

## ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И ОБРАЗОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

А. А. ВОРОБЬЕВ

### § 1. Введение

Образование нефти и горючих природных газов объясняется с помощью гипотез органического происхождения этих ископаемых или неорганического происхождения.

Согласно гипотезам органического происхождения нефти и газа, эти минералы получаются из органического вещества, в условиях его залегания в земных недрах. Превращение исходного вещества может происходить при одновременном действии тепла, давления, водных растворов, излучений, микроорганизмов, при каталитическом влиянии горных пород или части перечисленных факторов.

Согласно некоторым гипотезам неорганического происхождения, химические соединения, входящие в состав нефти и газа, образовались еще в протопланете, может быть, когда материалы, из которых формировались планеты, были в плазменном состоянии. Углеводороды, образовавшиеся в протопланете, вошли затем в состав материалов планеты. При сжатии планеты и ее разогревании, углеводороды выделялись и поднимались ближе к дневной ее поверхности, образуя залежи.

По другим гипотезам, метан и более сложные углеводороды образуются в результате неорганического синтеза из углерода и водорода, при действии тепла магмы и каталитическом влиянии минералов [1] в земной коре или верхней мантии.

Ранее были предложены гипотезы образования нефтяных углеводородов при действии радиоактивных излучений. По В. А. Соколову, исходным продуктом для образования нефтяных углеводородов является органическое вещество. Под действием радиоактивных излучений происходит распад органического вещества и выделение  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $C$ ,  $O_2$ . В поле облучения также происходит и реакция синтеза и образование соединений углерода, которые, полимеризируясь, могут превратиться в тяжелые углеводороды, входящие в состав нефти [2].

В некоторых существующих гипотезах рассматриваются процессы получения нефти из природного горючего газа. В других гипотезах рассматривается процесс получения газа из нефти.

По данным [3], процесс образования газа значительно более распространен в природе, чем процесс образования нефти. Полимеризация, усложнение и утяжеление молекул углеводородов под воздействием радиоактивных излучений, а также в присутствии некоторых катализаторов и, в частности, глины доказаны экспериментально.

Нефть — это сложная смесь различных углеводородных и неугле-

водородных соединений, которые возникают, претерпевают изменения и, в конечном счете, разрушаются в литосфере, находясь во взаимодействии с вмещающими горными породами, с подземными водами и газами. Поэтому необходимо производить комплексные геолого-химические исследования всей сопряженной природной системы: нефть — породы — воды — газы [4].

Особенно труднорешимой проблемой в геохимии нефти является объяснение образования кислородных и сернистых соединений в составе асфальтово-смолистой части нефтей и битумов.

Некоторые сторонники органической гипотезы указывают, что пока еще не предложен удовлетворительный механизм превращения органического исходного материала в углеводородные смеси и что нет еще экспериментальных данных, освещающих этот процесс с достаточной полнотой, ясностью и учетом геологических данных [1]. Результаты астрофизических наблюдений и исследование химического состава метеоритов свидетельствуют о том, что в различных районах Галактики происходит абиогенный — то есть не связанный с жизнедеятельностью каких-либо организмов — синтез некоторых органических соединений различной сложности. В межзвездном пространстве были обнаружены молекулы воды, метана, аммиака. В результате последующего абиогенного синтеза из этих простых химических соединений, содержащих углерод, азот, водород и кислород, могут образоваться и более сложные органические и некоторые биологически важные соединения.

В последнее время с помощью радиоастрономических наблюдений в космосе были обнаружены молекулы цианистого водорода и формальдегида. Из этих соединений могут быть образованы сложные молекулы органических соединений, в том числе основания нуклеиновых кислот и аминокислот.

Научный интерес представляет проблема поиска и изучения органических соединений в лунных породах, тесно связанная с проблемой происхождения жизни в Солнечной системе и, в частности, возможность абиогенного синтеза органических соединений на Луне. На Луне практически нет атмосферы, поэтому органический синтез там может происходить вследствие взаимодействия «солнечного ветра» с неорганическими соединениями лунных пород в поверхностном слое.

Возможно также образование органических соединений при падении на Луну метеоритов, действию ультрафиолетового излучения, в плазме электрических разрядов.

