

Большое путешествие

Скиталец

Фотосинтез – начало всего живого, или, проще, всей органической материи. В свою очередь, органическая материя – это, по сути, углерод. В результате какого-то химического чуда энергия солнца (т.е. ее излучение) дает возможность растительным организмам постоянно перерабатывать (метаболизировать) неорганические элементы (для всех, углекислый газ) в органический материал (целлюлозу, лигнин и т.д.). Однако органическая материя, являясь синонимом жизни, брэнна. То есть со временем она умирает, приходит в упадок, превращаясь в неорганическую. Люди вносят исключительный вклад в этот процесс, сжигая (зачастую некстати) миллионы тонн органической материи (от навоза до углеводов) и возвращая ее в неорганическом виде в атмосферу. Однако до того, как мы размножились, кто-то позаботился совсем об обратном. Миллиарды и миллиарды бактерий и грибов, а также других микроорганизмов миллионы лет питались органическими отложениями, «перерабатывая» их благодаря кислороду в ходе своих пищеварительных процессов («аэробное брожение»). В результате этого процесса практически не остается остаточных (органических) продуктов. Прах ты и в прах превратишься, готовый, однако, стать новым объектом фотосинтеза, с тем чтобы снова испытать радость жизни¹.

Какой-то органический остаток попытался избежать этого цикла или, по крайней мере, продлить свое органическое состояние дольше обычного срока. И кое-кто из этих беглецов после долгого путешествия превратился в углеводород. Это была частичка планктона во времена Юрского периода 200 миллионов лет тому назад. Она видела, как образовался Атлантический океан, а если когда-нибудь приближалась к берегу, видела, может быть, огромных рептилий. И уж наверняка удивлялась какой-нибудь птице, пролетавшей над ней. Но вот настала пора уйти в мир иной

и приготовиться к встрече с бактериями. Однако получается так, что она быстро погружается на неподвижное дно (может быть, это была лагуна, часть моря, закрытая коралловыми рифами, в любом случае это было место, не подверженное морским течениям, насыщенным кислородом). В общем, она оказалась в месте, которое геолог определил бы как «нефтегенная среда»². Там нет или почти нет кислорода, то есть оно не представляет интереса для бактерий, поскольку пищеварение невозможно. Частичка лежит на дне в немногочисленной компании таких же, как она, посреди множества неорганических останков, оказавшихся там в результате процессов эрозии и других природных явлений, посреди какой-то впадины, которую из-за ее природного гостеприимства назвали «осадочным бассейном»³. Частичка смешалась с покрывающим дно песком, а точнее сказать, с «отложениями», которые там образовались. Ее органическое содержание сохранилось.

Однако приключение еще даже не началось. Когда она туда попала, с другими это уже произошло, и будет продолжать происходить со всеми остальными. Может быть, под ней даже лежит кембрийский слой, то есть отложения, которые образовались более 300 миллионов лет тому назад. А может быть, этот процесс продолжается и сейчас, по прошествии еще 200 миллионов лет. Как бы там ни было, по мере того как образуются все новые наслоения, она спрессовывается вместе со своими сверстниками (по отложению) и начинает опускаться все ниже и ниже. Отложение превращается в твердую породу (глинистую, песчаную ...), и она продолжает путешествовать внутрь⁴. Это вовсе не комфортное путешествие. Каждые 10 метров, что она опускается вниз, давление (гидростатическое) увеличивается на одну атмосферу. Через каждые 33 метра (при этом среднее колебание в некоторых случаях может быть очень сильным) температура увеличивается на один градус, не говоря уж о том, что становится очень тесно. Если наша частичка путешествует с глинистыми породами, то начальный объем на 200 метрах уже уменьшился из-за компрессии на 20%, а на 2000 метрах уменьшение достигнет 47%.

Частичка (назовем ее биомассой) начинает подвергаться все возрастающему воздействию тепла и температуры. По сути дела именно тепло меняет ее жизнь, подвергая постоянным физико-химическим изменениям. Чем больше она томится, тем быстрее превращается в более легкую материю в той горной породе, в которой она находится. Уже на первых 2000 метрах опускания в органической частичке «сгорает» все то, что не является углеродом или

водородом. При 60°C все то, что осталось от планктона и других органических веществ, с которыми он путешествует, превратилось в кероген, материю в полутвердом состоянии, готовую превратиться в нефть и газ. Первый этап (диагенез) завершен. Второй этап (катагенез, часто называемый «окном в нефть») дает начало превращению в нефть. Рекомендуемая температура готовки – от 65 до 150°C (на самом деле, самая оптимальная колеблется между 80 и 120°). Тепло, так же как и при крекинге во время нефтеперегонки, разбивает молекулы тяжелых фракций, превращая их в более легкие фракции (приблизительно говоря, превращает асфальт/кероген в жидкую нефть). Если готовка происходит от 150 до 200°C (метагенез), образование нефти становится невозможным и долгий путь биомассы вниз может закончиться лишь образованием природного газа, что в любом случае означает углеводород. После 200°C это уже невозможно. Мы наблюдаем метаморфизм. Долгое бегство из неорганического состояния заканчивается превращением опять же в неорганическую материю из-за избыточной температуры, и планктон, переживший кислород и бактерии, становится графитом⁵. Он как бы сгорает и вместо того, чтобы подняться на небо, снова опускается вниз.

