченной глубине моря, но зато стоимость ее выросла до 21 млн. дол.

— На одну скважину глубиной 3000—3500 м расходуется 200—300 т труб, 200—300 т высококачественного цемента, 200—300 т бентонитовой глины, 70—100 т различных реагентов.

— Одна буровая «съедает» за месяц 50—60 т дизельного топлива и масла.

— Стоимость метра бурения на сверхглубоких скважинах в среднем равна 250 дол.



КАК ВЫМАНИТЬ НЕФТЬ НА ПОВЕРХНОСТЬ!

Удача! Поисковая скважина вскрыла нефтеносный пласт. Но это вовсе не значит, что здесь появится новый промысел. Ведь первая полученная нефть отнюдь не всегда становится предметом добычи. Во-первых, из одной скважины нефть не добывают. Во-вторых, нужно узнать, сколько ее содержится в пласте, будет ли ее добыча рентабельной. Чтобы судить об этом, нужно подсчитать запасы скрытого в недрах черного золота. А для этого надо узнать объем залежи. Как это сделать?

Следующий этап в долгой погоне за нефтью начинается с бурения новых скважин, называемых разведочными. Поиск окончен, началась разведка, цель которой — установить контур, мощность и другие параметры залежи. Допустим, что поисковая скважина вскрыла самую простую по строению нефтяную залежь — куполовидную. Ловушка, куда попала нефть, надежная, покрывка состоит из плотных непроницаемых глин, снизу нефть подпирает зеркало пластовых вод. Поскольку это зеркало, или, иначе говоря, водонефтяной контакт, почти всегда горизонтально, его площадь становится фактором первостепенной важности при подсчете запасов. По сути дела, это пол, на котором лежит наше драгоценное горючее. И очень хорошо, что пол горизонтален, потому что будь он произвольной формы, как стены и крыша ловушки, то нам стоило бы гораздо большего труда точно подсчитать объем. Ведь даже эта куполовидная залежь не так уж проста по форме. В какой-то ее части может измениться мощность то всего пласта, то его проницаемой части, а вместе с этим меняется и объем, заполненный нефтью. К тому же на каком-то участке пласт может быть размыт или ограничен сбросом.

В прошлом на разведку контура залежи скважин не жалели, стараясь подсечь его во многих точках. Если структура имела куполовидную форму, ее начинали разбуривать еще на поисковом этапе двумя пересекающимися профилями скважин, а затем уж закла-

дывались разведочные скважины по предполагаемому контуру. В последние годы проведены исследования по теоретическому обоснованию расхода разведочных скважин. Ведь бурение в нефтяном деле — это половина стоимости всех работ. Но чем больше мы открываем месторождений, тем экономней должны расходовать средства, опыт-то накапливается. Число разведочных скважин теперь сокращается, потому что на следующем этапе работ — подготовке месторождения к эксплуатации — площадь залежи все равно будет утыкана скважинами по рассчитанной, обычно треугольной сетке.

Эксплуатационные скважины нужно бурить обязательно, а как же обойтись без разведочных? Предпринимаются попытки заменить их новейшими электроразведочными приборами. Дело в том, что нефтяная залежь ведет себя в недрах как электрически обособленное тело. В будущем его, видимо, удастся засекать довольно точно на электродиаграммах, но пока, к сожалению, такие работы не вышли еще из стадии опыта.

Будущее — за прямыми методами, непосредственно картирующими не ловушку, а залежь. Помимо электроразведки, к прямым методам относится газометрическая (геохимическая) съемка, при которой на земной поверхности улавливается поток рассеиваемых залежью углеводородов. Однако точность и этой съемки также оставляет желать лучшего, и газометрия считается пока средством вспомогательным.

С помощью разведочных скважин выясняется площадь распространения водонефтяного контакта и мощность нефтенасыщенного пласта, которая в разных частях залежи, естественно, различна. Но чтобы произвести подсчет запасов открытого месторождения, надо располагать определенными данными. Кое-что у нас уже есть, а именно, объем нефтеносной породы. Как ни сложна конфигурация продуктивного пласта, которую геологи получили при построении структурных карт и разрезов, но математический аппарат позволяет получить относительно точный объем. Но этого мало. Сама нефть занимает не так уж много места в породе, заполняя лишь поры, трещины и прочие мелкие пустоты. Емкость этих пустот определяется в результате лабораторных анализов образцов пород,

взятых из разных частей пласта. Однако и этого мало. Поры и трещины никогда не бывают заполнены нефтью до отказа. Процент заполненности также определяется лабораторным путем. Кроме того, известно, что всю нефть извлечь из пород не удастся никогда, применяя даже самые современные, самые передовые методы. В недрах ее остается больше половины. Учитывая эти факторы, геологи производят расчеты и полученные данные об извлекаемых запасах передают экономистам.

Перед экономистами встают задачи совершенно иного порядка. Им нужно учесть многое: стоимость уже проведенных поисковых и разведочных работ и создания новых эксплуатационных скважин, обустройства промысла, прокладки трубопровода или постройки дорог, системы энергоснабжения и т. п.

Нефтяные погреба

В этих погребах нет ни полок, ни сосудов. Роль тех и других играют различные горные породы, именуемые породами-коллекторами. Если дословно перевести с латинского, коллектор — значит собиратель. Знать, как выглядит порода-коллектор, очень важно. Почему? Да потому, что от этого зависит выбор методов добычи нефти и газа, режима разработки всего месторождения и работы каждой скважины.

Самым приятным для нефтяников является коллектор из песка или песчаника. В такой породе между песчинками одного размера сохраняются и пустоты примерно одного размера, причем идеально соединенные. При вскрытии такого продуктивного пласта нефть начинает свободно двигаться к забоям скважин, легко вытесняемая подошвенной водой. Пустоты в таком коллекторе иногда занимают более четверти объема породы и практически целиком заполнены нефтью. Но даже такая порода не может отдать все содержащееся в ней полезное ископаемое. Ведь нефть прочно обволакивает зерна песка тонкой пленкой, которую вода не в силах ни оторвать, ни разрушить, так что извлечь такую пленочную нефть невозможно, 50—70% запасов коллектора остается в пласте. Поэтому всегда определяют не только общие (геологические) запасы, но обязательно и изв-

легаемые. Если бы нефть вела себя как газ, который вытесняется из коллектора на 100%, все было бы проще.

Но идеальные породы-коллекторы в природе встречаются редко. Обычно обломочный материал пород отсортирован плохо, зерна имеют разные размеры, к тому же скреплены друг с другом глинистыми частицами. Если до насыщения пласта нефтью по нему происходило движение минерализованных вод, то пустоты между зернами частично заполнены принесенными водой солями углекислоты или кремнезема, так что места для нефти остается совсем немного — меньше одной шестой, а то и одной седьмой объема породы. И из такого коллектора удастся извлекать всего лишь четверть всей содержащейся нефти.

Оба описанных коллектора относятся к одному типу — поровому (порами специалисты называют пустоты, образовавшиеся при формировании породы). В те времена, когда нефть добывалась только из поровых коллекторов, считалось, что других коллекторов и быть не может. Однако оказалось, что в природе не менее широко распространены породы-коллекторы с сообщающимися системами пустот-трещин и пустот-каверн. Первые образуются при различных тектонических деформациях земной коры, вторые — при выщелачивании пластовыми водами растворимых минералов. Такие породы получили название коллекторов трещинно-кавернозного типа. Этот тип коллектора очень капризен. Часто бывает так, что рядом со скважиной, дающей более сотни тонн в сутки, другая скважина дает всего лишь тонну-две. Это вызывается неравномерностью распределения сообщающихся систем каверн и трещин.

Если системы пустот в виде пор перекрываются вторичными системами каверн и трещин, образуется новый тип коллектора — трещинно-поровый. Теперь, когда эти типы пород-коллекторов определены, кажется удивительным, что в свое время такие породы, как известняки и доломиты, считались неспособными выполнять функцию коллектора. А ведь в чистых известняках по трещинам образуются каверны и полости до 5 мм в диаметре. Еще более крупные вторичные пустоты образуются в неравномерно-зернистых доломитах. Не учитывать трещиноватости

пород и развившейся по ней кавернозности — значит обкрадывать самих себя, поскольку увеличение емкости пустот — это увеличение емкости пласта.

Знание типа породы-коллектора — знание подземной кладовой. Темпы отбора нефти и способы ее добычи прямо зависят от характера пласта-коллектора. Если коллектор полностью насыщен и не изолирован от подошвенных вод, то нефть из скважин долго будет выходить самотеком. Если коллектор похуже (с невысокой проницаемостью, а значит, и с малой насыщенностью), то на него и пластовые воды воздействуют слабо. Тут приходится думать, какое искусственное давление оказать на пласт, чтобы коллектор все-таки отдал содержащуюся в нем нефть.

Впрочем, помимо знания о коллекторе нужны знания и о тех породах, которые покрывают коллектор и не дают нефти или газу прорваться наверх и рассеяться в верхних слоях или уйти подземными водами. Лучше всего, когда покрывкой служат глины. Но и они, оказывается, обладают разными свойствами, хотя с виду их можно принять за близнецов. Одни оказываются способными пропускать через себя углеводороды, другие же обладают свойствами надежной пробки, так что помимо знания объема и качества породы-коллектора надо иметь ясное представление и о породах, запечатывающих нефть в ловушке.

Месторождение работает

Крупное месторождение осваивается с помощью многочисленных скважин по определенному плану (сетке разбуривания). Если его площадь составляет 200 км², а единица сетки — квадрат со стороной 400 м, в каждом углу которого бурится скважина, то нетрудно подсчитать, что для освоения такого месторождения потребуется 1250 скважин. А месторождения таких размеров — не редкость.

Шаг сетки разбуривания — один из главных вопросов, которые решаются проектом разработки месторождения, и зависит она от многих данных: свойств пласта, хорошо или плохо отдающего нефть, режима работы залежи, которая может отдавать нефть под давлением воды, подпирающей ее с боков, за счет упругих сил газа, растворенного в нефти, или

за счет газовой шапки, находящейся в куполе нефтяного месторождения. Таких режимов в нефтяной геологии насчитывается 5, часто несколько из них действуют одновременно, и все это, как и свойства пласта, глубина и стоимость скважин, возможность поддержания в пласте давления искусственным способом, учитывается при составлении проекта разработки.

С одной стороны, чем больше пробурить скважин, тем быстрее и больше можно достать из пласта нефти. С другой стороны, уж очень дорого обходится это бурение. Вот и ищут «золотую середину». Сейчас при разбуривании большинства месторождений расстояния между скважинами колеблются в пределах от 300 до 1000 м.

Выработать теоретическое обоснование числа скважин очень сложно: слишком много факторов действует в течение 20—30-летнего периода эксплуатации пласта. И вот в Советском Союзе на Бавлинском месторождении в Татарии проводится эксперимент, который длится не сутки и не месяц, а больше 15 лет. Суть его в следующем. Сетку эксплуатационных скважин разрешили в два раза, законсервировав половину из них и перераспределив между оставшимися добычу нефти. В течение 15 лет наблюдали за поведением пласта и за количеством добываемой нефти, дебитами, сравнивали результаты с итогами работы по старой, более густой сетке. Эксперимент должен был помочь решить две задачи: определить, удержится ли достигнутый уровень добычи нефти при меньшем числе скважин и какова будет конечная нефтеотдача всего месторождения. Результаты получились самые обнадеживающие. Ответ на первый вопрос был получен уже через 3 года. Консервация половины действующих скважин не отразилась на уровне добычи топлива.

Вторая задача еще не решена окончательно: месторождение продолжает работать, но уже сегодня можно сказать, что если конечная нефтеотдача и будет отличаться от проектной, то незначительно, экономически несравнимо с затратами на бурение вдвое большего числа скважин.

Конечная нефтеотдача на Бавлинском месторождении приближается к 0,6. Это значит, что после

окончательной выработки месторождения в земле останется 40% нефти. Это очень много. Но если взять этот коэффициент в среднем по всем месторождениям мира, то он окажется еще меньше — 0,33, т. е. в пласте остается 2/3 запасов. Повышение коэффициента нефтеотдачи — первейшая задача разработчиков.

Водная инъекция

Такая задача у нас была решена на нескольких месторождениях. Решена способом, сейчас кажущимся не таким уж сложным, но... все мы знаем, что решение кажется простым, когда оно уже есть. Смысл решения заключается в том, чтобы «поддерживать» выдыхающийся пласт, зарядить его дополнительной энергией, которая поможет быстрее и эффективнее выкачать нефть.

Залежь подпирается с боков водой, которая и является движущей силой, поршнем, давящим на нефть, собирающим ее к центру и двигающим в пробуренные скважины к выходу на поверхность. Но мы отбираем нефть быстрее, чем идет поступление краевой воды, быстрее, чем движется этот поршень, очень сложно связанный гидродинамически со всеми остальными слоями земли.

И вот приходит блестящая мысль: а что, если мы сами начнем закачивать в пласт воду, помогая природной воде выталкивать нефть, повышая давление поршня, которое уже падает? Решение оказалось правильным. Закачивая воду, а в некоторых случаях и газ, в скважины, расположенные за границей движущейся нефти, ученым и промысловикам удалось не только удержать скважины длительное время на режиме фонтанирования, когда нефть сама изливается из скважины под давлением изнутри, но и повысить коэффициент извлечения нефти из пласта. Этот метод получил название законтурного (если вода закачивается за контуром нефтяной залежи) или внутриконтурного заводнения. Внутриконтурное заводнение было применено на Ромашкинском месторождении, которое как бы разрезали на несколько частей, как пирог, и каждый кусок разрабатывали отдельно.

Недавно в печати промелькнуло сообщение, что американские ученые изобрели жидкость, при закачке которой в пласт нефтеотдача его увеличивается до 0,8—0,85. Если это так, то, безусловно, мы сможем чуть ли не в 2 раза повысить добычу нефти.

Уже сейчас нефть настолько дефицитна, что даже старые месторождения с дебитами скважин 0,5—1,0 т в сутки являются в ряде случаев рентабельными. Так, Октябрьское месторождение недалеко от Грозного, которое эксплуатируется с 1917 г., выдает в извлекаемой жидкости 99% воды, но поскольку 1% (тонна в сутки) составляет нефть, оно продолжает служить. Правда, воду на данном месторождении не надо закачивать в пласты, она поступает с предгорий Кавказа, где эти пласты выходят на земную поверхность. Редкое месторождение может похвастаться таким долголетием.