Под действием этих же факторов и больших градиентов температур могут происходить не только реакции соединения, но и реакции разложения органических соединений в поверхностном слое Луны. Анализ образцов лунной породы, доставленных американскими космонавтами, показал крайне низкое содержание в них углерода. Образцы пород, взятые советской станцией «Луна-16» до глубины 350 мм могут дать качественно другие результаты. По некоторым гипотезам абиогенный синтез органических соединений мог происходить на ранней стадии развития Луны. Если эта гипотеза верна, то в глубинных слоях лунной коры органические соединения могут сохраниться в более высокой концентрации, чем на поверхности. При исследовании метеоритов, в особенности так называемых углистых хондритов, из них удалось выделить углеводороды, сахара, жирные кислоты и аминокислоты. Предполагается, что по крайней мере часть из перечисленных органических соединений образовались в космосе абиогенным радиохимическим путем, при действии источников энергии в виде космических лучей, ультрафиолетовых и высоких температур [5].

Углеводороды, образующие нефть и горючие газы, имеют высокую теплотворную способность. Значительная энергия запасается при

образования углеводородов. Происхождение этой энергии, бесконтактные способы ее подведения в объем, где происходят реакции и запасается энергия, ранее в гипотезах происхождения газа и нефти не разрабатывалась.

Из содержания органических гипотез можно предположить, что энергия, запасенная в нефти, обязана своим происхождением жизнедеятельности организмов, из остатков которых, при каталитическом действии твердых, жидких и газообразных минералов, а также некоторых микроорганизмов, образовалась нефть при сравнительно низкой температуре и давлении в осадочных породах.

Согласно гипотезам неорганического происхождения, следует думать, что источником энергии, затрачиваемой на образование молекул соединений, входящих в состав нефти, является тепло магмы.

По другим гипотезам метан и более сложные углеводороды, идущие на образование газа и нефти, образовались еще в протопланете. Затем из этих соединений, под действием тепла в глубине планеты, образуются природные горючие газы и нефть [1,4].

Извлечение горючих газов и нефти из Земли и их сжигание является способом выкачивания и расходования энергетических запасов планеты.

В рассматриваемом цикле нет внешнего источника пополнения энергетических запасов планеты из мирового пространства. Учитывая известные трудности в привлечении гипотез органического и неорганического происхождения нефти для решения многих важнейших этапов этой проблемы, нами была предложена гипотеза образования соединений углерода, входящих в состав нефти и газа в плазме, которая может образоваться в земных недрах.

Многие трудные вопросы в описании процессов образования природных газов и нефти могут быть решены, если исходить из гипотезы их образования в результате синтеза органических соединений в плазме электрических разрядов.

## § 2. Химические реакции синтеза и разложения углеводородов в электрических разрядах

Условия протекания различных реакций в разряде изучены качественно. Количественные соотношения для расчета протекания химических реакций пока не исследованы.

При очень высоких температурах, которые развиваются в искровом электрическом разряде, молекулы разлагаются на атомы и радикалы. В плазме разряда температура ионного, и особенно электронного газа, может значительно превышать молекулярную температуру. Изучены различные виды электрических разрядов в газах, жидкостях, твердых телах и плазме. В электрическом разряде может быть получена высокая температура ионного и электронного газа, высокая концентрация энергии и осуществлены химические и ядерные реакции.

Попадая затем в область разряда с более низкой температурой и взаимодействия с исходными и вновь образованными молекулами химических соединений, активные частицы могут вступать в новые химические реакции. Поэтому возникает сложная задача не только иницировать в разряде начало реакций, но и создать условия получения нужного продукта, устраняя реакции между промежуточными продуктами. Для реакций синтеза углеводородов, вероятно, существенно получение атомного водорода в тлеющем разряде. Химические реакции, протекающие при постоянном давлении и достаточно высокой температуре, как известно, сопровождаются убылью изобарного потенциа-

ла ( $G$ ) и идут до состояния равновесия, характеризуемого минимальным значением величины  $G$ . Для достижения степени диссоциации молекулярного водорода на атомы, равной 0,5 при давлении 0,001 атм, водород необходимо нагреть приблизительно до  $2600^\circ\text{K}$ . При температуре  $800^\circ\text{K}$  равновесная смесь содержит всего около  $10^{-8}\%$  атомов.