До этого момента речь шла о температуре, которая воздействует на осаждающуюся биомассу. Еще есть давление. Биомасса осаждается вместе с неорганическим материалом, который, опускаясь, образует горную породу. Если горная порода содержит достаточное количество органических отложений (что на языке нашей цивилизации означает «коммерчески значимое»), то она называется «материнская порода», то есть образующая углеводороды. Если материнская порода слишком старая, чтобы опуститься и превысить температуру метагенеза, то судьба органической материи, которую она еще содержит, безнадежна. Ее единственная надежда – попытаться покинуть материнскую породу раньше и, если это удастся, снова стать беглянкой. Такое бегство на техническом жаргоне называется «миграцией».

Материнская горная порода несет в себе воду и углеводороды. Поскольку речь идет о горной породе, то она своеобразна. Гости находят себе место в «пустотах породы», иными словами, в зазорах или порах. Чем порода более пориста (т.е. чем больше пустот в ее твердой массе), тем больше она может содержать жидкости. А поскольку жидкости могут двигаться (или даже со временем покидать материнскую породу), одних пустот недостаточно –

нужно, чтобы они еще и общались друг с другом. Необходимо, чтобы внутри породы гости могли перемещаться. Чем больше пор соединено между собой и чем больше порода дает своим гостям возможности передвижения, тем больше эта порода «проницаема».

Опускающаяся материнская порода все больше сжимается от возрастающего давления и тем самым выпроваживает гостей (если уж говорить о чреве, то геологи называют это «запором»), и они, практически раздавленные, как только находят породу, более гостеприимную, чем «мама» (достаточно пористую, чтобы их содержать, и достаточно проницаемую, чтобы их впустить), говорят «до свидания» и пускаются в путешествие. Миграция началась.

Мигрирующие углеводороды значительно легче той оболочки, в которой они находятся. Если после бегства они нашли бы бесконечную череду проницаемых горных пород, то мало-помалу, капля за каплей они снова оказались бы на поверхности (что, собственно, часто и происходило⁶ еще до современной эпохи). Лучше, чтобы тебя переварили бактерии, чем превратиться в графит. Однако недра разнообразны и полны сюрпризов. Особенно они полны непроницаемых пород. Если во время своего путешествия из поры в пору углеводород наткнется на такую породу, он попытается ее обогнуть. При этом он физически легче той преграды, которая его останавливает, поэтому по закону он не может снова опуститься. Если непроницаемая порода имеет форму крыши или купола («антиклинальная складка»), выхода нет. Углеводород попал в «ловушку»⁷. Он упирается в крышу и становится пленником. За ним последуют другие и еще больше сожмут его, а с ними и вода, которая тяжелее. Она пропустит их через себя и, пропустив, начнет давить на них снизу⁸. Скоро углеводороду не будет хватать места из-за давления скорее снизу (которое создают выталкиваемые жидкости), чем сверху (опускаясь, порода его лишь сдавливает). Если углеводород находится в жидком состоянии, миллиарды и миллиарды микроскопических капель, застрявших в порах породы, толкаются, чтобы перебраться в пору повыше, а другие миллиарды и миллиарды подталкивают их снизу, создавая еще большее давление. Капли сдавлены под куполом и лишены возможности двигаться. Вот и возникло месторождение⁹. Органическая материя сохранилась. На время. Потому что потом мы позаботимся о том, чтобы она снова вернулась в оборот: мы будем ее добывать и сжигать.

Биогенный и небиогенный

Мы можем предположить, что большое путешествие от лагуны до месторождения идет непрерывно, то есть оно происходит и сегодня (некоторые минерализованные отложения возникли всего лишь 20 тысяч лет тому назад). Однако одна проблема связана с продолжительностью, а вторая – с эффективностью. Трудно подсчитать время путешествия. Если прикинуть, то понадобится по крайней мере миллион лет, а скорее два. При этом транспортные потери просто потрясают. Из 25 тонн биомассы, которая откладывается в лагуне, хорошо еще, если мы получим по прошествии нескольких миллионов лет один литр бензина¹⁰. Нам этого вполне достаточно, чтобы понять, что если именно это и есть путешествие, то мы говорим о «исчерпаемом» ресурсе, во всяком случае, в том смысле, что процесс его воспроизводства для нас представляется незначительным и малоощутимым.

Есть еще «абиотическая» теория. Идея состоит в том, что углеводород образуется не из (не только из) органических материалов, откладывающихся на поверхности, а благодаря химическим реакциям, возникающим под воздействием температур в мантии земли. Водород и углерод смешиваются там, а потом достигают земной поверхности по всем нормальным правилам миграции. Это старая теория русской школы, которую потом несколько раз пытались реанимировать¹¹. Официальная геология ее почти отвергает. Некоторые ее иногда принимают во внимание¹².

Допуская, что теория может все-таки работать, наш эмпирический опыт позволяет сегодня полагать, что подавляющая доля углеводородов, которые мы знаем, имеют все-таки биотическое происхождение¹³. И именно от этого нужно сегодня отталкиваться в наших рассуждениях. Ведь если это окажется не так, то будет поставлена под сомнение сама идея о том, что углеводороды являются исчерпаемым и невозобновляемым ресурсом. Тогда нам придется выбросить все, что, как нам казалось, мы знали о нефти, и начать все сначала.

Между рынком и изобретением

Как стать важным

Нефть совершила Большое путешествие несколько миллионов лет тому назад. При этом мы толком не знали, что с ней делать, да и никто об этом не задумывался. Ее выходы на поверхность были многочисленны и обнаруживались в разных местах, а некоторые из них, особенно те, что при выходе воспламенялись, будоражили эмоции и религиозные чувства¹. Однако опыты с нефтью были обречены стать успешными, она стала использоваться сначала как топливо и по мере развития как горючее. Мы дожили почти до конца XVIII века без отопительных котлов и моторов. Потом Ньюкомен (1712 г.) создал первую паровую машину, Уатт усовершенствовал ее, и мир для нас изменился в одночасье. Веками и тысячелетиями мы достигали максимальной мощности при помощи мельниц, а единственной известной тягой являлась животная (включая человеческую).