Вода, поступающая с нефтью, отделяется в сепараторах, как и газ, всегда, хоть и в небольшом количестве, растворенный в нефти. Отделение воды и газа, хранение, перекачка нефти — все это заботы промысла. Когда месторождение наконец начинает давать продукцию, площадка затихает. Совсем недавно здесь ревели дизели буровых, моторы сотен автомобилей, перевозивших грузы. А сейчас тихо. Ведь скважины, особенно первые 10—15 лет, работают сами, за ними нужно только следить, поддерживая заданный режим. Манометр на фонтанной головке показывает давление выходящей нефти или газа, штуцер—шайба с маленьким отверстием — регулирует количество поступающей нефти. Все тихо и безмятежно, только приложив ухо к трубе, по которой идет нефть, можно услышать работу и движение, которые начинаются внизу, в пласте.

На помощь приходят насосы

Но напор пластового давления не вечен, даже если пласту сделана водная или газовая инъекция. Залечь капризничает, когда она изолирована от пластовых вод зоной плохой проницаемости, проходящей по подошве пласта. Бывает это оттого, что поры и трещины в породе забиты битумом или кальцитом. Энергии растворенного газа хватает ненадолго. По-

тревоженная закачаным газом нефть не добирается до поверхности, застревая где-то на полдороге или вообще на забое. Вот тут на месторождении начинается насосный способ добычи, над скважинами встают станки-качалки.

Эти насосы придают старым промыслам вид неповторимый и удивительный. Человека, никогда не видавшего подобной картины, при первой встрече смущает пустынный, какой-то неземной пейзаж. Как донсторические птицы с огромными клювами, стоят и кивают станки-качалки, будто клюют невидимое зерно. Людей нигде не видно. Иногда какая-нибудь из качалок замрет в неподвижности, потом через несколько часов вновь начинает кивать. И странно это, потому что вроде бы никто не подходил к ней. Догадываешься, конечно, что управление дистанционное, что где-то на пульте вспыхнула сигнальная лампочка и оператор отключил на время электромотор качалки, но ощущение, что это стальное чудовище живо какой-то своей собственной жизнью, не проходит.

Ну, а если мы разберемся в технической сути устройства станка-качалки, то убедимся, что оно относительно простое и напоминает обыкновенную водозаборную колонку. Так же, как мы, повесив на кран ведро и двигая рычаг, качаем воду, так и станок качает нефть. Только он должен быть во много раз сильнее человеческой руки, поскольку колонна стальных штанг с насосом на конце составляет не одну сотню метров.

Иногда на скважинах ставят и центробежные насосы, но это не очень удобно, так как нефть проходит через их движущие части, а мы помним, что нефть к железу равнодушна и разъедает его.

При составлении проекта разработки месторождения вроде бы учитывается все: вид пластовой энергии, время ее действия, место расположения насосов и компрессоров и многое другое, но все предусмотреть невозможно, особенно в случае многопластового месторождения, состоящего не из одной, а из нескольких залежей или пластов. Если бы было можно разрезать слои горных пород и полюбоваться срезом, мы бы увидели нечто вроде гигантского слоеного пирога, где жидкой черной начинкой, пропитывающей отдельные слои, была бы нефть. Можно ли пос-

тепенно выбирать нефть слой за слоем? Или нужно бурить на каждый продуктивный слой отдельную скважину? В первом случае работа пойдет чересчур медленно, а во втором добыча обойдется нам слишком дорого. Чтобы ускорить и удешевить работу, нефтяники применяют так называемую совместно-раздельную эксплуатацию нескольких залежей одной скважиной.

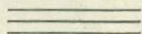
Подчас нефтяники сталкиваются с трудностями не на глубине, а на земной поверхности. Например, наша Западная Сибирь, богата к сожалению, болотами. Экономия от самой оптимальной сетки разбивки скважин может быть сведена на нет прокладкой дорог. Ведь километр дороги в западно-сибирских условиях стоит не дешевле 800 тыс. руб. Здесь широко применяются вертолеты, но и эти воздушные грузовики тоже недешевы. И буровики перехитрили природу. С одной точки бурится сразу несколько скважин («куст»), только не прямых, а наклонных. Достигают они залежи в различных точках, подчас на расстоянии в сотни метров. Таким образом достигается большая экономия на прокладке дорог, перевозке оборудования, людей и материалов.

Скважины иногда приходится «лечить»: трубы разъедаются непрерывным потоком жидкости, забиваются оседающим на стенках парафином. Или же начинает поступать вода в таком количестве, что скважину приходится останавливать. И каждое движение нефти, каждое изменение ее поведения означает какие-то изменения в глубинах пласта.

Если отбирать из пласта нефть полным дебитом, т. е. столько, сколько может дать полностью открытая скважина, то быстро и неумолимо подтянется к забою подошвенная вода — враг номер один. Для воды пласт более проницаем, чем для нефти, вода может пробить себе дорогу, оставив нефть за порогом. Если отбирать нефть медленно, то разработка месторождения растянется на десятки лет. А нефть нужна как можно быстрее. И чертятся кривые дебитов, процента воды, падения давления, наличия газа — все параметры, по которым можно судить о том, что делается в пласте, контролировать его, и подстегивать, и удерживать при нужде.

С каждым годом мы увеличиваем добычу нефти.

Какие же транспортные средства нужны, чтобы доставить ее туда, где она будет превращаться в бензин и мазут, в капрон и каучук?



— Для точного учета подземных кладовых каждый горизонт, из которого добывают нефть или газ, получает имя. У нас такие имена даются обычно по стратиграфическому возрасту: майкопский, кыновский, пашийский и т. д. Пласты внутри горизонта имеют индексацию буквенную или цифровую. В США горизонты носят имя открывшего их исследователя или владельца: песчаник Гувера, доломит Мак-Клоски.

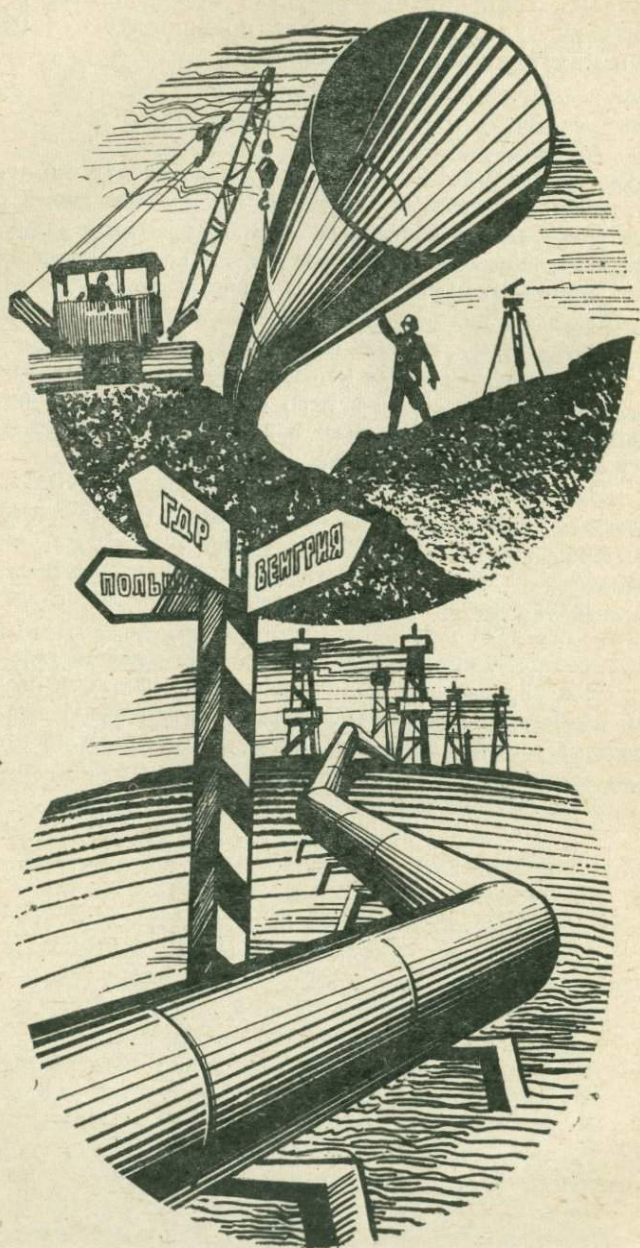
— С появлением новых методов каротажа (акустического, индукционного, нейтронного и т. п.) объем геофизических исследований в скважинах увеличился в 2 с лишним раза, что дает более полное представление о богатстве недр.

— Академик С. Ф. Федоров в 1935 г. писал: «Основной нефтеносной областью СССР был и надолго останется Апшеронский полуостров». Однако через 35 лет 70% добычи нефти приходилось на долю Волго-Уральской нефтеносной области.

— Доля морской нефти в мировой добыче в 1972 г. достигла 18%, т. е. 452,1 млн. т.

— В 1971 г. морские буровые дали 1415 млрд. м³ газа.

— На морском нефтяном месторождении Фатех в Персидском заливе сооружен крупнейший автоматизированный эксплуатационный комплекс. Суточная добыча его составляет 45 тыс. т, к его двум швартовочным пунктам смогут подходить танкеры водоизмещением 300 тыс. т.



САМЫЙ УДОБНЫЙ ТРАНСПОРТ

Перевозка нефти всегда была проблемой. Во-первых, черное золото, как никакой другой товар, требовало осторожного обращения. Один из самых страшных врагов — огонь. Загоревшуюся нефть водой не зальешь, это не дрова. Во-вторых, за время длительного пути нефть в негерметичной таре может частично изменить свойства — улетучивается наиболее легкая часть. А плотно закрытые сосуды, нагревшись на солнце, могут взорваться.

По суше и по воде

В 1939 г. советские археологи на территории бывшего Тмутараканского княжества Киевской Руси обнаружили при раскопках амфору, отверстие которой было забито соломой и запечатано нефтяным битумом. Амфора содержала нефть, по составу идентичную нефтям, добываемым ныне из верхних нефтеносных пластов Керченского полуострова. Поставленные рядами в песок на дне прохладных трюмов византийских кораблей, амфоры представляли собой относительно безопасный груз. Тот же песок, служивший балластом, мог в случае нужды выступить в роли огнетушителя.

После разорения крестоносцами Константинополя, а затем и окончательной гибели Византийской империи, особого интереса к нефти в Европе не возникало; разве что как к основе лекарственных бальзамов. Ну, а много ли нефти для этого надо? Тмутараканские промыслы были надолго забыты. Позднее основным поставщиком нефти стал Баку, о чем свидетельствовали арабские путешественники, а вслед за ними Марко Поло. В семнадцатом веке ею вовсю торгуют русские купцы. Нефть была не менее ходким товаром, чем пенька, лен, меха. История не оставила нам подробных сведений о том, к каким ухищрениям приходилось прибегать торговым людям, бравшимся за доставку опасного груза от каспийских берегов до западных границ московского государст-

ва. Но можно представить себе затруднения генерала Матюшкина, получившего приказ Петра I вывезти из Баку тысячу пудов «светлой нефти». Бакинская светлая нефть представляла собой нечто среднее между бензином и керосином и была очень легко воспламеняемой смесью. Поначалу и на трактах, и на водных путях вместилищем для перевозимой нефти были разного размера деревянные бочки. Со временем их объем перестал удовлетворять промышленников. Возникла необходимость в новых контейнерах.

Железнодорожную цистерну придумали американцы, успевшие до начала нефтяной лихорадки покрыть свою страну сетью трансконтинентальных железных дорог. Русские владельцы «чугунки» довольно долго сопротивлялись внедрению этих специальных вагонов, перевозивших пожароопасный груз, к тому же только в одну сторону: обратно они шли порожняком. Но значительная грузоподъемность, возможность быстрой разгрузки и заполнения цистерн сыграли свою роль, и они заняли значительное место в парке других железнодорожных вагонов.

Зато в создании нефтеналивных судов русская изобретательская мысль обогнала американскую. Россия почти до конца XIX в. пользовалась керосином, доставляемым из-за океана. Привозился он в бочках и жестянках на обычных пароходах. Когда же русские нефтепромышленники стали вытеснять американцев с внутреннего рынка, то им понадобилось транспортное средство, способное перевозить жидкий груз в больших количествах по многочисленным водным путям России.

Еще в 1873 г. братья Артемьевы приспособили под налив нефти парусник «Александр». Артемьевы продолжали строить подобные суда до 1894 г. Но первым настоящим танкером, первенцем русского и мирового нефтеналивного флота, стал «Зороастр», небольшой пароход всего на 250 т груза. Построен он был по русскому проекту на шведской верфи. Для пожарной безопасности его грузовые трюмы—танки—были отделены от машинного отделения двойной перегородкой, внутрь которой заливалась вода.

Несмотря на предусмотренные меры, пожары и взрывы на первых танкерах не были редкостью. Происходило это не только из-за небрежности, но и из-за

непонимания природы образования и скопления над поверхностью нефти нефтяных газов, что всегда происходит, когда нефть заключена в замкнутом объеме. Сейчас даже ребенку вряд ли придет в голову спуститься в трюм, чтобы проверить уровень керосина, держа в руке зажженную свечу. А лет семьдесят назад такое случалось.

Первые речные наливные баржи русского проекта и русской постройки были созданы В. Г. Шуховым в Саратове. Надо сказать, что эти суда (впервые в мире) собирались из отдельных секций, поэтому солидные даже для наших дней баржи спускались со стапелей в очень короткий срок. Для загрузки и разгрузки барж В. Г. Шухов использовал не мускульную силу, как было до тех пор, а паровые насосы.

Долгое время тоннаж наливного флота рос медленно: буквально до 50-х годов грузоподъемность танкеров достигала в среднем 15 тыс. т. Но за последнее 20-летие строители танкеров словно заболели гигантоманией. Уже к 1966 г. более трети мирового нефтеналивного флота составляли танкеры, способные принять в свое чрево не меньше 30 тыс. т. жидкого продукта, и грузоподъемность их продолжала расти. На первое место в мире по созданию супертанкеров вышла Япония. Грузоподъемность японских судов росла буквально с каждым годом, тыс. т: «Ниссо-мару» — 130; «Токио-мару» — 150; «Идэмицу-мару» — 205; «Ниссеки-мару» — 377; «Глобтик-Токио» — 477.