В тлеющем разряде, при температурах газа значительно ниже  $800^\circ\text{K}$ , уже можно получить практически полную диссоциацию водорода, т. е. сверхравновесные для данной температуры концентрации атомов. Приведенная возможность получения сверхравновесных концентраций продуктов связана с неизотермичностью плазмы разряда и существованием наряду с относительно низкой температурой молекулярного газа весьма высокой температуры электронного газа. Эта разность температур внутри газа и позволяет реализовать неравновесное состояние.

В дуговом электрическом разряде, который характеризуется большей плотностью тока, чем тлеющий, повышается молекулярная температура, а температура электронного газа понижается. В дуговом разряде происходят реакции синтеза окиси азота, электрокрекинг метана до ацетилена по уравнению:  $2\text{CH}_4 = \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ .

Для этой эндотермической реакции расход энергии в дуге составляет около 10 квт. час на 1 кг ацетилена [7].

Плазма, горящая в пустотах слоистого или пористого диэлектрика, обладает полимеризирующим действием. Из низкомолекулярных углеводородов в ней образуются жидкие и твердые продукты.

Как известно, нефть и природные газы часто залегают в пористых осадочных породах, в которых могут протекать указанные химические реакции в барьерном разряде [9, 10].

Для химической кинетики в газовом разряде основным является положение, что скорость химической реакции в данном виде электрического разряда пропорциональна мощности разряда [6].

Изменение мощности в разрядной цепи не должно сопровождаться изменением вида разряда, так как коэффициенты пропорциональности указаны в приведенном правиле для одной и той же реакции, но в разных видах разряда могут иметь разные значения. Например, тлеющий разряд при низком давлении очень мало эффективен в отношении реакции превращения метана в ацетилен, а дуга при средних давлениях весьма эффективна. Поэтому переход тлеющего разряда в дуговой сопровождается резким возрастанием эффективности процесса.

Основное затруднение при изучении кинетики реакций в разряде состоит в том, что практически невозможно определить точно время протекания реакции, потому что не определен объем реакции. Это затруднение преодолевают путем включения объема  $V$  зоны реакции в константу скорости, т. е. замены в кинетических уравнениях времени реакции пропорциональной ему величиной обратной объемной скоростью прохождения газа через реактивный сосуд  $\left(\frac{1}{V}\right)$  [6].

В земных недрах возможно осуществление различных физических процессов превращения различных видов энергии в электрическую, образование при этом высоких напряжений и возникновение электрических разрядов в горных породах. Классическая электротехника, основанная на макроскопической электродинамике Фарадея—Максвелла, исследует электромагнитные взаимодействия в изотропных средах и не учитывает атомную структуру тел и электричества, межатомные взаимодействия, дефекты структуры твердых тел. На законах классической макроскопической теории электричества основано производство, передача, распределение и использование электроэнергии.

Большие перспективы генерирования электрических зарядов в различных условиях представляют электронные и ионные свойства анизотропных сред и дефектных структур. Магнитные, электрические, полупроводниковые свойства твердых, жидких тел и плазмы получают свое объяснение с учетом микроскопических свойств среды, нарушений структуры. В полупроводниковой энергетике начинают использовать явления электронных взаимодействий в твердом теле, протекающих на границе между металлом и диэлектриком — в тонких полупроводниковых пленках на металлах, тонкодисперсных смесях металл-диэлектрик, полупроводник-диэлектрик.

Электронные и ионные свойства твердых тел обуславливают их фотоэлектрические, теплоэлектрические свойства, находящие прикладные применения. Усиленно изучаются ранее известные явления контактной электризации, возникновения зарядов при прохождении упругих волн и пластической деформации твердых тел и проч. Такие системы и контакты возможны и в земных недрах.

Интересные исследования ведутся по электронным и ионным свойствам жидкого и газообразного состояния вещества и явлений на границах фаз. Исследования электрических двойных слоев на границах-поверхностях соприкосновения твердого, жидкого и газообразного состояний приводит к практически интересным следствиям непосредственного преобразования энергии химического топлива в электрическую, разработку электрохимических источников тока, новых методов электрохимического синтеза. Такие явления возможны и в земных недрах.