Нефти, которая выходила на поверхность, придавались иногда важные, но, в любом случае, второстепенные функции. Ее применяли в качестве строительного материала, смазки, лекарства и еще для каких-то целей, включая иногда военные. Раскопки государства Ур (3000 лет до н.э.) свидетельствуют об активном использовании асфальта при его строительстве. Стены Вавилона и Иерихона были зацементированы битумом³. Классические источники периода с I века до н.э. по I век н.э. (Витрувий, Диодор Сикул, Иосиф Флавий) свидетельствуют о том, как в районе Мертвого моря собирался материал, названный *bitumen judaicus*, который затем продавался с хорошей прибылью в Египет, где использовался для мумификации⁴.

Регулярное применение нефти в военных целях начнется немного позднее⁵. Сначала необходимо было научиться управлять наиболее горючими (т.е. более легкими) фракциями, входящими в состав нефти. Для того, чтобы *греческий огонь*⁶ превратился в

надежный инструмент войны, надо было приобрести элементарные навыки по перегонке нефти. Переход от элементарных методов к более сложной технике перегонки является исключительно заслугой арабов⁷. Оттуда она была привезена в Европу⁸, где с ее помощью части вещества стали использовать для освещения, а также в качестве смазки.

Однако наилучшие свойства нефти проявились при изготовлении лекарств. Большая заслуга в этом принадлежит Плинию Старшему. Следуя его «Естественной истории» (*Naturalis Historia*), нефтью можно было лечить все: от зубной боли до диареи, не говоря уж о ревматизме. В Средневековье возникли, а в период Возрождения уже повсюду действовали «различные центры по производству жидких природных углеводородов, получаемых в небольших количествах, которые продавались во всех аптеках»⁹.

В XIX веке (невольный) последователь Плиния Старшего решил попробовать себя в торговле нефтью как лекарственным средством на американском рынке. Трудно сказать, где правда, а где вымысел, но именно благодаря ему произошел переход к современному использованию нефти. Самуил Мартин Кир был сыном Томаса. Отец начал производство каменной соли, получаемой из соляных вод, которые извлекались с глубины в сотню метров через скважину, сделанную при помощи ударного бурения. Однако возникла проблема – нефтяной пласт. И чем дальше, тем больше. Чтобы нефть не загрязняла продукт, от нее нужно было избавляться. Часть ее сжигали, часть – выбрасывали в канал.

Как говорят, идея ее альтернативного использования впервые пришла в голову Киру из-за туберкулеза жены, которую, кстати, лечили при помощи «*american medical oil*». По запаху Кир определил, что это лекарство идентично тем отходам, которые он ежедневно получает¹⁰. Так началась раскрутка под рифмованный стихок¹¹ марки *Kier's Petroleum* или *Rock Oil*. Полпинты, 50 центов. Спектр применения, который даже Плиний Старший не мог бы себе представить. *A natural remedy* – естественное средство для лечения любых заболеваний дыхательных путей (в «груди, трахее, легких»); эффективно против диареи, холеры и геморроя; в качестве местного применения (как мы бы сказали...) – при ожогах; допускающее также другие виды универсального лечения (включая невралгию, кожную сыпь и покраснение глаз). Самые удачливые пациенты отделялись нанесением на кожу, остальные не могли

избегать приема внутрь. «Три чайных ложки три раза в день» («*Three teaspoon three times a day*»¹²).

Однако производством лекарства не ограничились. Слишком много оставалось ненужной нефти. И Кир, не имея специальной технической подготовки, начал экспериментировать с перегонкой. Рынок освещения расширяется. На нем доминирует китовый жир и (частично, в основном для городского освещения) масло, полученное от перегонки угля. Спермацет, которым богата голова кашалота, прекрасно подходит для того, чтобы делать свечи, дающие при горении яркий свет и распространяющие вокруг легкий, приятный аромат. Еще масло можно делать из жира любого кита, которое подходит если не для свечек, то, по крайней мере, для смазки. Однако чистота спермацета недостижима, и спрос на него превышает сырьевые возможности¹³. Это первый эксперимент исчерпаемости энергоресурса¹⁴. На Моби Дика охотятся и его уничтожают. Так что ему самому впроку ставить свечку.

Нет сомнения в том, что нефть может стоить бесконечно мало. Но по сравнению с китовым жиром она воняет и дымит. Киру наконец-то удастся получить хороший керосин и устранить проблему. Его *carbon oil* — настоящий успех. И керосину открывается весь рынок освещения. Самуил Мартин Кир за одну жизнь смог разбогатеть как за счет последнего древнего использования (хотя и неосознанно халтурным способом), так и благодаря первому современному использованию нефти — углеводорода. *Эра нефти*¹⁵ вот-вот начнется.

Рынок и изобретения

Промышленное развитие порождает новую урбанизацию. Сегодня городское население впервые в истории по количеству превышает негородское, что ведет к изменениям в энергопотреблении, и человеческому обществу придется уделять этому особое внимание¹⁶. Во времена Кира этот процесс только начинался, вызывая при этом радикальные изменения в способах получения энергии и возможностях ее использования. От кустарного производства для собственных нужд до купли-продажи, от самодостаточности до создания транспортной сети, от параллельного распределения до новой цепочки «производство—потребление». Природное топливо ведет к производственному и социальному обновлению. Нефть из второстепенного ресурса превращается в главный¹⁷.