Владелец последнего супертанкера английская фирма «Глобтик тэнкерз» сделала Японии новый заказ на ультрасупертанкер грузоподъемностью около 700 тыс. т. Несмотря на увеличение размеров и, казалось бы, усложнение управлением таких громадных судов, состав обслуживающего персонала сокращается. Если для управления «Ниссо-мару» требовался 71 человек, то экипаж «Токио-мару» составляет всего 29 моряков.

В девятой пятилетке вступило в строй первое советское судно подобного класса «Крым». Размеры «Крыма», хотя он и «средний» в семье супертанкеров, остаются внушительными: длина почти 300 м, ширина 45, осадка около 17. Великан развивает скорость до 17 узлов, его тормозной путь — не меньше километра. Для предупреждения об опасном препятст-

вии впереди «Крым» оснащен новейшей радионавигационной аппаратурой. Большое внимание при разработке супертанкера было уделено и другим мерам безопасности. От вылива нефти в море в случае аварии по всей длине грузовой части судна предусмотрено двойное дно. Стены внутренних помещений отделаны негорючими материалами. Во время мойки грузовых цистерн в них подаются отработанные дымовые газы, чтобы избежать вспышки, могущей возникнуть от зарядов статического электричества. Управление судном предельно автоматизировано. В специальных поперечных носовом и кормовом туннелях установлены водометы, которые помогают танкеру в случае необходимости развернуться буквально на одном месте.

Не перевоз, а перегон

Но наиболее эффективна перевозка нефти с помощью транспорта, который стоит на месте. Транспорт этот — трубопроводы, с помощью которых у нас в стране доставляется 85% нефти. По трубам можно переправлять и другие грузы. Например, из портового города Росток по трубам доставляется свежая рыба в столицу ГДР, Берлин. Трубы хорошо служат и для переброски твердого угля. Для этого, правда, его измельчают в крошки, смешав с водой, превращают в пульпу, которая под давлением и совершает путь к нужному месту. В основном же по трубам транспортируют нефть и газ.

Но примеси в нефти вызывают коррозию металла труб. Застывающий парафин кристаллизуется и скапливается в трубах, образует пробки. Нефть требует особого подхода. С таким подходом изобрел первый трубопровод на бакинских промыслах В. Г. Шухов. Добываемая нефть при перекачке подогревалась и не откладывала парафин на стенках труб.

Однако в дореволюционной России нефтепроводы служили только соединительным звеном между скважинами и нефтехранилищами. Товарищество братьев Нобель не только не строило собственных магистральных трубопроводов, но даже выступило инициатором запрета строительства нитки трубопровода, которая должна была соединить Баку с Батуми. Такую инициативу Нобели вменили себе в заслугу, мотиви-

руя это тем, что необходимо развивать отечественную нефтеперерабатывающую промышленность и сырая нефть не должна поступать на мировой рынок.

Нефтепровод длиной 833 км Баку—Батуми был проложен при советской власти. В течение 20 лет он оставался самым длинным трубопроводом страны. Сегодня нитками нефте- и газопроводов, которые протянулись от месторождений к промышленным центрам, можно не один раз опоясать земной шар. Формируется единая газопроводная сеть СССР. Только в европейской части страны проложено 60 тыс. км магистралей. К европейской сети подключается Урал. В десятой пятилетке настанет очередь Западной Сибири. Роль газопроводов в решении народнохозяйственных задач необычайно велика. Только в 1970 г. газопроводы пропустили через себя около 200 млрд. м³ газа. Энергетический эквивалент в виде угля потребовал бы строительства трех новых двухпутных железных дорог. Ну, а сколько вагонов, локомотивов — трудно подсчитать.

В 1964 г. было завершено строительство первой очереди нефтепровода «Дружба». В следующем году Венгрия, Польша, Чехословакия и ГДР получили советскую нефть. А совсем недавно завершена прокладка новой нитки нефтепровода большего диаметра. Наряду со странами социализма нефть стали получать Австрия, Италия, ФРГ.

Прокладка трубопроводов — дело нелегкое. Ведь их прокладывают именно там, где нет дорог. Строителям магистралей приходится пересекать реки, горные хребты, бездонные болота. Пространства, которые приходится преодолевать, порождают новые инженерные решения, вызывают применение новой техники. Так, при прокладке труб через Обь, которая широка в этих местах, лазер помог строителям обеспечить прямизну трубопровода.

Не менее любопытны работы по прокладке трубопроводов на морском дне. Трубы на корабле-укладчике свариваются в длинную плетть, которая по направляющим салазкам опускается на дно и зарывается в песок благодаря подаче под нее воды под большим давлением. Донный песок под напором этих подводных фонтанов образует взвесь, которая затем оседает, скрывая проложенный трубопровод.

Одна из американских фирм уложила в Мексиканском заливе за 12 ч на глубину 49 м трубопровод длиной более 3 км. Такой рекордной скорости удалось достичь потому, что труба диаметром 30 см была намотана на громадный барабан, достигавший в диаметре 24 м.

Из всех работ, связанных с нефтью, наиболее спокойной и стабильной кажется эксплуатация нефтепровода. Ну, что тут особенного: одним концом трубопровод упирается в резервуары, расположенные в районе добычи нефти; другим — в резервуары-приемники промышленного центра. На линии магистралей стоят насосные станции, которые поддерживают нужное давление. Вот и все. Но и здесь есть свои проблемы. Много забот доставляет чистка трубопроводов. Как мы уже упоминали, в сильно парафинистых нефтях парафин норовит отделиться от нефти и осесть пластом на стенках труб. Для борьбы с ним применяются различные скребки из нерастворимых в нефти полимеров и растворимые пробки, содержащие противопарафиновый реагент.

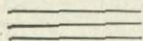
Специалисты все время работают над усовершенствованием транспортировки нефти. Скажем, можно увеличить пропускную способность трубопровода без увеличения его диаметра. Ничтожная прибавка специального полимера — и нефтяной поток меняет свою структуру. Вместе с изменением структуры резко возрастает скорость потока. Такой эффект достигнут, правда, лишь при перекачке нефти в танкеры, поскольку альянс «полимер-нефть» очень неустойчив, но ведь это только начало. И если не этот, то другой полимер погонит нефть с большой скоростью на тысячекилометровые расстояния.

Трубопроводы должны быть прочными. К их покрытиям предъявляется масса требований: и электроизоляционная прочность, и прочность ударная, эластичность, устойчивость к деформациям под давлением грунта, способность выдерживать большой перепад температур, химическая инертность и еще много других.

Вот любопытный пример долгожительства нефтепровода. В США один магистральный трубопровод просуществовал 87 лет. Возраст солидный, если принять во внимание, какими были во времена его строи-

тельства способы изоляции и материалы. Наконец, нефтепровод «состарился». Вторую жизнь ему дала пластмассовая труба, которую протянули внутри стальной. Для этого пришлось, правда, стальную трубу разрезать на полукилометровые отрезки, а затем заново сварить. Но, как говорится, игра стоила свеч.

Успехи СССР в создании гигантских линий трубопроводов оказались воодушевляющим примером для других стран. Соединенные Штаты договариваются с Канадой о прокладке через канадскую территорию арктического газопровода с Аляски. О его длине говорит уже проектная стоимость — 2 млрд. дол. У трубопроводов большое настоящее, но еще большее будущее. Нет, этот транспорт не стоит на месте.



— Первая инструкция в России о правилах перевозки нефти на судах по Каспию и Волге была утверждена Петром I в 1725 г.

— Танкеры, строящиеся в Польше на верфях Гдыни, проектируются как корабли многоцелевого назначения: они смогут перевозить нефть, зерно, руду, измельченную и подаваемую в танки корабля вместе с водой. Так танкеры перестанут делать порожние рейсы.

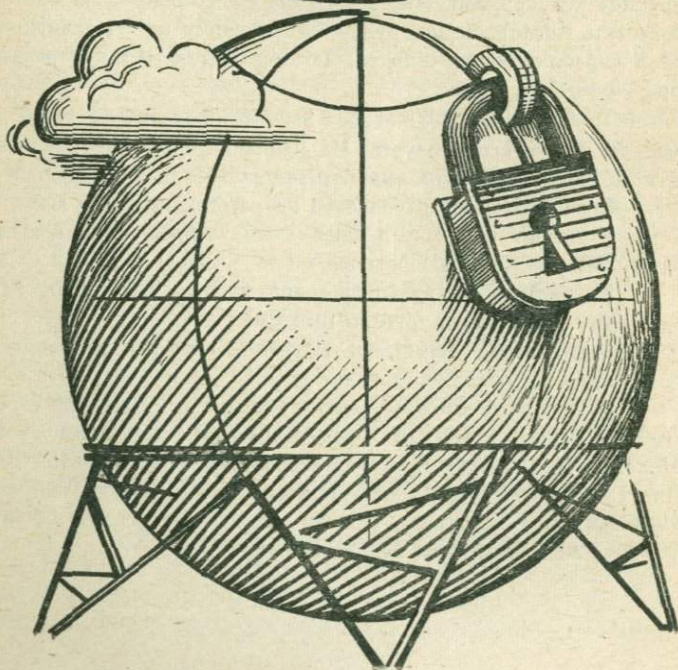
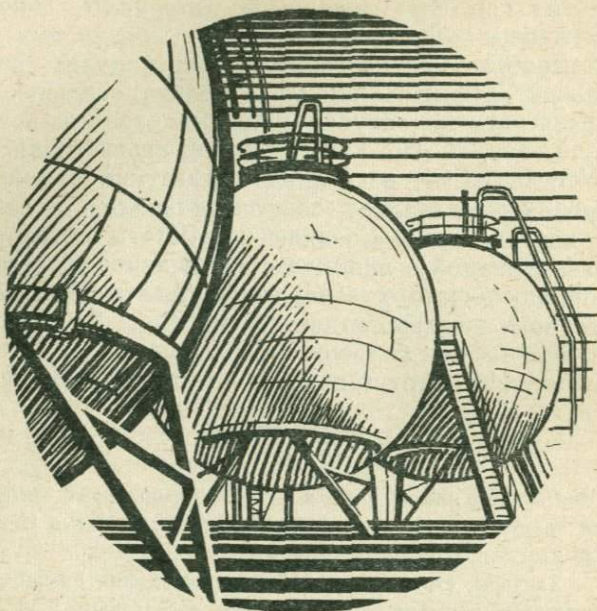
— Трубопроводы служат для перекачки не только нефти и газа, но и готового продукта. Из Ленинвароша в Венгрии, где на комбинате из нефти вырабатывается этилен, в советский город Клуш проложен трубопровод на расстояние более 300 км.

— К началу 1972 г. в мире эксплуатировалось больше 1 млн. 600 тыс. км трубопроводов.

— Крупнейший из нефтепроводов мира — «Дружба». Его длина 5327 км, диаметр труб до 1020 мм.

— Нефтепровод Самотлор—Тюмень—Куйбышев протянулся на 2119 км, диаметр труб доходит до 1220 мм.

— В Западной Европе имеется четыре системы нефтепроводов: Южно-Европейская (Фос—Карлсруэ), Центральноевропейская (Генуя—Эйгл), Трансальпийская (Триест—Ингольштадт), Рейнско-Дунайская, продолжение Трансальпийской (Ингольштадт—Карлсруэ). Общая длина всех систем более 2500 км, диаметр труб от 150 до 405 мм.



НАДЕЖЕН ЛИ СТАЛЬНОЙ ПАНЦИРЬ!

Любая продукция, будь то металлорежущий станок или сахар, минеральное удобрение или телевизор, при транспортировке и хранении требует определенных мер сохранности. Однако большинство видов промышленной продукции при несоблюдении этих мер портится, не принося существенного ущерба окружающей среде. Этого никак не скажешь про газ, нефть или ее производные. Хранение нефти всегда было проблемой. Там, где ее накапливали в больших количествах, надо было ждать пожаров, взрывов и прочих бедствий.

В начале развития отечественной нефтяной промышленности на промыслах, как и тысячу лет назад, для хранения нефти использовались только вырытые в земле ямы. Позднее ямы увеличились в размерах и опоясались земляными валами. Такие ямы получили название нефтяных амбаров. С сегодняшней точки зрения подобные хранилища — типичное варварство. На открытом воздухе нефть окисляется, из нее улетучиваются весьма ценные продукты.

Такая беззаботность при хранении нефти, как, впрочем, и во всем промысловом деле, порождалась различными причинами. Одной из главных причин была система откупа, против которой яростно боролся Дмитрий Иванович Менделеев. Эта система откупа у казны частными лицами земельных нефтеносных участков на небольшой срок была тормозом, тяжелейшей гирей на ногах молодой промышленности. Откупщики были явно не заинтересованы в техническом оснащении промыслов: времени мало, а из земли надо выкачать как можно больше. Пока начнешь строить что-то стоящее, тут уж и срок откупа истек, а согласится ли казна вновь дать тебе этот участок на откуп — неизвестно. Таково было положение дел. Такова была психология собственников-откупщиков. Психология, приносившая материальный ущерб, беспощадно разбазаривавшая нефтяное богатство. Результатом такой деятельности не могла быть продукция хорошего качества. Как мы уже го-

ворили, отечественный керосин, вывозившийся с Апшеронского полуострова, именовался «бакинской бурдой». «Бурда» не могла конкурировать с дорогим, но чистым американским керосином, и внутренний российский рынок заполонила заокеанская продукция. Вторая главная причина безобразного хранения нефти крылась в непонимании ценности всех ее составных частей. В те времена спросом пользовался в основном только керосин, да кое-какие масла. Опять же психология собственника: нужен керосин — получите керосин. А что делать с оставшейся большей частью? Сжечь, вылить в море, уничтожить, раз не приносит дохода. Бакинские нефтепромышленники даже конкурсы объявляли на лучший способ уничтожения бензина.

Но прогресс надвигался неумолимо. Двигатели внутреннего сгорания потребовали бензина, а его из нефти, хранящейся под открытым небом или в деревянных бочках, много не получишь.

Эволюция железной бочки

В металлических контейнерах — стальных прямоугольных ящиках — впервые стали хранить нефтяные продукты американцы и англичане, а цилиндрический резервуар изобрел русский инженер В. Г. Шухов. Контейнеры его конструкции служат уже почти столетие и будут служить еще.