В СССР, США и других странах созданы образцы электрохимических источников тока, работающих на газообразном водороде и кислороде с коэффициентом полезного действия прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую, достигающего 80%.

Предполагается, что электрические искровые разряды при высоком напряжении или дуговые и тлеющие разряды при низком напряжении (до 20 в) образуются в земных недрах вследствие различных физических явлений, которые наблюдаются в лабораториях, или так же, как и грозовые явления в атмосфере.

В атмосферных условиях при искровом разряде в газе концентрация энергии в плазме может оказаться только на один порядок ниже, чем при ядерном взрыве. В искровом разряде в жидкости мощность, выделяемая в плазменном шаре, достигает сотен мегаватт. Образующаяся в разряде плазма имеет температуру  $10^4$ — $3 \cdot 10^4$  °К. Концентрация частиц составляет  $10^{20}$ — $10^{21}$  см<sup>-3</sup>; давление в плазме достигает  $10^2$ — $10^4$  кг/см<sup>2</sup>, а плотность энергии  $10^2$ — $10^3$  дж/см<sup>3</sup>.

В земных недрах протекают электрические токи. Разрыв линии электрического тока будет сопровождаться возникновением электрической дуги, существование плазмы в дуге определяется условиями в цепи. Пролет частицы высокой энергии также сопровождается образованием плазмы в треке частицы. Каждое отдельное из указанных явлений образования плазмы продолжается малое время, но, учитывая длительность геологической истории Земли, ее объем, можно считать, что общее время существования плазмы и возможности протекания плазменных процессов получается большим. Перенос в подземные условия явления электризации и образования плазмы, которое наблюдается в атмосфере, на поверхности Земли в природе и на производстве, пока является гипотезой. Разряды в земных недрах пока не наблюдались. Однако нет физических оснований для запрещения такой гипотезы [7, 8].

При образовании высокотемпературной плазмы и плохом теплоотводе в земных недрах возможно протекание термоядерных процессов.

### § 3. Образование нефти и газа при плазмохимических реакциях в земных недрах

Происхождение нефти и газа по органической гипотезе объясняется действием различных внешних факторов на органическое вещество в процессе нефтеобразования. В качестве таких факторов, определяющих процесс нефтеобразования, выдвигают высокую температуру, давление, микрофлору, каталитическое действие минеральной или биологической среды, радиоактивность, соленость, действие воды и проч.

Гипотезы нефтеобразования отличаются друг от друга гипертрафированием роли какого-либо одного признака: например, температуры, действия радиоактивных излучений или микрофлоры и проч. [1]. В плазмохимической гипотезе сохраняется геохимическая обстановка образования нефти и газа. В естественный реакционный объем и образующуюся разрядную плазму вводится необходимое для протекания химической реакции количество энергии. Ввод энергии осуществляется чистым, бесконтактным путем, из электрического поля, с помощью электрического разряда. При этом сохраняются естественные условия геохимического реактора. По нашей гипотезе, к ранее рассмотренным факторам обеспечения протекания процесса превращения органического вещества в нефть или газ предлагается добавить еще химические процессы при реакции органического синтеза в плазме электрических разрядов. Протекание реакции поддерживается подводом энергии из внешних источников. Отсутствие источников энергии являлось слабым местом в предыдущих гипотезах. Сама плазмохимическая реакция может протекать в самом органическом веществе и с его участием. По органической гипотезе образования нефти, нефтяные углеводороды представляют собой восстановленные соединения углерода [1].