В связи с новыми городскими потребностями использование нефти растет. Теперь только для того, чтобы их удовлетворить, нефти, которая выходит на поверхность и на которую случайно наталкиваются в поисках воды, становится недостаточно. Чтобы спасти китов, полностью заменив их масло, ее требуется больше. Другими словами, ее нужно специально искать.

И тут возникает легенда о «полковнике» Эдвине Лорентайне Дрейке, которую часто связывают с идеей первой нефтяной скважины в истории, а иногда даже и открытия нефти. О ней же вспоминают, когда говорят о первой коммерческой (не в качестве лечебного средства) продаже нефти. Его заслуга не просто в том, что он упорно искал нефть при помощи бурения скважин (эта теория вызывала недоумение у многих так называемых экспертов того времени, которые не ведали о миграции и Большом путешествии и были готовы развивать альтернативные теории о нефти и о ее происхождении). Он ее действительно нашел на глубине 21 метр в Тайтусвилле 27 августа 1859 г. Хотя и был своего рода самозванцем. Прежде всего он незаконно присвоил себе звание полковника, которым никогда не был. Последнее место его работы – машинист на железной дороге New York & New Haven Railroad. Да и первопроходцем в бурении скважин его также нельзя назвать. Первую скважину пробурили в Азербайджане возле Баку в 1847 году, а в 1858 году скважина в Бобрке (Польша) превысила глубину 30 метров. Ну и, наконец, нефть широко использовалась в 1859 году для освещения в Румынии, Галиции и в остальной части Европы, а керосин применялся для освещения некоторых частей Вены уже в 1854 году.

Тайтусвилл он может себе присвоить, поскольку это Америка. Или даже лучше сказать, это начало Соединенных Штатов как земли нефти (*land of oil*). Когда появился Тайтусвилл, в Европе Румыния уже производила 4300 баррелей, а все Соединенные Штаты – 2000. В 1860 году Румыния увеличивает добычу до 8500, а Соединенные Штаты – до 500 000. На следующий год цифра возрастет до 2 100 000¹⁸. Делаешь дырку в Пенсильвании, и оттуда сочится нефть. Все, что происходило до Дрейка, забыли напроць. В Европе еще сохраняется кустарный уровень производства, а здесь рождается новая промышленность.

Поначалу норма прибыли была непомерно высокой. Первые стоимость барреля нефти в реальном выражении превышает 100 долларов не в 2008 году, а в 1863-м¹⁹. «Меньше чем за два года

скважина дает 15 000 долларов прибыли на каждый инвестированный доллар»²⁰. А потом начало проявляться одно из свойств нефти, которое сохранилось и до наших дней. Ее стало слишком много. Но ее продолжали находить. И, прежде всего, не в Америке, где, начиная с Пенсильвании, поиски стали вестись *coast to coast*, что потом со временем приведет к Эльдorado в Техасе (в 1897 г.) и в Оклахоме, а затем к находкам в Калифорнии. В конце века благодаря инвестициям Ротшильдов и Нобелей в Азербайджане Россия обогнала (временно) Соединенные Штаты; Румыния продолжала увеличивать производство; новые залежи находили от Суматры (1893 г.) до Мексики (1901 г.). Достоверно известно, что в 1900 году в мире производилось 150 миллионов баррелей нефти в год. Это меньше того, что мы сегодня выпиваем за два дня. Рынок, однако, был немного другим, да и для того, чтобы продать это количество, нужно было попотеть.

Киты находятся почти на грани уничтожения. Однако им удастся выжить: почти в самый последний момент их масло становится никому ненужным. Их спасает нефть. После 1863 года цена нефти резко падает, после чего тенденция ее взлетов и падений будет развиваться по нисходящей вплоть до 1890 года. Едва успеет заменить китовое масло, нефти впору беспокоиться о собственном будущем. Она продается как смазка и как светильное вещество. Однако ее рынок как светильного или «лампового» вещества в опасности. Фарадей в 1831 году демонстрирует электромагнитную индукцию²¹. В 1871 году Грамм создал первую динамомашину. Потом появился Эдисон, и интуиция превратилась в бизнес. Первая лампочка зажглась 1879 году; первая электростанция начала работать в 1882 году, и уже на следующий год засияли 11 000 фонарей и электrolамп²².

Если это будет распространяться с такой скоростью, то эра нефти рискует закончиться, так и не начавшись. Или, скорее, она станет историей, в которой нефть сыграет лишь эпизодическую роль. То, что новая растущая социальная реальность не может обойтись без «концентрированной» энергии, уже очевидно. Однако развитию общества, основанному на природных ресурсах, дал толчок уголь, который все еще является хозяином и топливом для известных на тот момент двигателей и для транспорта – от пароходов до локомотивов. Он главный конкурент, и в обществе, которое существовало в начале прошлого века и в котором проблемы окружающей среды мало что значили, доводы о загрязняющем характере угля сами по себе не давали достаточных ос-

нований искать ему замену. Так что нужно сконцентрироваться на собственных конкурентных преимуществах.