Резервуары В. Г. Шухова оказались много экономичнее заморских. Во-первых, они не требовали специального фундамента, а во-вторых, давали значительную экономию металла. Фирма Бари изготовила в России около 30 тыс. шуховских цилиндров, сэкономив почти 1 млн. т стали.

Долгое время цилиндрические конструкции собирались прямо на строительной площадке из отдельных стальных листов, которые сваривались между собой вручную. Развитие сварочной техники породило новый способ изготовления и монтажа таких резервуаров: метод рулонирования. Полотнище — будущая стенка цилиндра — наматывается на узкий барабан (сворачивается в рулон). В таком виде оно весьма транспортабельно. На подготовленной площадке укладывают днище, на него ставят рулон, разво-

рачивают полотнище, остальное завершает сварка. Выигрыш во времени огромный.

Рулонному методу — советскому изобретению — нет еще и пятнадцати лет, но популярностью он стал пользоваться со дня рождения. Советские резервуары, сделанные таким способом, можно увидеть во многих странах Африки, Азии, Южной Америки и Европы. В американском городе Ривердейле был сооружен металлический резервуар высотой больше 40 м. Одна крыша его весила 100 т. Ее предстояло поднять на 40-метровую высоту. Кранов такой грузоподъемности на суше не существует. Морской кран на колеса не поставишь, да и специальный канал для него рыть не станешь. Но выход был найден, простой и оригинальный. 100-тонная машина была поднята сжатым воздухом. Пять часов «взлетала» она до самого верха цилиндра, где ее надежно приварили сварщики.

Если сравнить параллелепипед, цилиндр и шар с точки зрения применимости их в качестве резервуара, то самой выгодной фигурой окажется шар. В чем же его достоинства? Прежде всего, поверхность шара на 20—40% меньше, чем у цилиндра такого же объема. О параллелепипеде и говорить не стоит. Меньшая поверхность требует меньше металла. Значит, налицо экономия, и экономия значительная, если учесть, что специализированные предприятия нашей страны ежегодно изготавливают цилиндры общей массой около 160 тыс. т. Сферические резервуары выгодны еще и тем, что давление содержащегося в них продукта распределяется на стенки равномерно, а значит, для их производства требуется металл одинаковой толщины. В цилиндрах же давление жидкости на стенки внизу больше, чем наверху, поэтому внизу стенки приходится делать толще, что усложняет производство.

При всех своих выгодах шарообразные резервуары не нашли пока широкого применения из-за сложностей изготовления и монтажа. Стальные листы, из которых составляется шар, имеют двойную кривизну, их в рулон не свернешь. Тем не менее шары-хранилища создаются, и их производство из года в год расширяется. Сначала они, как когда-то цилиндры, собирались из отдельных листов на строительной площадке. Затем листы превратились в штампованные

«лепестки», сварка которых ускорялась применением манипулятора-подставки, вращавшего собираемый шар. Потом сварочный аппарат, управляемый сварщиком-оператором на расстоянии, «оседлал» шар и стал опускаться по его бокам, сваривая нужные швы.

Объем шаровых резервуаров достигает теперь 10 тыс. м³. В дальнейшем, видимо, будут созданы и гораздо более крупные хранилища. Однако решают ли металлические резервуары все задачи по хранению нефти, нефтепродуктов и газа?

Обратно под землю и под воду

Большинство городов нашей страны, а особенно города-гиганты с населением больше миллиона человек, расположены в климатической зоне, где перепад между зимними и летними температурами составляет внушительную цифру. Это значит, что потребление энергии в разное время года различно. Если же учесть, что в европейской части нашей страны более полутора тысяч городов и поселков используют в качестве горючего газ, что на нем работает 80% тепловых электростанций и теплоэлектроцентралей, то станет понятной колоссальная разница между зимним и летним потреблением этого вида топлива. Значит, нужно подумать о создании хранилищ, которые заполнялись бы летом, а зимой смогли бы поддерживать своим содержимым магистральные газопроводы, дающие газ прямо с месторождений.

В самый холодный месяц года наша столица потребляет примерно 1,5—1,8 млрд. м³ газа. Если принять этот объем за необходимый резервный запас, то представьте себе, сколько потребуется даже самых лучших сферических резервуаров объемом 10 тыс. м³ каждый? 150—180 тыс. Ну, а где, на какой площади можно будет разместить эту армаду? Ведь диаметр каждого шара не меньше 28 м, да еще прибавьте полосу отчуждения между шарами, необходимую по соображениям безопасности. Вот и получается, что как ни хороши металлические емкости, но в данном случае они не подходят. Неужели нет выхода из создавшегося положения? Конечно, есть. Москва живет и не испытывает перебоев из-за «сезонной неравномерности».

Неоценимую помощь столице оказывают Щелковское и Калужское подземные газовые хранилища. Только одно Щелковское хранилище содержит запас, достаточный для снабжения Москвы в наиболее холодные месяцы. Его площадь около 18 км², а толщина содержащих газ пористых песчаников, перекрытых слоем непроницаемых глин, достигает 20 м. Забраться в такое хранилище можно только через скважины, поскольку лежит оно на глубине более 750 м.

Большая мощность покрывающих горных пород — прекрасная защита. На глубине никто случайно не бросит непотушенную спичку или окурков. Крыша в сотни метров толщиной надежно укроет от удара молнии. Утечка газа в подземной кладовой практически исключена, чего не скажешь про любое наземное хранилище.

Разработка продуктивных залежей и связанное с этим детальное изучение различных форм естественных ловушек углеводородов породило идею создания искусственных месторождений. В этом случае задача сводится к поиску в разрезе земной коры идеальных подземных резервуаров, не потревоженных новейшими тектоническими движениями и защищенных надежными покрывками непроницаемых пород.

Подземные хранилища сооружаются разными методами и в различных горных породах. Главное условие — надежность. В очень твердых породах, которые могут послужить стенами, полом и потолком будущего хранилища, его сооружают шахтным способом. Этот способ, пожалуй, самый дорогой, применяется для создания неглубоких хранилищ в тех местах, где отсутствуют иные породы, способные вместить в свои пустоты газ. Мощные пласты каменной соли могут послужить материалом для изготовления своеобразной подземной соляной «бутылки». Тут некоторым образом получается двойная польза: образуется необходимая емкость и продукт — соль, вымываемая из пласта. И все-таки самым распространенным является хранилище, сделанное в пористых породах, подобных тем, в которых содержит газ и нефть сама природа. Было бы очень неплохо создавать погреба и для нефти, но, увы, мы знаем ее липучие свойства и способность извлекаться из пород всего лишь на 30—40%. Пока не изобретены способы полного изв-

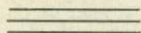
лечения нефти из пород, совсем нецелесообразно добавлять к потерям при добыче потери при хранении. В будущем эта проблема, вероятно, будет решена. Так, на американском газонефтяном месторождении Альбион-Синка в 1975 г. начата закачка газа. Часть этого газа помогает извлекать нефть своим давлением. Таким образом, месторождение площадью 4600 га дополнительно даст более 3 млн. т нефти и послужит удобным газохранилищем. Закачка газа будет вестись с марта по октябрь, а извлекаться же газ будет с ноября по февраль.

Как ни велики трудности при хранении нефти и газа на суше, сохранение нефтяного богатства, добываемого со дна океана, представляется куда более сложным. Утечка больших количеств нефти грозит гибелью морской флоре и фауне. Каковы же современные технические достижения, связанные с решением задач хранения нефти в условиях открытого моря? Морские хранилища по размерам превосходят супертанкеры. Так, в Персидском заливе в 100 км от берега погружены на 150-метровую глубину стальные купола диаметром 80 и высотой 60 м. Работают они по принципу «откупоренной бутылки шампанского», т. е. при загрузке танкеров нефть подается из куполов самотеком, подпираемая морской водой. Затем вода вновь отжимается нефтью, добываемой из скважин.

Любопытно бетонное сооружение, созданное по проекту французского инженера Жарлана для приема нефти месторождения «Экофиск» в Северном море, расположенного в 270 км от берегов Норвегии. Хранилище создавалось в два приема. Сначала был создан «блин» толщиной 6 и диаметром 53 м со 169 балластными камерами для обеспечения плавучести. Надо сказать, что сооружение этого «блина» — основания будущего хранилища — происходило на дне осушенного фиорда. Эти работы велись 5 месяцев, после чего фиорд был затоплен, а «блин» отбуксирован в море, где с помощью плавучих бетонных заводов хранилище приняло необходимую проектную форму цилиндра 90-метровой высоты. Затем бетонный гигант массой 200 тыс. т совершил на буксире плавание до места назначения, где и был затоплен. От штормовых волн хранилище защищено толстой бе-

тонной стенкой волнореза с отверстиями, в которых теряется основная часть разрушительной силы волн.

Оценивая технические новшества, которые возникали при решении задач по хранению нефти и газа на суше и на море, нельзя не отметить того, что они служат не только по своему прямому назначению, но, видимо, помогут и в других делах, скажем, при создании подводных городов или каких-либо подземных сооружений. Впрочем, такова уж особенность научно-технического прогресса: успехи на одном участке фронта способствуют успехам на другом.



— Одна только нефтеперерабатывающая промышленность нашей страны производит более 200 видов нефтяных продуктов, каждый из которых требует хранения, подчас в особых условиях.

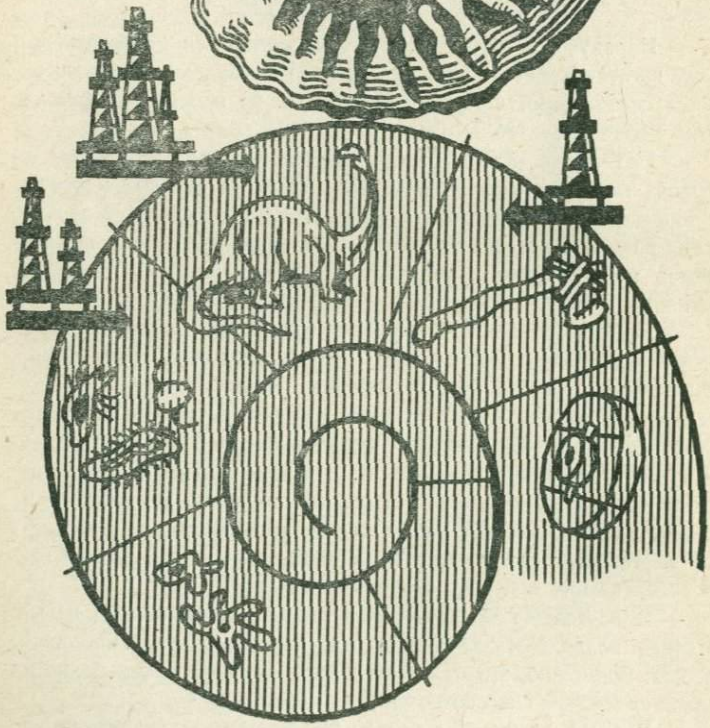
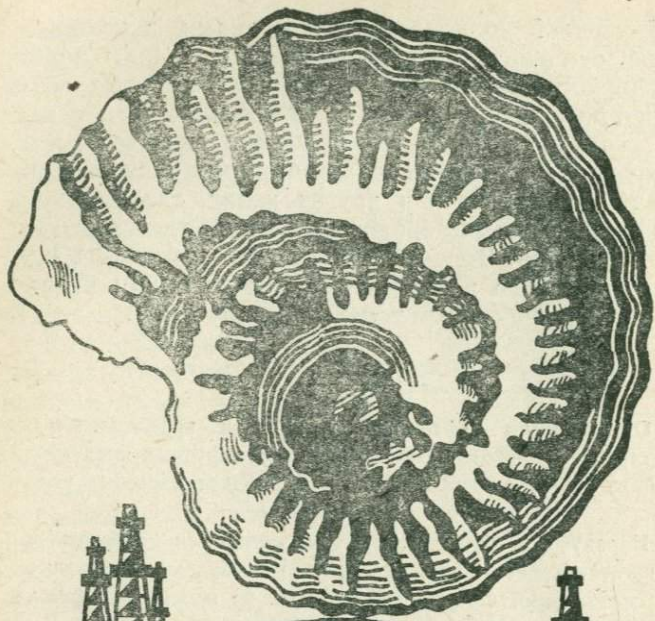
— Наряду с металлическими конструкциями промышленность изготавливает железобетонные резервуары, где применяется специальный бетон, через который не происходит фильтрации нефтепродуктов.

— Подземные склады жидкого топлива очень удобны в крупных морских портах, а также при эксплуатации морских месторождений на континентальном шельфе, особенно в арктических широтах, когда по погодным условиям невозможно выдерживать точные сроки прихода танкеров для вывозки добытой нефти.

— Экспериментальная буровая установка «Эльф Осеан» («Эльф океана»), построенная французскими инженерами, является еще и небольшим хранилищем нефти. «Эльф» представляет собой 125-метровый стальной цилиндр диаметром 7 м, прикрепленный к 800-тонному основанию на дне карданным шарниром. Через пространство внутреннего цилиндра осуществляется бурение, а пространство между стенками внутреннего и внешнего цилиндров как раз и служит сборником для добываемой нефти. Этот своеобразный поплавок отлично выдержал 4 года эксплуатации в бурном Бискайском заливе.

— В настоящее время конструкторы работают над идеей создания подводных хранилищ из огромных пластмассовых мешков. Возможно, это будет не только наиболее дешевым, но и самым надежным способом хранения нефти.

— В США существует более 200 подземных хранилищ, в которых можно хранить около 160 млрд. м³ газа.



НЕФТЯНЫЕ СЛАГАЕМЫЕ

Поднятая на земную поверхность нефть называется «сырой нефтью». Пусть она освобождена от пластовой воды и очищена от минеральных примесей, все равно это — сырец, еще не пригодный ни как горючее, ни как основа для нефтехимического производства. Потребителей интересует не сама нефть, а какая-нибудь ее составная часть. Впрочем, нефть, этот сложный углеводородный раствор, можно не только разложить на слагаемые. Используя разные катализаторы, создавая различные давления в реакторе, куда помещена нефть, из нее можно получить новые вещества, которых в чистом виде в нефти не встретишь. В давние времена такое чудесное превращение сочли бы колдовством. Но мы живем в эпоху научно-технической революции, и «колдовством» занимаются целые промышленные отрасли, потому что оно основано на точном знании свойств вещества и умении этими свойствами управлять.