Обязательными условиями нефтеобразования считается наличие геохимической восстановительной обстановки в осадочных породах. Высказано мнение, что для образования нефти главным является окислительное преобразование органического вещества в осадочных породах. По плазмохимической гипотезе возможно образование углеводородов по пути дегидрирования и последующей полимеризации образовавшихся в плазме электрического разряда углеводородов [7]. Исходным веществом при таком плазмохимическом цикле может служить органическое вещество, находящееся в осадочных породах. В более глубоких стадиях метаморфизма этого вещества образуются газовые продукты и, в частности, метан. Метан в плазме разряда может подвергаться частичному дегидрированию, приводящему к образованию свободных радикалов, которые, соединяясь между собой, образуют ацетилен, этилен и различные газообразные и жидкие углеводороды. Реакции образования ацетилена из метана в плазме разряда в результате полимеризации широко применяются для промышленного получения ацетилена [7]. Таким образом, плазмохимические процессы в газах могут дополнить гипотезу органического происхождения нефти в земных недрах, снимая часть трудностей, с которыми встречаются эти гипотезы в объяснении образования жидкой нефти и особенно ее соединений, содержащих серу, азот, кислород, а также металлы: ванадий, молибден и др.

Плазмохимические процессы допускают протекание соответствующих реакций и получение соединений с углеродом перечисленных выше и других элементов [7].

Из опыта работы электрических маслonaполненных аппаратов высокого напряжения, например, трансформаторов и масляных выключателей известно, что в их баках наблюдается накопление шламов. Эти продукты образуются в результате полимеризации и окислации масла в плазме тихого разряда.

Процесс шламообразования в маслонаполненном высоковольтном маслоаппарате происходит довольно быстро. За несколько лет пребывания под напряжением, при наличии коронирования, накапливается значительное количество шламов.

Под действием электрических разрядов в твердых полимерах при повышенных температурах 100—200°C, возникает электротермическая деструкция. Под действием быстрых электронов из разряда вероятно также деструкция макромолекул полимера с образованием возбужденных парамагнитных молекул—свободных радикалов. При высоких температурах свободные радикалы интенсивно рекомбинируют друг с другом или химически взаимодействуют с окружающими ненасыщенными молекулами полимеров и растворенных газов. Следовательно, одновременно может происходить также образование в разряде новых химических связей, приводящее к изменению подвижности макромолекул полимера в тепловом движении [11].

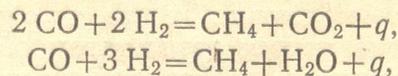
В работе [12] исследовалась устойчивость жидких диэлектриков в электрическом поле 25 кв/мм. При таком сравнительно высоком поле в слое толщиной 0,1 мм наблюдалось выделение газов. Более устойчивыми оказались ароматические углеводороды, чем углеводороды метанового или нафтенового рядов [13].

По экспериментальным данным, искровые электрические разряды вызывают преимущественно деструкцию, разложение полимеров, а тлеющие разряды — сшивание углеводородов, их полимеризацию.

Известные лабораторные и практические данные приводят к заключению, что при перемещении сыпучих тел, угольной пыли, муки, сахара, цемента и других, наблюдаются тихие разряды и редко искровые. Можно допустить, что в осадочных мелкодисперсных породах, например, песчано-глинистых толщах осадочных пород при малой их влажности и высокой температуре, когда частицы не сливаются, а могут отрываться друг от друга, происходит их заряджение и тихий разряд между ними. В плазме тихого разряда происходит реакция образования углеводородов, их крекинг или дегидрирование, а затем сшивание остатков молекул и образование молекул тяжелых углеводородов.

В данном случае электризация частиц в осадках будет происходить вследствие их перемещения гравитационными силами или при тектонических явлениях. Указание причины плазмохимических реакций в осадочных породах дополняет гипотезы органического происхождения нефти. В гипотезе приводится механизм процессов протекания химических реакций и источник поступления энергии такой реакции из плазмы тихого электрического разряда. По этой гипотезе, в мелкодисперсных осадочных породах, содержащих органическое вещество или углерод и водород в соединениях, залегающих в условиях, когда возможны малые перемещения частичек друг относительно друга и невысокой влажности, могут возникать разряды. В плазме разряда может происходить реакция синтеза молекул углеводородных соединений.

Немецкий вулканолог Ф. Вульф ранее предлагал нефтяникам обратить внимание на возможность синтетического возникновения нефтяных углеводородов из обычных для вулканов газов, например, окиси углерода и водорода по схемам:



где  $q$  — тепловой эквивалент [14].