Преимущества нефти действительно потрясающие, и они состоят в магическом выражении «удельная энергия», среднем значении 42 мегаджоуля на килограмм²³. Самый хороший уголь, то есть антрацит, с трудом дотягивает до 30, а уголь, который сегодня обычно используется для производства электроэнергии, – до 20–24²⁴. Для того чтобы произвести то же самое количество энергии, потребуются 2 килограмма угля на каждый килограмм нефти. При этом нефть жидкая и позволяет полностью заполнить любую емкость, в то время как уголь создает определенные проблемы с дополнительным пространством (хотя, будучи твердым, он может компенсировать этот недостаток, поскольку не требует специальных емкостей). К тому же, если неудобно складировать даже 2 килограмма вместо одного, то разница станет ощутимой, если возить все это на себе. Вот оно – будущее нефти. В качестве генератора энергии при меньшей цене можно использовать и уголь, а вот в качестве топлива для двигателей нефть непобедима.

В конце XIX века существует, однако, одна маленькая проблема. Нет двигателей, которые могли бы ее использовать. Об этом думают немцы. В 1876 году Николаус Отто конструирует первый четырехтактный двигатель, который работает на газе, получаемом из угля. Однако топливо подводит. В 1885 году возникает победная триада. Даймлер создает первый легкий двигатель на бензине, Бенц ставит на него электрозажигание, а Майбах – карбюратор с дроссельной заслонкой. Сегодня зажигание электронное, а карбюраторы по большей части заменены инжекторами. При этом, если хорошо посмотреть, вот уже более 120 лет мы только и делаем, что совершенствуем базовую модель. И все же двигатель внутреннего сгорания изобретен, и его ждет долгая жизнь²⁵.

Однако если посмотреть назад, хотя нам это трудно заметить, то нашу жизнь в большей степени изменил его двоюродный брат, или двигатель с воспламенением от сжатия. Иными словами, дизель (1892 г.). Карбюраторному двигателю необходим запал или внешнее зажигание, искра или что-то, вызывающее сжигание топлива. Дизель же подвергает топливо более высокому сжатию²⁶, и возникающие таким образом температуры приводят к самовоспламенению топлива. Может показаться, что это чисто техническая деталь. На самом деле она предполагает, что карбюраторный двигатель в качестве топлива нуждается в легковоспламеняю-

щихся фракциях нефти, то есть так называемых легких фракциях (бензинах). В дизеле же (который был придуман для работы на растительном топливе)²⁷ можно использовать значительно более тяжелые фракции. Стечение обстоятельств ускорит, и довольно значительно, окончательное утверждение топлива/нефти.

Сделаем шаг назад. То, что мы называем нефтью, – это смесь разных углеводородов (их насчитывается до 350), в которых общее то, что они образованы из углерода (С) и водорода (Н)²⁸. Есть много разных углеводородов с разными молекулярными структурами (сочетаниями атомов С и Н). В общем, чем больше атомов углерода в их структуре, тем углеводород «тяжелее». CH_4 – это формула метана (один атом углерода); C_2H_6 и C_3H_8 – это соответственно этан и пропан. Если атомов С меньше трех (C_3), то это углеводороды в газообразном состоянии при комнатной температуре. После C_4 начинаются жидкие, то есть это как раз те углеводороды, которые в агрегированном состоянии мы обычно называем нефтью. Углеводороды с C_4 по C_{10} (или даже C_{12}) можно держать вместе, а если их отделить от остальных, то получатся бензины. Те, у которых С больше 40 (C_{40}), мы, в лучшем случае, можем использовать для асфальтирования дорог. А посередине находятся все остальные.

Мы почти никогда не использовали (разве что в медицинских целях...) «нефть» как таковую, а всего лишь и только ее «продукты», то есть более или менее однородные смеси ее компонентов. А для того, чтобы их отделить, мы всегда опирались на тот факт, что точка кипения каждого из них изменяется в зависимости от конкретной молекулярной структуры. Другими словами, чем меньше в ней атомов углерода, тем быстрее наступает кипение. Бензины начинают кипеть уже при 30°C , а газойли – при 160°C и так далее. «Очистка» углеводородов состоит в их разделении на «фракции» в зависимости от повышения температуры воздействия, или, другими словами, в их «перегонке». В результате очистки получают самые разные продукты. Нефть при этом бывает разной. В частности, она различается по плотности, измеряемой в градусах Api . Если этот показатель меньше 20, то такая нефть называется тяжелой (*heavy*) (для сравнения у воды он 10), а если больше 35, то легкой (*light*).

С появлением Отто и Дизеля потенциальный рынок оказался безграничным, однако ресурсы, которые, как кажется, имеются в изобилии, могут оказаться недостаточными. Известная история

нефти начинается с тяжелых фракций (битума и асфальта), а сейчас нужны легкие. При этом они нестойкие и легковоспламеняющиеся.

В начале XX века легкие фракции, которые удается получить из нефти, не превышают в среднем 11%. Все остальное идет на освещение, тяжелые масла и отходы. Такого количества не хватает для создания рынка, особенно когда (в 1913 г.) впервые в Соединенных Штатах спрос на бензин превышает спрос на светильное масло²⁹. И именно в 1913 году стал возможным огромный шаг вперед. Уильям М. Бёртон работает директором нефтеперерабатывающего предприятия Whiting, которое принадлежит компании Standard Oil of Indiana. Он давно работает над промышленным внедрением процесса, основные принципы которого уже известны. Молекулярная структура тяжелых углеводородов при определенных условиях нагрева и его продолжительности может разрушаться. То есть быть разорвана. Короче, если удастся разорвать C_{40} , должен получиться какой-нибудь C_{10} или даже C_5 . И, таким образом, из битума можно извлечь бензин³⁰. В итоге на Whiting процесс, который до сих пор носит название «термический крекинг», получает свое промышленное крещение³¹.