В предыдущих главах мы не раз упоминали имя Шухова. В этой главе нам придется подробно рассказать о нем, потому что Владимиру Григорьевичу Шухову обязаны своим развитием столько отраслей техники, что не перестаешь удивляться неиссякаемости изобретательского таланта одного человека. Московская башня радио «Коминтерн» — Шухов. Сводчатое покрытие ГУМ — Шухов. Отечественное котлостроение — Шухов. Прогресс во многих областях военно-инженерного дела на суше и на море — Шухов. Недаром академик Д. В. Наливкин написал о нем следующие строки: «Удивительный был человек Владимир Григорьевич Шухов! Во всем мире, пожалуй, не было более талантливого и изобретательного инженера... Он в каждом деле находил свое оригинальное и остроумное решение. Он никому не подражал, но все подражали ему».

Еще будучи студентом МВТУ Шухов изобрел форсунку для сжигания мазута, считавшегося бросовым нефтяным остатком. Шуховская форсунка перевела топки заводов, паровозов, пароходов на новое высо-

кокалорийное топливо, облегчила труд кочегаров и истопников. Толчком к изобретению форсунки, по словам самого Владимира Григорьевича, послужила статья Д. И. Менделеева, призывавшая полностью использовать все ценнейшие качества нефти. Однако сколько людей, прочитав ставшую теперь хрестоматийной менделеевскую фразу: сжигать нефть — равносильно тому, что бросать в огонь ассигнации, только вздохнули, с грустью оценив безнадежность тогдашней российской действительности. Для Шухова же менделеевские слова явились толчком к действию. Неважно, что его изобретение медленно внедрялось в жизнь. Важно, что оно стало достоянием следующих поколений. А несвоевременное признание — удел многих изобретателей, многих передовых умов.

В 1878 г. врачи посоветовали Шухову для укрепления здоровья выехать на юг. И 25-летний инженер едет в Баку. Уровень нефтяного производства здесь подействовал на Шухова, мягко говоря, удручающе. Будь он литератором, из-под его пера наверняка вылились бы строки, подобные радищевскому эпиграфу: «Чудище обло, озорно, стозевно и лаяй». Но Шухов был инженером. Гуманистом, но, в первую очередь, инженером. Он содрогнулся, увидев примитивизм бакинских промыслов: нефтяные колодцы, добыча бадьями, хранение продукта под открытым небом в земляных ямах, перевозка нефти в бурдюках и деревянных бочках на арбах. И тогда одно изобретение последовало за другим. Мы уже говорили о некоторых из них.

Прокладчики тысячекилометровых ниток нефте- и газопроводов до сих пор пользуются расчетами В. Г. Шухова. Первый трубопровод для перекачки нефти с подогревом, чтобы парафин, твердея, не забивал трубы, — его детище. Создатели современных танкеров и супертанкеров продолжают дело, начатое Шуховым, когда он заложил серию нефтеналивных барж 172-метровой длины. До сих пор не забыта идея эрлифта — метода ускоренной добычи нефти путем закачки в пласт воздуха. Этим методом пользуются не только нефтяники-промысловики. Идея нашла применение и в других областях техники. Ну, а цилиндры-хранилища и сегодня исправно берегают нам бензин и прочее горючее. Так что Владимира

Григорьевича по праву называют основателем отечественной нефтяной промышленности.

Каждое изобретение Шухова решено с блеском. Но особое место среди них занимает то, что было временно присвоено американским химиком Бертоном и стало известно миру под названием крекинг-процесса.

Сущность крекинг-процесса не изменилась со времени изобретения. Принцип же его заключается в том, чтобы, используя высокие температуру и давления, расщеплять в присутствии катализатора молекулы тяжелых углеводородов и получать таким образом новые легкие вещества, которых в сырой нефти не было.

На это изобретение В. Шухову и его соавтору С. Гаврилову еще в 1891 г. была выдана «привилегия» — тогдашнее авторское свидетельство. Но получение из нефти высокооктановых бензинов в количестве, большем, чем они содержатся в бензиновой части сырой нефти, никого тогда не заинтересовало. Автомобилестроение делало первые шаги. Карбюраторные двигатели еще только проходили испытания. Но с развитием автомобильной, а затем и авиационной промышленности бензин, считавшийся ненужным и даже вредным огнеопасным отходом, неожиданно стал предметом дефицита. Дефицитной ситуацией и воспользовался Бертон, выдав крекинг-процесс за собственное изобретение.

Судебное дело по крекинг-процессу возникло в результате скандала двух американских фирм, затеявших между собой патентную тяжбу. Международный суд установил, что первым изобретателем крекинг-процесса является В. Г. Шухов, а все, что было изобретено после этого, признал просто усовершенствованием.

Крекинговая установка была создана Владимиром Григорьевичем только в 1926 г. в содружестве с инженером М. А. Капелюшниковым, изобретателем турбобура, который открыл в истории буровой техники новую страницу.

Нефтяная баня

Мы говорили о мазуте, о бензине. Но их в природе как таковых нет. Чтобы они возникли в чистом виде, нужно нефть разложить на составные части.

Все установки первичной перегонки нефти — те, что созданы века назад, и те, что действуют сегодня и будут действовать завтра, основаны на температурном разделении нефти на составные части — фракции.

В кубовой установке братьев Дубининых, созданной в 1823 г., все фракции добывались из одного сосуда. Установка представляла собой железный куб, вмурованный в кирпичную печь. Куб плотно закрывался медной крышкой с отводом в виде трубки, которая змеевиком проходила через деревянную бадью с холодной водой и достигала ведра, куда собирался готовый продукт. Заполненный нефтью куб нагревался, и из нефти испарялись сначала растворенные газ и бензин. Проходя по змеевику, бензиновый пар, охлаждаясь, вновь превращался в жидкость и вытекал в ведро. Котел затем нагревался сильнее, и наступала очередь течь керосину. То, что не испарялось, оставалось в котле, который приходилось регулярно чистить.

На протяжении почти всего XIX в. из нефтяных фракций нужны были только керосин да некоторые нефтяные масла. Поэтому использовалась всего одна треть нефти-сырца, остаток уничтожался. Производительность кубовой установки была низкой. Чтобы очистить куб от густой невыкипающей части, надо было дожидаться его охлаждения. Качество продуктов тоже было невысоким: температурные границы отбираемых фракций определялись на глазок, о возможных вредных примесях сначала не имели представления, а затем долго еще не умели очищать от них готовый продукт.

Но шло время. Кубовые установки совершенствовались и превратились в кубовые батареи — набор соединявшихся друг с другом кубов с отбором в каждом из них определенной нефтяной фракции. К концу прошлого века на кубовых батареях удалось достичь непрерывного процесса. Система трубопроводов, отводя готовые продукты, одновременно нагревала вводимую в перегонку нефть.

Сегодня кубовая установка — анахронизм, хотя по-прежнему температурное разделение нефти лежит в основе получения различных видов топлив и масел. Мощность Киришского нефтеперерабатывающего завода такова, что ему пришлось бы простаивать, ос-

тановись добыча нефти на уровне 1901 г. Ведь только одна из установок первичной перегонки на этом заводе способна переработать 6 млн. т нефти в год. Такое Нобелям, конечно, и не снилось.

Главное в установке — печь для нагрева нефти и ректификационная (очистительная) колонна. Давайте заглянем внутрь колонны. Нутро ее некоторым образом напоминает этажерку, только полки этой этажерки круглые, как тарелки, но с дырой посредине. Каждую тарелку накрывает колпак, тоже дырявый, только дыры эти уже небольшие и расположены не в центре, а по краю колпака. У каждой тарелки есть свой отвод — трубопровод.

Рядом с колонной-этажеркой стоит печь. Здесь нефть нагревается до 300—325°C и подается в нижнюю часть колонны. Одновременно с горячей нефтью сюда же подается перегретый водяной пар. Он гонит горячую нефть вверх по этажерке. Нефтяной газ и бензины проскакивают нижние и средние этажи колонны. Температура охлаждающих колпаков высока для них, и они, ворвавшись в очередную тарелку, не превращаются под колпаком в жидкость, а, отыскав по краю колпака дырочки, вновь устремляются вверх, пока не окажутся под своими колпаками, где температура достаточно низка для их осаждения.

Водяной пар помогает пузырькам легких фракций, завязшим во фракциях тяжелых, вырваться, подстегивает их. Так пар как бы взращивает внутри колонны нефтяное дерево, ствол которого, тяжелый и массивный у основания, завершается легкой кроной. Распиливают же это дерево охлаждающие диски колпаков. Причем распиливают на точно размеченные отрезки. Вот только эти отрезки измеряются не метрами, а градусами. Самая вершина нефтяного дерева так и остается в газообразном состоянии, верхний отрезок ствола — бензиновый — превращается в жидкость и ограничен температурным диапазоном 175—200°C, керосиновый отрезок подлиннее — 200—300°C, затем идет масляная часть ствола, потом смолистая и, наконец, у самых корней лежат невыкипающие тяжелые вещества нефти, которые при обработке дают нефтяной кокс.

Этот нефтяной кокс, кстати, дольше всех нефтяных продуктов не находил применения. Только в пос-

ледние годы стал считаться необыкновенно ценной вещью. Идеально очищенный, этот твердый углеводород необходим в тех областях техники, где владевают физика и химия сверхчистых веществ.

Нефть меняет облик

Разделение нефти в бане с паром — начальный процесс ее переработки. Попав в установки первичной перегонки, нефть только начинает путешествие по заводским трубопроводам, а надо сказать, что длина всех нефтяных магистралей, что пролегли по территории того же Киришского завода, превышает длину нефтепровода, протянувшегося с далеких волжских берегов к берегам Волхова.

Переработка нефти, по сути дела, начинается после перегонки. Полученные бензины, керосины, газойли — это еще не продукты, а полуфабрикаты. Гореть они будут, но не приведут в движение автомобили, самолеты, тракторы. Те же двигатели ждут не только топлива, но и смазочных масел, а их на установках первичной перегонки не получишь. Из чего делают эти масла?

«Родителем» их является мазут. Получение масел происходит по тому же принципу, что и перегонка нефти, только тут определенную роль играет давление. Мазут не закипает при температуре, достаточной для самого высококипящего керосина (300°C). А при еще более высокой температуре он начинает разлагаться на малоценные вещества — пек и газ. Но это при нормальном давлении. Если же давление понизить, то даже при температуре ниже 300°C мазут начинает кипеть и разделяться на различные масляные фракции. Так получают масла соляровые, веретенные, вазелиновые и др.

Но мазут может выдерживать и очень высокую температуру — до 600°C . Только не в одиночестве. Если вместе с ним такому высокому нагреванию подвергается и глина, очищенная и измельченная до порошка, то мазут не разлагается, а превращается в другое вещество — бензин. Происходит это в реакторе при расщеплении и перестройке крупных углеводородных молекул в более мелкие — бензиновые. В переводе с английского крекинг и означает «расщепление».

Теперь изобретено много способов крекирования нефти. Главная идея основного крекинг-процесса — применение катализаторов. Для переработки разных нефтяных продуктов применяются различные катализаторы, и поиск их продолжается. Из-за применения катализаторов этот вид крекинг-процесса получил наименование каталитического риформинга (преобразования).

В риформинговых установках происходят самые разнообразные преобразования. Скажем, поступает на риформинг бензин с низким октановым числом 48—55, а выходит из установки с октановым числом 60.

Тот же бензин в реакторах риформинга может быть превращен в нефтяной газ. Такая нужда может возникнуть в период дефицита газа как топлива. Причем искусственный газ можно создать и низко- и высококалорийным. Кроме того, каталитический риформинг обеспечивает работу установки гидроочистки, поставляя для нее чистый водород, который образуется в результате различных реакций изомеризации. Водород при гидроочистке выполняет своеобразную роль метлы, удаляя из нефти соединения серы. К водороду сера небезразлична и легко вступает в реакцию с ним. Результатом союза двух элементов становится мало приятный для обоняния сероводород. Зато сероорганические соединения, отдав водороду серу, становятся просто углеводородами. Ну а сероводород при окислении может быть превращен в чистую серу и серную кислоту.

Помимо установок термо-, гидро- и каталитического крекинга существуют еще и такие, где перерабатываемая нефть освобождается от всяких минеральных примесей. Строящиеся у нас заводы работают почти по замкнутому циклу, т. е. из перерабатываемой нефти ничто не пропадает и не выбрасывается.

И все-таки кое-какие отходы производства есть. К ним относятся загрязненный газ, сжигаемый в факеле, растворы солей, которые хоть и проходят механическую и биологическую очистку, но сбрасываются в водоемы довольно насыщенными. Чтобы не повредить жизни в реках, время для сбросов таких растворов выбирают весной, при паводке.

Пройдя цикл обработки на установках нефтеперерабатывающей промышленности, многие нефтяные

углеводороды превращаются в исходный продукт для другого производства — нефтехимического. Нефтехимия может из самого простого углеводорода — метана — создать сложнейшие вещества, которых природа не знает. Но прежде чем метан станет, скажем, элегантною шубкой, он пройдет массу превращений. Каждое из превращений сегодня воспринимается как будничнейший производственный процесс, но в итоге этих процессов получают синтетические каучуки, искусственное волокно, полиэтилен — продукты, создание которых можно приравнять к величайшим достижениям человечества.

Натуральный каучук, молекулы которого содержат клетки тропического растения — гевеи, был первым естественным материалом, которому человек решил противопоставить заменитель, созданный в реакторах лабораторий.

Эра пластмасс началась еще в прошлом веке, когда Джон и Айзек Хайатты наладили производство целлулоида. Но целлулоид ничего не заменял, он был совершенно новым материалом. А вот искусственный каучук заменил натуральный материал, спрос на который значительно превышал предложение. Для первых лабораторных попыток была взята не нефть, а органическое вещество, и в 1911 г. И. И. Остромысленский и С. В. Лебедев получили первый в мире искусственный каучук из бутадиена. Более ранние попытки немецких химиков, взявших для своих опытов изопрен, окончились неудачей, и изопрен был забыт на многие десятилетия, пока в 1956 г. группа наших ученых не разработала новый метод синтеза нового каучука — полиизопренового. За год до этого итальянец Джулио Натта известил мир о том, что бутадиеновому каучуку придана эластичность, не уступающая эластичности натурального.