Бертло еще в 1863 г. в искровом разряде осуществлял реакции с кислородными соединениями углерода и водорода в смесях  $\text{CO} + \text{H}_2$ . В результате плазмохимических реакций получались различные газообразные и жидкие углеводороды [7].

По плазмохимической гипотезе, образование метана из водорода и углерода может протекать по тем же реакциям, что и при термохимическом воздействии. Водород может образовываться при разложении в ряду углеводородов или воды, или других водородосодержащих соединений.

В области геохимического изучения нефтяных газов и горючих сухих газов, трудной задачей является объяснение наличия в их составе примесей метаморфических и ювениальных компонентов  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  и примесей тяжелых углеводородов, металлоорганических соединений, соединений, содержащих серу, кислород и др.

Плазмохимия объясняет появление этих соединений углерода как путем неорганического синтеза, так и путем деструкции органического вещества до газового состояния, разложения этих газов и полимеризации продуктов разложения органических веществ в плазме электрического разряда [7].

Сторонники органической и неорганической гипотез образования нефти одинаково не допускают возможности образования нефти и газа в кристаллических породах. По плазмохимической гипотезе возможно возникновение плазмы и в кристаллической фазе, а следовательно, и образование углеводородов, включенных, например, в кристаллические карбонатные породы или другие минералы и диэлектрические породы.

В минералах и горных породах наблюдается митамиктное состояние. В толще хороших диэлектриков, например, слюды, наблюдаются остаточные треки от пролета ядерных частиц высоких энергий [15].

В плазме, образующейся в треке частицы высокой энергии также возможно протекание химических реакций. В прошлой геологической истории Земли, когда ее поверхности достигали большие потоки космических лучей, чем в настоящее время, общий объем получаемой таким путем плазмы мог быть значительным. В этом случае следует учитывать химические реакции не только в плазме, но и радиационнохимические процессы.

В процессе образования углеводородов и нефтей в плазме существенно могут влиять геологические условия залегания. Наличие зон пониженного или повышенного давления в нефтегазопродуктивном пласте, создает условия миграции газообразных и жидких углеводородов.

А. И. Кравцов указывает на приуроченность газовых и нефтяных месторождений, в частности, в Азербайджане, к зоне глубинных разломов и их роль в формировании этих месторождений [1]. Образование разломов в горных породах должно сопровождаться электризацией бортов стенок разлома. На больших новых поверхностях, образовавшихся при разломе, выступает электрический заряд большой величины и выделяется огромная энергия в разряде. Последующее разрушение и измельчение кусков породы также сопровождается электризацией поверхностей с выделением энергии и образованием плазмы в электрическом разряде и люминисценцией. Эти рассуждения показывают, что в зоне разлома могут образоваться продукты плазмохимических реакций, а во время образования разлома большие электрические разряды в этой области могли вызвать землетрясения и сейсмические явления. Нередко наблюдается, что пласт битуминозной породы пересекается жилами кварца то молочного цвета, то окрашенного в буроватые тона. Окраска кварца является результатом образования в кварце центров окраски под действием радиоактивных излучений. При нагревании окрашенного кварца до температуры выше  $100^\circ\text{C}$ , центры окраски распадаются, и кварц обесцвечивается [16]. Наличие центров окраски в кварце или других минералах свидетельствует о том, что температура этих минералов после их окраски длительное время сохранялась низкой, а электрическое сопротивление диэлектриков было

высоким. При таких условиях возможно накопление зарядов в кварце [16] и электрического разряда. Между слоями породы иногда наблюдаются жилки битума, причем кальцит, как правило, битумом не окрашивается. В отложениях, содержащих малое количество битуминозных веществ, последние окрашивают различные образования в кальците: прожилки, конкреции и т. д. Кальцит является материалом высокого сопротивления. В нем образуется объемный заряд большой концентрации и электрические поля до  $10^8$  в/см. Такое поле в окружающей среде может вызывать возникновение электрических разрядов.

Встречаются породы, содержащие точечные рассеянные вкрапления нефти. К их числу относятся битуминозные известняки, битуминозные кремнистые породы и т. д.

Сторонники органической теории предполагают, что капельки нефти, образовавшиеся в таких сильно консолидированных породах, не могли быть выдавлены через капиллярные каналы. Поэтому капельки нефти после их окисления превратились в битум [17].