Несмотря на некоторые первоначальные трудности, новый процесс сразу же приводит к резкому повышению отдачи. Восемь лет спустя, в 1921 году, средняя выработка бензина в процессе перегонки уже превышает 25%³².

Однако этого недостаточно. В начале XIX века открыты и изучаются каталитические процессы. «Катализатор» – это некое вещество, которое способно ускорить химическую реакцию между другими различными веществами, не вступая при этом в нее. В том, что касается перегонки, исследования направлены на поиск каталитического процесса, который позволяет «разорвать» цепочки, связывающие атомы углерода быстрее и с меньшими затратами энергии (тепла) по сравнению с обычной перегонкой. Изменение цепочек, которое теоретически можно достичь при помощи этого процесса, позволило бы его использовать для улучшения октанового числа (No) бензина и решить тем самым проблему более адекватного взрывобезопасного содержания. Первый патент появляется уже в 1914 году, однако связанные с ним инвестиционные затраты не позволяют его внедрить. Первые установки начинают, наконец, работать в 1936 году (начиная с Sun Oil в Пенсильвании). Первичная технология основана на работах

Эжена Гудри. Через десять лет от этой первичной технологии откажутся в пользу более эффективных процессов, но с именем Гудри будет связано авторство использования процессов каталитического крекинга при переработке нефти.

В 1936 году окончательно завершился процесс, связанный с изобретениями, на которых основывается современная технология³³ очистки нефти. Хорошая нефть (то, насколько она хороша, в значительной степени зависит от ее плотности: чем она легче, тем больше она дает легких фракций) при переработке может дать более 40% бензина³⁴. При этом конечный продукт получает соответствующее No (благодаря процессу под названием «реформинг»). Теперь для большого развития автомобилестроения есть соответствующее топливо. Одновременно дизель позволяет использовать для транспортных нужд следующие, вплоть до масла, более тяжелые фракции нефти (например, топливо для судовых двигателей). В итоге гибкость использования нефти обеспечена, и ее предназначение как Главного перевозчика уже не подлежит сомнению.

Нефтяные технологии

Некоторые всегда движутся против течения. Экономический порядок зачастую идет в обратном направлении относительно хронологического (если не сказать логического). Вот и с нефтью: сначала придумали, как ее продавать, а потом стали думать, как ее найти.

После того, как убедились, что в качестве средства для освещения джин прекрасно себя чувствует в лампе, его стали производить. Опыт Дрейка подсказывал, что способ может состоять в поиске места, где нефть выходит наружу, и последующем бурении. Поэтому в массовом порядке стала развиваться техника бурения. И только по прошествии более 50 лет стали задаваться вопросом: можно ли еще каким-нибудь способом определить, где делать дырку? Стали задумываться о способах разработки месторождения, способных улучшить производственную выработку.

Что такое техника бурения? Нефть остается заложником соли и воды. Причем в начале была соль. В Китае примерно за 200 лет до н.э., во времена династии Хань, было зафиксировано первое в истории ударное бурение. Железный груз привязывали к стволам

бамбука, которые прикрепляли к примитивной буровой вышке, тоже сделанной из бамбука. С другого конца использовали рычаг или коромысло, который приводился в движение при помощи человеческой силы. От 2 до 6 китайцев ритмично прыгали на рычаг, и железный груз потихоньку бурил землю. На 10 метрах нефти нет, но есть газ. И они транспортировали его при помощи первого доселе известного газопровода (целиком сделанного из бамбука) и использовали для выпаривания соли из воды³⁵.

Почти на протяжении 2000 лет процесс, похоже, не менялся. Потом все начинается снова, как в случае с Киром, с каменной соли. При этом техника не отличается от той, которая использовалась при Хань. Изобретение «машин» разве что позволило заменить человеческую энергию паром, то есть китайцев – паровым котлом. В Тайтусвилле применялась техника бурения, уже использовавшаяся для других целей. Не случайно «бурильщик» Дрейка, Вильям А. Смит, имеет опыт именно в соляных скважинах. В свою очередь, первое большое изобретение позаимствовано у воды: это вращательное бурение, или *rotary*. Вращательное бурение известно еще со времен Дрейка³⁶, но в первые годы его считали менее надежным, чем ударное. Со временем нефть становится добывать все труднее. Уже в начале XX века стало обычным делом находить ее на глубине большей (причем гораздо), чем 21 метр, на которой была сделана первая находка. Благодаря более эффективному бурению вращательный способ постепенно вытесняет ударный.

Затем начинаются усовершенствования и изобретения, и всего за несколько десятилетий стандартная скважина приобретает вид, который мало чем отличается от современного. В общем: буровое долото внизу, потом сразу тяжелые трубы (для лучшего бурения), потом еще трубы, которые добавляются по мере погружения на глубину, и, наконец, квадратная труба, которая закрепляется наверху и обеспечивает вращательное движение. Вся эта так называемая «батарея» подвешивается на крон-блок к буровой вышке³⁷.