В чем же причина столь долгого поиска ученых? Оказывается, нужно было понять законы размещения молекул сложных веществ в пространстве. Чтобы соревноваться с природой, надо знать, как взаимно расположены атомы и части молекул. Мало было знать количество кирпичей, из которых построено здание, надо было выяснить архитектуру этого здания.

С созданием полноценного синтетического каучука из бутадиена Натта подтолкнуло открытие немецко-

го ученого Карла Циглера, которое в определенной степени было вызвано случайностью, более того, небрежностью, допущенной одним из сотрудников Циглера. Сотрудник этот не очистил как следует аппарат от следов предыдущих реакций. Нагоняя он не получил, потому что при новой реакции образовался материал, создать который многие ученые стремились не один год. Материал был назван полиэтиленом. В неочищенном аппарате он получился при нормальном атмосферном давлении, хотя раньше для этого требовалось 1500 кгс/см². Заменителем такого внушительного давления оказался никель. Именно его не удалил из реактора нерадивый сотрудник.

После этого пошли поиски новых полимеров и катализаторов. И когда полимер обретал новый катализатор, он получал все новые свойства.

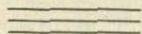
Карл Циглер и Джулио Натта поделили честь присуждения Нобелевской премии, а человечество стало быстро осваивать плоды их открытия — полимеры, число которых растет с каждым днем.

Синтетическое волокно появилось на свет в 1938 г. в лабораториях американского химического концерна Дюпон. Новорожденному было предложено 200 имен. Теперь его имя знает каждый из нас: нейлон. Мы и представить себе не в состоянии, что могли бы обойтись без капрона, нейлона, силона. И все же не ткацкие предприятия являются основными потребителями искусственного волокна, а шинные заводы, производящие «обувь» для автомобилей и самолетов.

За последние годы нефтехимия в союзе с биологией создала новую промышленную отрасль: во Франции и Шотландии уже несколько лет работают предприятия, где в нефти выращивается дрожжевой грибок, из которого создают питательный белок. Этот микроорганизм, надо сказать, прибавляет в весе во много раз быстрее, чем, скажем, свинья. Полный резон кормить такое микросущество низкосортной нефтью, 2 т которой достаточно для получения 1 т высококачественного белка. Выдают продукцию в виде белково-витаминного препарата и наши биохимические заводы, построенные в самые последние годы. Сегодняшний препарат — добавка в корм скоту, стимулирующая рост животных. Со временем, ви-

димо, нефтяной белок будет подаваться и к нашему столу.

Искусственная пища — дело будущего, и не очень близкого. А пока оглянемся, где вокруг нас применяются нефть и ее производные. Задача, прямо скажем, не из легких. Одно перечисление ассортимента всех товаров заняло бы не одну страницу. Транспорт и энергетика, лекарства и тара, одежда и корм скоту, краски и взрывчатые вещества. Куда ни глянь, всюду нефть.



— Нефтяной промышленностью очень интересовался В. И. Ленин. В его библиотеке насчитывалось более 50 книг по нефтяному делу, фактически вся научно-техническая литература, изданная в 1920—1923 гг. Ряд статей носит пометки, сделанные основателем советского государства.

— Научную основу нефтеперерабатывающей промышленности закладывали такие известные русские химики, как Д. И. Менделеев, В. В. Марковников, А. А. Летний. Однако проводить в жизнь достижения, полученные в лабораториях ученых, было сложно, поскольку добыча и первичная переработка нефти была сосредоточена в рудах многочисленных владельцев. Так, на Апшеронском полуострове действовало 272 фирмы, не считая мелких субарендаторов.

— В 1900—1904 гг. в электрификации нефтяной промышленности Баку принимал участие Л. Б. Красин. Он умело сочетал руководство строительством Биби-Эйбатской паровой электростанции с подпольной революционной работой как член ЦК РСДРП. Вместе с ним работал инженером строительства А. В. Винтер, будущий академик и начальник строительства Днепрогэса.

— Декрет о национализации нефтяной промышленности был принят Советом Народных Комиссаров 20 июня 1918 г.

— Первая нефтеперегонная установка братьев Дубининых обладала производительностью 16 ведер «белой нефти» и 20 ведер мазута из 40 ведер сырой нефти в день. Размер дубининской продукции составляет примерно одну 50-тысячную долю продукции современного нефтеперегонного завода.

— Первая нефтеперегонная установка непрерывного действия была построена в 1883 г. по проекту Д. И. Менделеева в Кускове, под Москвой, на заводе Губонина.

— Нефтеперерабатывающие заводы неравномерно распределены на земном шаре: в Европе и Северной Америке этими заводами перерабатывается почти 2 млрд. т нефти, в то время как в добывающих районах Южной Америки, на Среднем и Ближнем Востоке перерабатывается меньше четверти этого количества.

— Путем крекирования бензины получают не только из нефти. Из битумов Атабаски таким путем добывается высококачественный бензин, составляющий до 35% от массы битума.

— Горючие сланцы Кохтла-Ярви в Эстонии дают автомобильный бензин, электродный кокс, фенолы, ихтиол, мягчители для резины, нафталин, а также газ для Ленинграда, Таллина и многих городов Прибалтики.

— Продукция нефтехимической промышленности резко выросла после великих открытий в области углеводородного синтеза. В 1950 г. объем продукции составлял 3 млн. т, а теперь — больше 50 млн. т.

— В 1970 г. производство синтетического волокна составило 5,5 млн. т, синтетического каучука — 5,2 млн. т, полистирола (только в капиталистических странах) — 3,5 млн. т и пластмасс — 20 млн. т.

— Полимеры облегчают бетон и делают его прочнее, склеивают бетонные блоки, заменяют стальную арматуру.

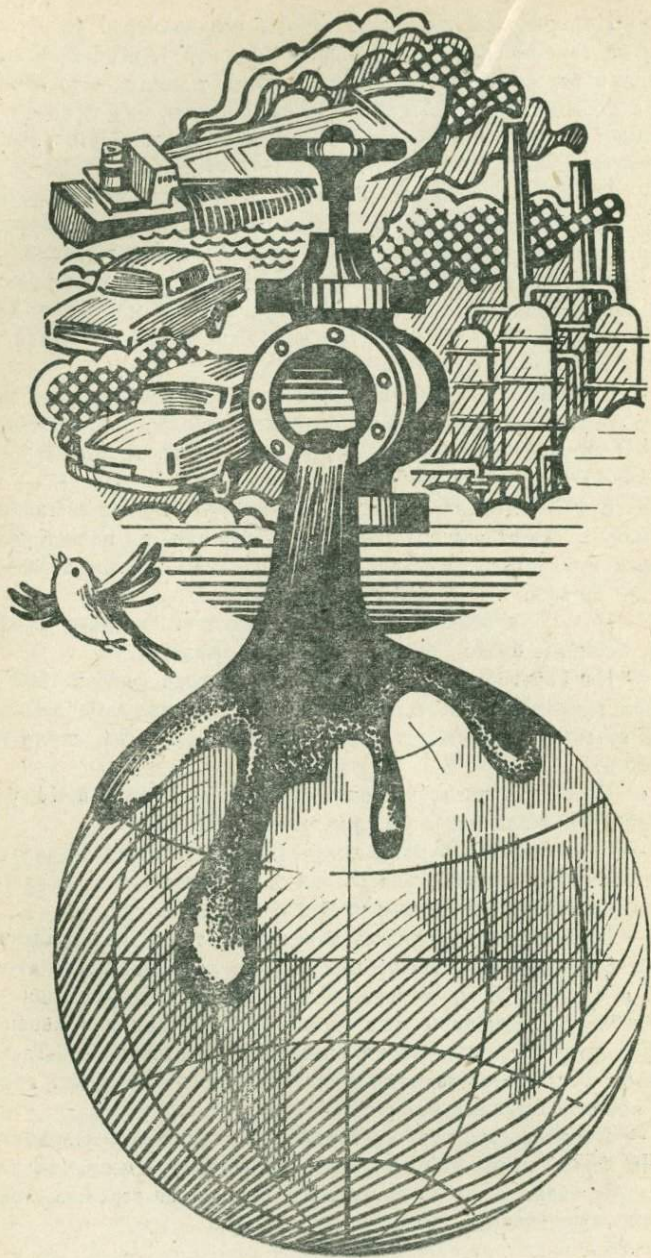
— На Горьковском автомобильном заводе еще в 1963 г. капрон заменил бронзу в подшипниках. Пластмассовые шестерни в сочетании с металлическими снижают уровень шума на 50—75%.

— Стоимость эксплуатации винилпластовых труб в 10 раз меньше, чем стальных, и в 13 раз, чем свинцовых.

— Синтетическая бумага, полученная из макромолекулярных продуктов нефти, похожа на обычную, но более стойка к влаге. Возможно, скоро мы сможем читать книги под водой.

— Синтетика опробовалась в качестве тары для хранения зерна. Экзамен был успешно выдержан в воде при температуре 10°C и глубине 30 м. Микровоски — продукт нефтехимии — употребляются для тары типа «кокон». На станок или машину набрасывается ткань, которая опыляется микровосками. Таким образом достигается герметизация продукции, боящейся воды или иных агрессивных испарений.

— Беговые дорожки из тартана для зимних стадионов, лыжи, колья, шесты для прыгунов, искусственные покрытия для лыжных трамплинов — вот далеко не полный перечень спортивных «достижений» полимеров.



ЗА ЧИСТОЕ НЕБО, ЧИСТОЕ МОРЕ И ЧИСТУЮ ЗЕМЛЮ

Деятельность человека наряду с землетрясениями, извержениями вулканов, ураганами и наводнениями является одним из геологических факторов, меняющих лик Земли.

Создание гигантских водохранилищ, возведение небывалых по высоте плотин гидроэлектростанций, перекрытие взрывами глубоких ущелий, вспашка никогда не знавших плуга степных просторов — все это свидетельствует о мощи человека-творца, человека-преобразователя природы. Но, создавая новые источники энергии, все яростнее вгрызаясь в тело планеты, мы оставляем иногда и незаживающие раны. Добыча руды и каменного угля открытым способом, превращение рек в сточные каналы производства, засорение атмосферы миллионами тонн вредных газов и золы — обратная сторона сияющей медали технического прогресса.

Скажем прямо, что уничтожение живого окружения без попыток возмещения ущерба для человека — штука не новая. Примеров тому множество.

В восточной части Средиземного моря на перекрестке старинных торговых путей располагается большой остров — Крит. Если бы нам довелось совершить туристский круиз в этом районе лет тысяч пять назад, то нашему взору явилось бы зеленое чудо, возникающее из синей воды. Холмы острова были покрыты роскошными кипарисовыми рощами, ниже по склонам тянулись виноградники, а в долинах колосились пшеница и ячмень. Владел всем этим народ не установленного до сих пор этнического происхождения. Аборигены были не только отменными земледельцами и ремесленниками, но и мореходами. Во втором тысячелетии до нашей эры критская держава обладала самым могучим флотом, как военным, так и торговым. А кипарис — великолепный материал и для строительства домов и для сооружения кораблей. Завоевавшие остров ахейцы продолжили торговую и военную политику аборигенов. Дважды неудач-

но напав на древний Египет, они устремились на Анатолийский полуостров и после десятилетней осады разрушили Трою. Легенды, сохранившие память об этом событии, дали пищу творческой фантазии Гомера, в поэтической форме подтвердившего существование доэллинических цивилизаций. По преданию, Гомер был слеп, но даже будь он зряч, то все равно не увидел бы кипарисовых рощ Крита: они были вырублены до возникновения эллинических государств.

Месопотамия — междуречье Тигра и Евфрата — недаром послужила основой мифов о земном рае. Многолетние археологические раскопки не только открыли нам историю шумеров, ассирийцев и вавилонян, но и показали, что все эти сменявшие друг друга народы в течение тысячелетий разумно использовали разливы рек. Ил шел для удобрения полей, система оросительных каналов и водоемов поила их в самые засушливые месяцы. Это можно считать первым примером экологического единства деятельности человека и природы. Конец этому единству положило нашествие орд монголов во главе с Хулагу и Тамерланом. Что это такое, неплохо знает и русская история. Но только нашим предкам удалось возродить страну из пепла, а земля древних шумеров умерла навсегда, скрытая песчаной пеленой пустыни.

Следы освоения новых земель, точнее, расправы человека с природой, можно отыскать и в Америке. Около 610 г. народ майя оставил города в южной части Юкатанского полуострова, где прожил века, и отправился на север, заложил там новые города. Что побудило майя собрать пожитки и покинуть насиженные места? Стихийное бедствие? Неожиданно возникшая эпидемия? Нашествие могущественных племен? Изменение климата?

Археологи долго ломали головы, пока не пришли к наиболее убедительной гипотезе. Эта гипотеза предполагает следующее: население городов стало испытывать недостаток в пище. А случилось это вследствие того, что образуемые путем выжигания джунглей поля плодородны всего лишь в течение нескольких лет. Надо сказать, что майя в основном были горожанами, сельским хозяйством занималась меньшая часть населения. Поначалу майя выжигали джунгли совсем рядом, вблизи городских стен. Но годы вы-

растали в столетия, и поля ушли так далеко от города, что разрыв между городом и деревней стал катастрофическим. Доставка урожая с поля стала неразрешимой проблемой — ведь майя не знали колеса и не имели прирученного домашнего скота. Перед народом встал выбор: медленная голодная смерть или освоение новых краев. Майя выбрали последнее.

Человек ушел, и спустя какое-то время джунгли вернулись на исходные позиции, скрыв непроходимой стеной мертвые города. Этого могло бы не произойти, если бы майя вовремя восстанавливали лес, засаживали брошенные участки. Примеры эти говорят не только о могуществе исчезнувших цивилизаций, но и об их слепоте, беспомощности и недалекости.

Видимый глазом воздух

Вот уже не менее полутора десятилетий мировая общественность бьет в колокола о наступлении бицида, т. е. о смерти всего живого в результате активного технического творчества человека.

«Бьет в колокола», естественно, в переносном смысле, тем более, что в прямом смысле делать это становится все труднее. В городке Уйи, неподалеку от Киото, в Японии умолк колокол, висевший в храме более 900 лет. Если мы скажем: «Как беспощадно время!», то будем правы, только вина падет на последнее 25-летие, а не на предыдущие восемь с лишним веков. Именно в эти годы колокол вместе с людьми «вдыхал» сернистые газы, выбрасываемые расположенным неподалеку индустриальным комплексом, в результате чего оказался разъеденным. После реставрации колокол вернулся в храм, но уже в закрытое помещение. Его участи могут позавидовать люди, в частности японские полицейские-регуляторы, которым, чтобы не потерять сознание, приходится периодически покидать свой пост, чтобы сделать несколько глотков кислорода из специальной колонки.