Закономерности образования рассеянной нефти и битума в перечисленных породах согласуются также с гипотезой образования углеводородов и капель нефти в безэлектродных разрядах, которые возникли в породах, имевшихся в диэлектрике.

По плазмохимической гипотезе предполагается, что образование углеводородов происходит в электрическом разряде в результате неорганического или органического синтеза, который может возникать и в кристаллических породах. Разряды могут проходить в земной коре до глубины 15 км. Наиболее вероятны накопления зарядов и электрические разряды в земной коре до глубины 5 км. Накопление зарядов в земной коре может также происходить в результате действия тектонических процессов, атмосферных разрядов и явлений в околоземном пространстве.

Разряды могут быть различной мощности. Разряды в мягких породах, характеризуются малой величиной энергии, разряды в твердых породах — большим энерговыделением, порядка энергии взрыва ядерной бомбы. В таком случае могут происходить и землетрясения. В рассматриваемой гипотезе допускается, что газонефтеобразование, начавшись в плазме в далекие времена формирования планеты, продолжается в настоящее время, так как в рассматриваемых схемах предполагается, что электрические разряды в земной коре могут иметь место и в наше время.

Предлагаемая гипотеза нефтегазообразования объясняет происхождение источников энергии, обеспечивающих протекание энергоемких реакций синтеза углеводородов и их последующее дегидрирование и полимеризацию, т. е. рассматривает вопрос плазмохимии происхождения газа и нефти. Эта гипотеза не касается вопросов нефтегеологии. При наличии электрических разрядов с выделением большого общего количества энергии и взрывного действия разряда, возможны изменения в структуре окружающей геологической обстановки и изменения условий миграции и скопления нефти и газа в этом районе. Таким образом, электрические разряды могут быть причиной плазмохимических реакций, сейсмических процессов в некотором районе и миграции нефти или газа. Отмечается, что основные ресурсы нефти и газа, подсчитанные к настоящему времени, приурочены к отложениям, залегающим до глубины 5 км. До этих же глубин залегают очаги мелких землетрясений. На этих же глубинах вероятным является возникновение электрических разрядов в земной коре.

На схеме 1 представлена возможная последовательность образования нефти или газа при неорганическом или органическом синтезе в электрическом разряде в земных недрах.