Начиная с 1870 года постепенно входит в практику установка в скважине обсадных труб (*casing*)³⁸. К концу века скважины начинают фиксировать, заливая в них цемент, а со временем его туда начинают закачивать³⁹. Первый патент на буровой раствор появился в 1889 году⁴⁰. Наконец, было бы неплохо сделать посовременнее само буровое долото, которое, имея традиционную фор-

му в виде рыбьего хвоста, часто не в состоянии пробурить пласты твердой породы. В 1909 году и здесь совершается революция. Говард Робард Хьюз получает патент на буровое долото с коническими шарошками⁴¹, скорость бурения которого в десять раз превосходит традиционное. А использование начиная с 1919 года промышленных алмазов для зубков бурового долота позволяет окончательно исключить из нефтяного словаря понятие «твердая порода» или «непроходимый слой». Вскоре нефть перестала приспособлять чужие технологии и стала разрабатывать свои. Глубина бурения в 300 метров была рекордом в 1895 году, а в 1916-м она уже превышала 1500⁴². Все завертелось именно от того, что в 1895 году 300 метров кажутся невероятной глубиной для поиска нефти, а в 1920 году становится уже нормальным опускаться ниже 1000. В общем, бурение стоит денег, и прежде чем его проводить, было бы неплохо получше разобраться, где бурить.

В технологии бурения достигнут передовой уровень, а вот в способах поиска в начале XX века мало что изменилось со времен *bitumen judaicus*. Нефть ищут там, где она видна, то есть там, где она выходит наружу. Первая большая находка XX века – это Спиндлтоп возле Бьюмонта. Она положила начало Техасскому Эльдorado: 10 января 1901 г. происходит фонтанирующий выброс (который с тех пор называется *gusher*). Этот нефтяной фонтан дает больше 75 000 баррелей в день. Скважину пробурили при помощи вращательной бурильной машины. Ее установили в том месте, где «вокруг небольшой выпуклой равнинной складки выходили горючие и сернистые газы»⁴³.

Прогресс начинается с принятия и распространения антиклинальной теории. Сегодня подтверждено, что антиклинальные складки являются отличными природными ловушками. Однако вначале идея, что в «складках» земной коры могут накапливаться углеводороды, не находит единодушной поддержки. Еще в 1880 году геолог Дж. П. Лесли говорит о ней как о заслуженно забытом предрассудке (*deservedly forgotten superstition*). Переработка и популяризация этой теории в 1885 году И. Уайтом, наконец-то, открывает дорогу ее быстрому и всеобщему признанию⁴⁴.

Принятие антиклинали создает предпосылки для того, чтобы не ограничиваться только выходами нефти на поверхность, а основываться в наших исследованиях на морфологии грунта и на традиционном геологическом анализе (для простоты назовем это поверхностью). С одной стороны, искать антиклинали, а с другой –

разломы, чтобы зрительно восстановить то, что могло способствовать или препятствовать Большому путешествию. Недавно Джереми Легgett еще раз продемонстрировал, что опытному геологу достаточно (?) лишь внимательно взглянуть на панораму с вершины песчаного хребта, чтобы отвергнуть идею о наличии в недрах Афганистана углеводородов в сколько-нибудь значительных количествах⁴⁵. Однако одного взгляда недостаточно, чтобы убедить себя потратить деньги на скважину.

Чтобы уровень действительно был современным, недостает пока способности смотреть под землю. Нужен какой-нибудь инструмент, с помощью которого (если нет уверенности в наличии месторождения) можно подтвердить вероятность существования ловушки.

Изучение акустических волн велось сначала для целей, не связанных с нефтью: от обнаружения айсбергов до вражеской артиллерии. Джон Кларенс Карчер пытается использовать их для исследования недр. Создается искусственная волна (как правило, при помощи взрыва), а потом фиксируется ее возвращение на поверхность после отражения от подземных пород. Распространение волны должно меняться в зависимости от слоев, которые она встречает и от которых отражается. Если хорошо расшифровать возвратные сигналы, то станет возможно создать карту залегающих пород. Иными словами, заглянуть под землю⁴⁶. Это в конце концов сработало. В 1928 году делается первая скважина в основании ловушки, обнаруженной при помощи метода отраженной сейсмической волны. Ловушка есть, и она дает нефть. Арсенал нефти пополнился главным современным инструментом геогностики. И он продолжает им оставаться, хотя и не дает полной уверенности в существовании месторождения (в этом смысле только скважина является единственным источником уверенности), следовательно, и того, что углеводород там прошел в достаточном количестве. Однако если допустить, что он там прошел, то, используя этот способ, можно указать, где он наверняка застрял⁴⁷.

Наконец, нужно было понять, как двигался этот «зверь», то есть полезное ископаемое. Вначале делали дырки и брали то, что выходило наружу, при этом более или менее понимая, что большая часть оставалась нетронутой под землей там, где она была. Месторождение может также состоять из большого количества слоев или продуктивных пластов (*pools*), которые чередуются с непродуктивными, как крем в слоеном торте, поэтому их нужно искать,

открывая один за другим. Тем более что залежь – это вовсе не резервуар или хранилище.

Нефть с этимологической точки зрения – это «каменное масло», или, точнее, «масло горной породы». Ведь именно там она гнездится в конце своего Большого путешествия. Залежь – это большое количество жидкого вещества, зажатого в порах горной породы. Это гидродинамическая система, которая, стоит ее тронуть, приходит в движение и стремится занять освободившиеся поры. В ней три действующих лица: вода, газ и нефть. Они отличаются друг от друга вязкостью, степенью сжатия, удельным весом. Кажется, все просто – нужно только помнить о весе. Газ – сверху, нефть – посередине, а вода – внизу. Однако вода есть и вокруг пор, а газ также присутствует в нефти. При этом каждый имеет свои законы движения и расширения.