Нельзя не напомнить о смоге, том самом, про который говорят, что это воздух, видимый глазом. В 1952 г. Лондон был окутан в течение 4 дней пеленой густого тумана, содержащего массу ядовитых испа-

рений. Печальным итогом для столицы Великобритании стали лишние 4 тыс. похоронных процессий. Примерно такая же участь постигла крупнейший северо-американский мегалополис Нью-Йорк в День благодарения 1966 г. Слой теплого воздуха, неподвижно повисший над слоем холодного, задержал весь дым, который обычно разносился ветрами. И так же, как в Лондоне, кривая смертности резко пошла вверх.

Задымлена атмосфера многих городов Европы и Америки. Однако первое место по смогу занимает сравнительно молодой город Лос-Анджелес. На площади в несколько сотен квадратных километров происходит самое интенсивное загрязнение воздуха, которое знает мир.

Страдают от загрязнения атмосферы памятники архитектуры. Доставленный из Египта в Нью-Йорк в 1881 г. каменный обелиск Игла Клеопатры за последние 90 лет разрушился куда сильнее, нежели за предыдущие три тысячелетия: результат воздействия нью-йоркского воздуха.

В западногерманской прессе были опубликованы для сравнения два снимка портала собора в городе Хертене. Первый снимок датирован 1908 г., второй — 1969 г. Судя по первому, портал украшало изящное женское изваяние. Шестьдесят лет спустя судить о том, кто это, мужчина или женщина, стало затруднительно. Выхлопные газы автомобилей, дым промышленных предприятий выступили «соавторами» скульптора.

Атмосфера США ежегодно принимает в себя более 200 млн. т ядовитых газов, половину которых поставляют выхлопные трубы автомобилей. Неудивительно поэтому растущее желание многих американцев сменить автомобильную баранку на руль велосипеда.

Каково сейчас воде

Около миллиарда тонн газов и золы в атмосферу ежегодно, еще больше в реки, моря и озера, на землю и в землю — таков «вклад» в природу современного мирового промышленного производства. В этом деле черное золото и его производные не имеют себе равных.

Парадоксально, но реки — символы антипожара — нынче бывают в состоянии гореть. Так, в штате Огайо река Кайахога настолько перенасытилась спускаемыми в нее воспламеняющимися веществами, что в 1970 г. запылала, уничтожив две железнодорожные эстакады. О существовании какой-либо живности в такой реке говорить не приходится.

В 1957 г. у берегов Калифорнии развалился танкер «Томпико». Тысячи тонн нефти расплылись по поверхности воды площадью во много квадратных миль. Приливы на многие годы убили прибрежную жизнь. Но в то время такое событие не вызвало активного осуждения.

Когда же 10 лет спустя в Ла-Манше сел на мель куда более крупный танкер «Тэрри Каньон», возмущение приняло совершенно иные формы. Пляжи Корнуолла были покрыты нефтью на протяжении многих километров. Гибли водоплавающие птицы, задыхалась рыба. Юго-западное направление ветров спасло от той же участи побережье Франции.

Через 2 года новая катастрофа произошла опять у калифорнийских берегов. Вновь волны прибоя стали черными: в 5 милях от берега случилась авария на морской буровой. Скважина выбрасывала на морскую поверхность около 140 т нефти в час. Нефтяная пленка покрыла воду на площади более 1000 км², а дегтеобразная слизь расплзлась по 40-мильной кромке пляжа. Прибрежная живность снова была загублена. Чайки ныряли за рыбой, чтобы уже не всплыть. В маленьком городке Санта-Барбара поднялась паника. У всех были свежи в памяти воспоминания о черном приливе Ла-Манша. Несмотря на колоссальные усилия, скважина была укрощена лишь через 2 недели. Но понадобятся годы, чтобы восстановить экологическое равновесие в природе, вызванное этой катастрофой.

Это наиболее драматические эпизоды, но куда опаснее для мирового океана повседневные сбросы мазута военными и торговыми судами, которые очищают свои топливные емкости. Именно об этой опасности предупреждает известный исследователь и путешественник Тур Хейердал. В 1947 г. экипаж плота «Кон-Тики» за 101 сутки плавания по Тихому океану не заметил никаких следов человеческой деятель-

ности на протяжении всех 8 тыс. км пути. Экипаж папирусной лодки «Ра» в 1969 г. сталкивался с такими следами в Атлантическом океане ежедневно.

Что нужно предпринять?

Участие черного золота в крестовом походе против здоровья человека, против биосферы, даже против высокой атмосферы несомненно. И счет мы должны предъявлять тем, в чьих руках нефть превращается из блага в угрозу, кто в погоне за сиюминутной выгодой грабит будущее.

Изменение положения вряд ли возможно при капиталистических порядках. В этом признается и сама буржуазная печать. В 1969 г. американский журнал «Ньюсуик» озаглавил одну из статей так: «С топором у древа жизни». Помимо массы любопытного материала о состоянии современной биосферы на территории США здесь можно было прочесть пропитанные безнадежностью строки: «Трудно представить себе, что окружающую среду удастся сохранить без изменений в условиях частного предпринимательства. В стране, которой потребовалось 43 года для того, чтобы снизить правительственные субсидии частным предпринимателям «на истощение нефтяных ресурсов», фактически поощрявшие грабительскую эксплуатацию месторождений нефти, проведение таких изменений сопряжено с рядом огромных трудностей...» По словам ветерана экологии Юджина Одума, «американское кредо заключается в том, чтобы разбогатеть сегодня и наплевать на то, что будет завтра».

По-видимому, Юджин Одум ошибочно сузил обшекапиталистическое кредо национальными рамками. Разбогатеть сегодня и наплевать на завтра желает любой хапуга, и никакие уговоры не способны разубедить его в этом желании, а поэтому для того, чтобы начался «век сохранения», нужны иные радикальные меры. Стоит процитировать высказывания отдельных представителей свободного предпринимательства, чтобы не строить себе никаких иллюзий в отношении их позиций. Виновником последней калифорнийской трагедии была фирма «Юнион ойл». Ее президент Хартли, будучи вызван в Вашингтон для ответа сенатской подкомиссии по проблемам

загрязнения воздуха и воды, сказал следующее: «Это сама мать-земля дает выход нефти наружу. Меня поражает, какой шум может вызвать гибель нескольких пташек». Совершенно в унисон с Хартли высказались представители химических гигантов ФРГ «Хёхст» и «Байер» в ответ на требование прекратить загрязнение Рейна отходами производства: «Мы против предписаний, основанных на идеализме», добавив: «Мы против неоправданных расходов».

В общем-то мы знаем, кому предъявлять счет за грабеж будущего. Только все равно обидно: гибнет, например, Венеция, а ты знаешь, кто повинен в этом, но сделать ничего, увы, не можешь. Пятнадцать веков стоит прекрасный город на 118 островах. Поколения мастеров создавали неповторимое, а нынешнее поколение нефтяных магнатов решило устроить под Венецией третью промышленную зону Италии. Мало того, что существующие нефтекомбинаты своим ядовитым дыханием разрушат архитектурные ценности и художественную роспись, мало того, что эти же комбинаты обезвоживают пласты подземных вод, ускоряя и без того не такое уж медленное опускание города, но решение прорыть новый спрямленный канал для скорейшей доставки нефтепродуктов морем приведет к тому, что волны прибоя перехлестнут через ступени Дворца дождей. Впрочем, в 1975 г. правительство Италии приняло «Закон по спасению Венеции», а Министерство общественных работ выделило для начала 10 млн. дол. Будет проведен конкурс проектов создания систем шлюзов, которые преградили бы путь воде хотя бы во время приливов.

Прогнозы на будущее, высказанные многими учеными, пессимистичны, не говоря уже о пессимизме писателей-фантастов. Мы не будем рассматривать весь диапазон средств борьбы за сохранение природы, ибо это задача ученых-экологов. Остановимся только на том, как сделать нефть только другом, но отнюдь не врагом. Пока не поздно.

Разлившаяся по поверхности воды нефть представляет собой серьезную угрозу для живого. Даже микроскопической толщины нефтяная пленка прерывает естественный газообмен воды с атмосферой. Но не только человек загрязняет зеркало морских вод. Иногда это делает и сама природа. Например, с не-

запамятных времен юго-западная часть Каспийского моря загрязняется подводными выбросами нефти. Тем не менее Каспий и сейчас является одним из главных поставщиков ценных пород рыб. Значит, каким-то образом сохранялся экологический баланс между биологически активными зонами и участками, загрязненными нефтью.

На том же Каспийском море, вернее, на Апшеронском полуострове, вечным огнем горел природный газ, выбрасывая в атмосферу определенный процент углекислоты. То же самое происходило и происходит на иракской земле в Киркуке.

Так что когда Земля сама извергает из своих недр избытки горючих материалов, в этом мы не усматриваем ни нарушения природного баланса, ни бессмысленной траты сырья. Действительно, требования к человеку и его деяниям иные, тем более что масштабы негативного воздействия увеличиваются в геометрической прогрессии. И чтобы умер прискорбный афоризм «шагает человек, по его следам ступает пустыня», нужны соответствующие меры. И они не должны ограничиваться рамками государств, потому что транспортировка нефти, нефтепродуктов и газа совершаются в глобальных масштабах. Защита зеркала Мирового океана, суши и атмосферы должна быть делом не одного или нескольких государств, а всего человечества в целом.

Разработанная ООН мировая конвенция предусматривает запрет сброса судами топлив и масел в акваториях Балтийского, Черного, Средиземного, Красного морей и Персидского залива. В дальнейшем этот список будет, видимо, расширен. Соглашения о шельфе и разработке полезных ископаемых на дне и под дном морей также не обходят этот вопрос, так что по поводу охраны океана меры принимаются. С атмосферой хуже. Если соглашения о запрете ядерных взрывов в воздухе подписало большинство стран мира, то об охране воздушной среды от газообразных техногенных отходов промышленности в международном масштабе пока только говорят.

Со своей сушей каждая страна вольна поступать, как ей заблагорассудится. В данном случае принять охранительные международные соглашения могут в известном смысле помочь реки. Те реки, которые про-

текают по территориям нескольких государств, например Рейн или Дунай.

Это политическая сторона вопроса. А техническая?

Краеугольным камнем технической политики любого государства было и остается освоение природных богатств с максимальной отдачей, с наивысшей экономической выгодой. Но изготовление определенных видов продукции без полной утилизации отходов производства, создание промышленных комплексов, гидростанций, мелиоративных систем очень часто приводят к тому, что выгода, получаемая от производства, заслоняет ущерб, наносимый природе, а также другим отраслям хозяйства. Подчас при сопоставлении полученных выгод и ущерба чаша весов, на которой лежал ущерб, перетягивала.

Решения XXIV и XXV съездов КПСС нацелили нас на комплексное решение народнохозяйственных задач. Наиболее ярко этот новый подход проявляется в Западной Сибири, где открытие нефтяных и газовых месторождений послужило толчком не только к освоению недр, но и к расширению предприятий лесной и рыбной промышленности. Возрождаются места нерестилищ ценных пород рыб, лесопереработка ведется с учетом охраны природы, а в городе Сургуте, как мы уже упоминали, впервые стал применяться в качестве топлива попутный нефтяной газ, обычно сжигавшийся. У нас в стране «налаживанию» взаимоотношений человека и природы в значительной степени способствовали принятые за последние годы «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик», «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик», постановление «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов» (сентябрь 1972 г.), «Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» (июль 1975 г.).

Воздух «нужен, как воздух»

Действительно, воздуха, который нужен нам для легких, для дыхания, стало не хватать.

Среди развитых промышленных стран СССР — наиболее «отсталая» по загрязнению промышленными

выбросами окружающей воздушной среды. Трубы наших предприятий выпускают в атмосферу примерно в 3 раза меньше отходов, нежели в США, Японии или странах Западной Европы. Такой «отсталости» мы достигли благодаря планоному ведению хозяйства, применению транспорта на электротяге, массовому переводу топок предприятий на газовое топливо. Но и у нас все плотнее становятся ряды автомобилей на улицах городов, все шире и мощнее химическое производство.

Восходящие воздушные потоки вместе с угарным, сернистым и прочими газами вздымают высоко вверх и твердые частицы несгоревшего вещества. На наше счастье, атмосфера способна хоть частично самоочищаться. Как же воздушный слой справляется с тем миллиардом тонн газов, не считая твердых частиц, которым человечество награждает ее ежегодно?

Значительную часть среди техногенных выбросов составляет угарный газ, образующийся при неполном сгорании топлива. Он поднимается до озонного слоя, на значительную высоту: от 9 до 32 км. Здесь, столкнувшись с озоном, который является активным окислителем, угарный газ превращается в углекислый. Тяжелый углекислый газ опускается в нижний воздушный слой, где усваивается океаническими водорослями и наземными растениями в процессе фотосинтеза. Озонный слой — наш спаситель: с одной стороны, он сдерживает губительный поток избыточного ультрафиолетового излучения солнца, с другой — отражает и разлагает вредные земные испарения.

Твердые частицы также опускаются на землю. Правда, срок их возврата различен: частицы размером больше 10 мкм опускаются в течение месяца, частицы размером 4—10 мкм путешествуют долго и перемещаются на значительные расстояния от места выброса, а еще меньшие обтекаются дождевыми каплями и с километровой высоты добираются до Земли в течение года.

Чтобы меньше засорять нижнюю часть воздушного слоя, увеличивают высоту труб. В Канаде, например, выстроена самая высокая труба в мире: 380 м. В Англии разработан проект совсем невысокой трубы, но способной поднимать дым на солидную высоту, что достигается сворачиванием дыма в кольца

путем впрыскивания в дымовой поток порций сжатого воздуха из специальной форсунки.

А как быть с выхлопными трубами автомобилей? Их не поднимешь до 300-метровой высоты, да и кольца выпускать не научишь. Но какие-то меры принимать надо. В этом отношении широким поиском заняты американцы — обладатели самого колоссального автомобильного парка. Для них уже не увеличение скорости автомобиля или его комфортабельности является главной проблемой, а почти 100%-ное использование горючего. Уже разработан автомобильный двигатель, работающий на фреоне по замкнутому циклу. Созданы конструкции систем двойного топлива для грузовых и легковых автомобилей. В пределах города двигатель работает на газе с минимумом выброса угарного и прочих газов, на шоссе шофер переключает систему на обычный бензин.

Нечто подобное совершено и на море. Нефтеналивные суда в длительных морских переходах выпускают в атмосферу из танков сотни тонн выделяющегося нефтяного газа. Так происходит двойная потеря: пропадает ценное горючее и заражается воздушная среда. Выход из такого нелепого положения вроде бы очевиден: использовать этот газ для судовых двигателей. Тем не менее к такому решению конструкторы пришли совсем недавно.

Вода тоже должна быть чистой

Раз уж мы заговорили о танкерах, то давайте посмотрим, что делается против загрязнения нефтью и ее производными зеркала океана, рек и озер. Загрязнение, прямо скажем, солидное. Только один танкерный флот при очистке своих емкостей выливает на поверхность Мирового океана около 1,5 млн. т нефти в год. Ну, а сколько следов оставляют другие суда, даже «чистоплотные»? Ведь не только в море, но даже на мало-мальски судоходной речке мы обязательно увидим радужные разводы нефти. Если газовые отходы становятся зримыми лишь над трубами заводов и в смоге городов, то даже небольшое нефтяное пятно всегда ощутимо. Может быть, именно эта зримость породила множество средств борьбы.

В Институте океанологии АН СССР уже довольно давно изготовлен биологически безвредный препарат, помогающий очищать трюмы танкеров.

Фирма «Шелл» в Голландии применила смесь обычного песка с аминами жирных кислот для ликвидации масел с поверхности воды. Распыленный песок за 45 мин опустил на дно 100 т масла. Тот же кварцевый песок в смеси с кремнефтористым натрием способен гасить горящую на воде нефть, которая сворачивается подобно кислому молоку в кипятке.

Один из бетонных заводов Венгрии выпускает гидрофобное вещество — перлит, обработанный в виде губки. Такой перлит, разбросанный по воде, впитывает в себя нефть в количестве, в 4 раза превышающем собственную массу.

В 1972 г. в Людвигсхафене, ФРГ, для борьбы с мазутом на воде был успешно применен пенопласт, употреблявшийся прежде для улучшения структуры почвы.

Фирма «Джонс Манвил» разработала абсорбент, который поглощает нефть, разлитую по поверхности акваторий портов. Для очистки больших площадей он применяется в виде боновых заграждений, в труднодоступные места — под причалы и доки — запускается отдельными листами.

В Югославии строятся специальные небольшие суда с пониженной носовой частью, куда перехлестывается загрязненная вода. Нефть с поверхности отсасывается, а очищенная вода возвращается в море.

Советский изобретатель Д. Д. Кабанов придумал оригинальную простую ловушку для нефти. Принципиальная схема — герметичный сосуд на поплавках, заполненный морской водой, от которого в плавающую по воде нефть отведена трубка. Вода из сосуда вытекает, и в нем образуется вакуум, который и заставляет нефть подниматься по трубке вверх.

Мы остановились лишь на незначительной части средств борьбы с нефтяной угрозой. Не правда ли, нефть сегодня стала напоминать джинна, выпущенного из бутылки?

Борьба за чистоту Мирового океана — это, по сути дела, борьба за нашу собственную жизнь. Все должны помнить, что $\frac{4}{5}$ кислорода поставляют морские водоросли и лишь $\frac{1}{5}$ — растения суши.

— Первый закон, запрещающий загрязнение воздуха, был принят в Англии в 1273 г. Через 30 лет один из нарушителей этого закона был казнен. Закон запрещал топить печи каменным углем в Лондоне.

— Повышенная смертность во время смога наблюдалась в городах Великобритании в 1830, 1892, 1909, 1925, 1941, 1948, 1952, 1954, 1955, 1957, 1962 гг.

— Отходы в виде газа и дыма в США достигают 390 тыс. т в день или 142 млн. т в год.

— Южнее Италии на каждый квадратный километр водной поверхности Средиземного моря приходится до 500 л нефти в виде мазута.

— На востоке и юге Средиземного моря скалы над водной поверхностью на высоту человеческого роста стали серыми и черными от выбрасываемого морем мазута. Таким образом зона, где зарождается основная масса морских организмов, стала безжизненной.

— За последние 100 лет человек добавил в атмосферу 360 млрд. т углекислоты. Концентрация углекислого газа возросла на 13%.

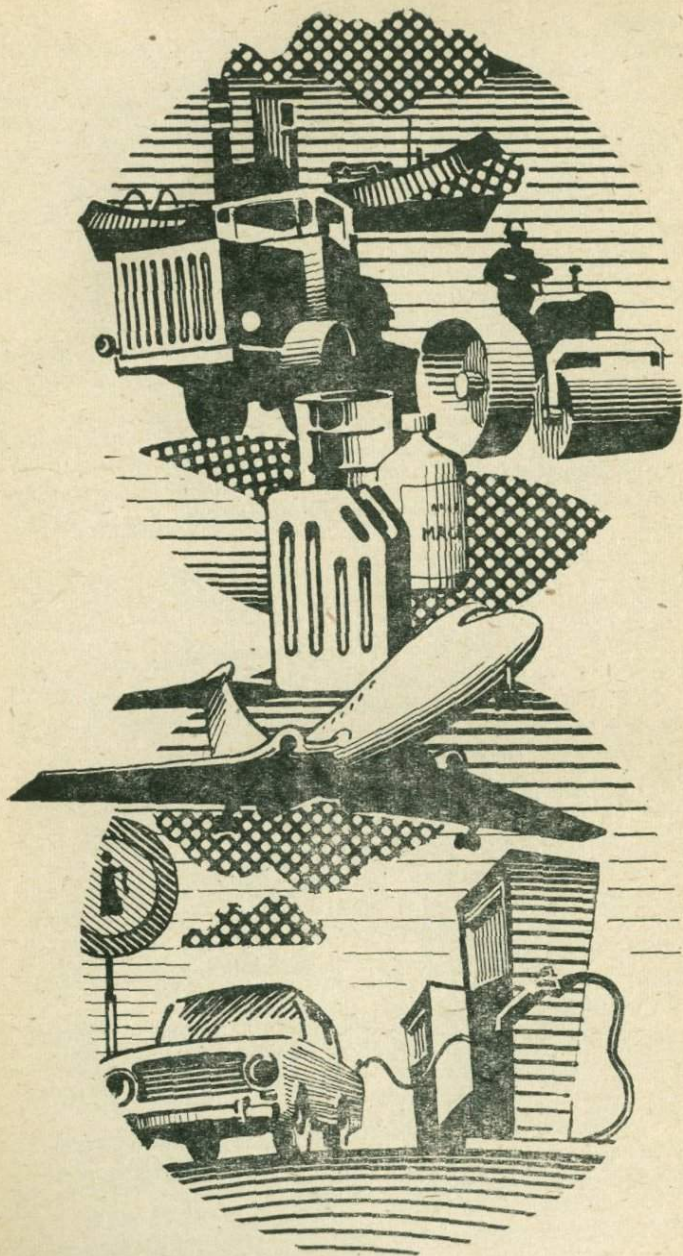
— Сорбируемые морскими осадками нефтяные продукты в результате биологических процессов вновь возвращаются в воду; при этом некоторые ароматические соединения оказывают вредное воздействие на морские организмы.

— Дождевая вода поглощает большое количество ядовитых металлов, содержащихся в выхлопных газах. В среднем американском городе дожди поглощают до 125 т свинца и до 15 т ртути за год, унося их в открытые водоемы.

— Японский изобретатель Посимина Куппо нашел, что при сгорании бензин дает меньше окиси углерода, если он наэлектризован, а потому предложил в топливопроводе автомобилей закреплять металлическую сетку с нанесенным на нее полупроводником.

— Сотрудники Торонтского университета в Канаде создали пластмассу, изделия из которой после использования могут быть уничтожены ультрафиолетовым облучением. Время «жизни» пластмасс можно регулировать.

— Группа исследователей из Токио нашла способ превращения пластмассовых отходов в бензин или керосин. Выход горючего при крекинговом процессе — до 90%.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Каких только эпитетов не удостоивалось наше столетие! Его называли стальным и нейлоновым, атомным и космическим. Однако не будь энергетического фундамента, каким являются нефть и газ, все эти эпитеты мало чего бы стоили. Несмотря на грандиозность гидроэлектростанций и мощь атомных электростанций, все-таки 60% электроэнергии сегодня дают тепловые электростанции, работающие на нефти и газе. Конечно, за атомной энергетикой будущее, но еще долго углеводороды нефти будут давать жизнь моторам автомобилей и самолетов, тракторов и кораблей. И если со временем нефть все меньше будет применяться как горючее, то как сырье для синтеза она, пожалуй, вечна. Тут возможности нефти беспредельны, как бесконечны формулы ее углеводородов и их свойства.

Попробуем увидеть завтрашний день нефти. Для начала поглядим на нее, как на богатство, попытаемся оценить ее запасы. Самые авторитетные знатоки, называя цифры запасов черного золота, скрытого в недрах, неоднократно ошибались. Так, в 1905 г. полагали, что в земной коре нефти не больше 190 млн. т. Но более поздними подсчетами было установлено, что с 1820 до 1905 г. во всем мире добыто больше 390 млн. т! Через 30 лет прогнозные запасы составляли 1090 млн. т, и опять подсчеты опрокинули неверный прогноз. За сто лет мировой нефтедобычи было извлечено 1156 млн. т. К 1970 г. человечество добыло из недр около 33 млрд. т нефти и 15 триллионов тыс. млрд. м³ газа, и добыча продолжает расти. В этом отношении пессимисты столь часто оказывались неправы, что стоит послушать сторонников более оптимистических оценок, по которым геоло-

гические запасы, т. е. все, что скрыто в недрах, составляют довольно серьезное количество: газа, например, около 350 тыс. млрд. м³.

А теперь попробуем увидеть, где же наши нефтегазоносные земли, где геологи будут открывать «Четвертое, Пятое, Шестое Баку». Согласно мнению академика А. В. Сидоренко, в течение ближайших десятилетий будут разведаны и, видимо, дадут нефть и газ Восточно-Сибирская платформа, а также Камчатка, Чукотка и другие районы Северо-Востока. Нефтяное будущее и у шельфа Черного и Азовского морей, шельфа, окружающего о. Сахалин. Вслед за первой морской буровой установкой «Баку», вышедшей на просторы Каспия бурить скважины глубиной до шести километров, в водах различных морей появится целая флотилия советских буровых установок.

Однако не только благодаря открытию новых месторождений так резко увеличится добыча. Это произойдет и благодаря тому, что будет полнее отбираться нефть из пласта. Сделать так, чтобы нефтеносный пласт отдал две трети, а то и больше заключенной в нем нефти, равносильно открытию новых месторождений-супергигантов. Уверенность, что это случится, вселяют успешные результаты, которые достигнуты в лабораториях уже сегодня.

А как будет служить нам добытая нефть? Переработка ее углубится, а область нефтехимического синтеза расширится. Ведь в настоящее время исходными продуктами в нефтехимии служат очень немногие углеводородные соединения. Громадное количество нефтяных углеводородов еще не раскрыли нам своих особенностей и держат их за семью печатями. Но химики все глубже проникают в этот сложный мир, и мы, вероятно, еще не раз будем удивляться, беря в руки предметы с невиданными свойствами. Кремнийорганические соединения покрывают дома, давая возможность стенам «дышать» и в то же время

не пропуская влагу. Искусственный каучук не только не уступает натуральному, но и превосходит его по качеству. Капроновые втулки и другие детали в различных механизмах работают лучше стальных. Квадратные километры полиэтиленовой пленки устилают дно каналов в засушливых, но плодородных краях нашей страны. Перечислить все случаи применения производных нефти невозможно. Это уже сегодня, а завтра? Завтра просто необозримо.

ИБ № 159

Борис Григорьевич Хотимский,
Виталий Борисович Топорский,
Олег Александрович Махولين

НЕФТЬ ВЧЕРА И СЕГОДНЯ

Научный редактор К. А. Черников
Редактор издательства Б. П. Пустынцев
Художники В. Э. Нефедович, С. М. Яковлев
Технический редактор И. Г. Сидорова
Корректор М. И. Витис

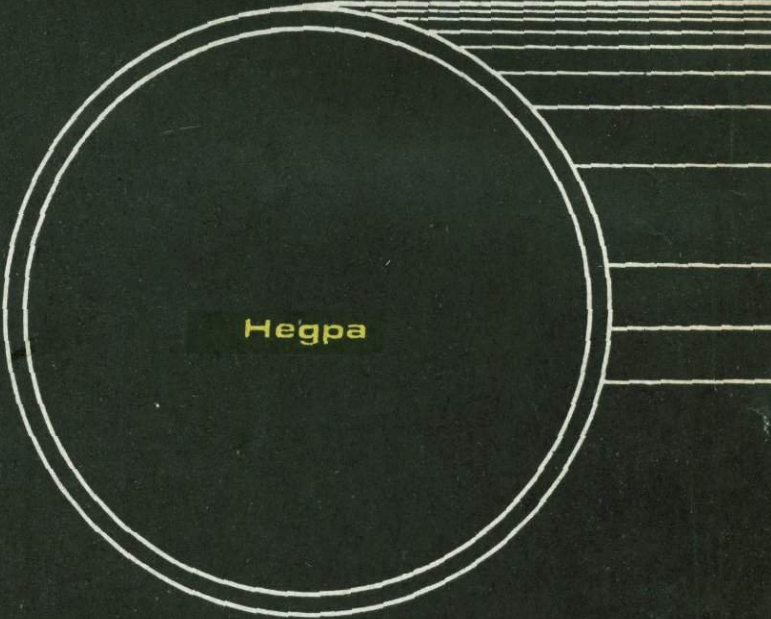
Сдано в набор 7/II 1977 г. Подписано к печати 3/VI 1977 г.
Т-10654. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Печ. л. 5,5.
Усл. печ. л. 9,24. Уч.-изд. л. 9,32. Тираж 52 000 экз.
Заказ 735/304. Цена 30 коп.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение.
193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

30 коп.

2192



Негра