Когда я «открываю» один слой, это похоже на вынимание затычки из бочонка с пивом. Только при этом все приходит в движение. Я бы хотел, чтобы вышло больше нефти и, по возможности, меньше воды, а еще лучше сделать так, чтобы газ и вода давили снизу и выталкивали наружу нефть из пор, в которых она устроилась. Не так-то это просто. Газ очень подвижен, и если он может обойти самые маленькие каналы, то обгоняет нефть и выходит наружу вместо нее. Воду же, наоборот, затягивает в маленькие каналы сила капилляров, и она, таким образом, может обогнать нефть, которая, двигаясь более медленно по большим каналам, рискует потеряться в отдельных пузырях⁴⁸.

Чтобы оптимизировать извлечение нефти из залежи (*recovery factor*), нужно иметь представление об исходном равновесии жидкостей, их динамическом взаимодействии, их зависимости от свойств горной породы, где находится резервуар. Все это должно дать возможность определить оптимальным образом размещение производственных скважин и соответствующие уровни воздействия (т.е. точки контакта с залежью), а затем управлять процессом в зависимости от динамических особенностей залежи. Это называется *reservoir engineering*. Сегодня это одна из наиболее слабых и критичных областей нефтяного производственного процесса. До середины 1920-х годов ей уделялось меньше всего внимания.

Пионером в области гидродинамики был Джон Франклин Каррл, который умер в 1904 году и исследования которого положили начало теории. Студенты первого университетского курса по *petroleum engineering* закончили его в Питтсбурге в 1916 году.

Однако только в середине 1920-х годов этот курс стал получать финансирование и наполнился содержанием, но лишь в 1937 году был опубликован «первый самый настоящий текст по механике нефтяных залежей»⁴⁹, автором которого был Моррис Маскет, работавший *petroleum engineer* в Gulf Research and Development⁵⁰. Так интерес к оптимизации факторов добычи завоевал свое место в производственном процессе.

Можно сказать, что таким образом оформился базовый инструментарий современной промышленности по разведке и добычи нефти. Ее прогресс проходил, по сути, в простой последовательности. Сначала развивались способы добычи нефти, затем стали изучать, как и где ее искать, и, наконец, стали задаваться вопросом, каким образом ее можно извлечь в максимальных количествах.

Смысл хронологии, оказывается, очень прост. Пока нефть сама выходила на поверхность, геолог был лишней тратой денег и времени, даже, наоборот, не хотели, чтобы он болтался под ногами. Когда заканчивается «видимая нефть», увеличивается риск, связанный с бурением, а с ростом глубины бурения – связанные с этим инвестиции. Попытка сначала лучше понять, что же там внизу, уже не является тратой времени и денег, а становится деятельностью по уменьшению рисков (*risk mitigation*).

Нефти так много, что вначале легче поменять скважину, чем пытаться понять, как можно лучше выжать из нее все, что есть. Однако с увеличением глубины и затрат начинают возникать определенные сомнения. В конце концов заговорили о возможном конце изобилия и даже самой нефти. После Первой мировой войны в Соединенных Штатах распространяется опасение, что предел производственных возможностей близок. Эффект последовал незамедлительно. Теперь идее получать максимальную отдачу стали уделять внимание и *petroleum engineering* нашел финансовую поддержку.

Таков смысл инновационного процесса. Изобретения скорее случайны, но сам процесс не столь уж невинен.

Топливо роста

«Приход каталитического крекинга, связанного с именем Эжена Гудри, знаменует конец эпохи великих изобретателей. Впредь нововведения (многочисленные и важные) все меньше будут зависеть от деятельности одиночек»⁵¹.

Параллельно с изобретательской деятельностью, благодаря которой за несколько десятилетий оформилась современная система как геологоразведки и добычи, так и перегонки нефти, вплоть до 1930-х годов развивалась и укреплялась почти вся техническая база, позволившая начать использование углеводородов не только для традиционных нужд, для которых, как казалось, они были естественным образом предназначены (транспорт, отопление, электроэнергия).

Процесс синтеза аммиака Габера – Боша изобретен в 1913 году. В 1920 году он начал использоваться для производства первых синтетических азотных удобрений. Термопласты были получены из нефти в лабораторных условиях еще в XIX веке, а в 1930-е годы было налажено их промышленное производство. В 1931 году на немецких заводах IG Farben начал производиться полистирол, а с 1939 года (после того, как в 1933 году был осуществлен первый промышленный синтез) английские предприятия компании Ici стали изготавливать полиэтилен⁵². Преимущества нефти настолько высоки, что ее начинают добывать из ее естественного конкурента. Еще до начала войны Бергиус осуществил процесс гидрогенизации угля для получения из него бензина. В 1925 году Франц Фишер и Ганс Тропш запатентовали свой альтернативный метод, и в 1936 году Германия наладила промышленное производство синтетической нефти. Конечный продукт Фишера – Тропша получался из газообразной смеси монооксида углерода и водорода, а если сказать проще, то в результате газификации угля. До сих пор основные схемы и проекты по производству синтетической нефти, начиная с угля или газа (*coal liquefaction, gas liquefaction*), основываются на развитии именно этого метода.

Все началось с китового масла. Но теперь, похоже, трудно найти рынок, способный существовать без углеводорода, не имевшего себе равных по имеющимся запасам, цене и энергетической плотности. Для производства 80% продуктов современной органической химии (от лекарств до удобрений) требуется нефть⁵³. А промышленность пластмасс – ее дочь. В сельском хозяйстве ее появление радикально меняет за несколько десятилетий жизнь на Западе и чуть медленнее в других местах.

Веками и тысячелетиями землю пахали люди, используя труд волов и лошадей. Хорошо, если за день работы им удавалось заработать на пропитание себе и детям. Но у них не оставалось ничего или почти ничего для обмена.