Плазмохимическая гипотеза нефтегазообразования допускает соз-

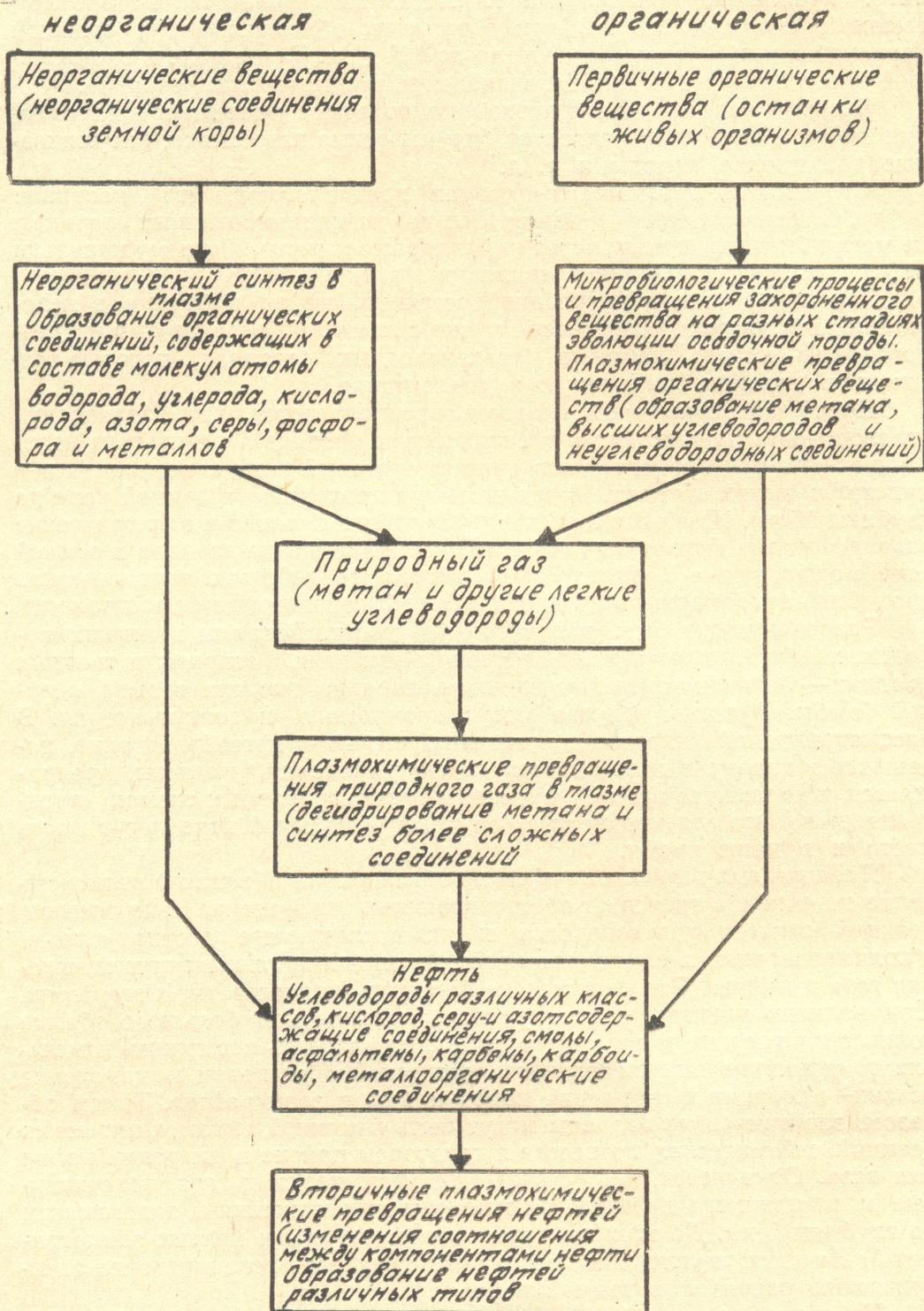


Схема 1. Плазмохимические гипотезы образования нефти и природного газа в земной коре

дание искусственных условий в земной коре, когда в плазме газового разряда в недрах Земли, вызываемого, например, импульсными разрядами от генератора импульсных напряжений, может происходить образование углеводородов и нефти.

Ранее предложенные гипотезы образования углеводородов и нефти не предлагали создавать условия для искусственного синтеза углеводородов и нефти в земной коре.

Современная техника располагает возможностями образования в земных недрах электрических полей высокой напряженности, в которых будет возникать электрические разряды и плазма.

Таким образом, имеются возможности моделирования условий образования нефти в земных недрах.

#### § 4. Заключение

В лабораторных, природных и производственных условиях наблюдается явление поверхностного и объемного заряжения диэлектриков и поверхности проводников, находящихся в непроводящей среде, и образование электрических полей. Когда напряженность электрического поля достигает значения электрической прочности среды, то происходит ее пробой и нейтрализация зарядов. Энергия электрического поля затрачивается на механическое разрушение тел, разогревание и плавление вещества, на кинетическую энергию разлетающихся осколков, излучение света, тепла, звуковые явления и проч. В канале разряда образуется плазма, в которой могут протекать многочисленные физические и химические процессы, включая и ядерные реакции.

Явление заряжения диэлектрика в известных условиях представляет концентрацию энергии в электрическом поле.

Образование плазмы также наблюдается в месте разрыва цепи электрического тока.

Предполагается, что явления накопления зарядов и возникновения разрядов могут происходить также в земных недрах во время тектонических процессов в диэлектрических горных породах и пустотах. В земных недрах могут быть и специфические условия электризации кроме известных из лабораторной практики. Искровые разряды в земных недрах, когда в искровом канале выделяется много энергии, могут инициировать землетрясения и сейсмические процессы.

Тлеющие и дуговые разряды в порых горных пород могут вызывать протекание плазмохимических реакций. Участки земной коры, в которых протекают такие явления, можно рассматривать как плазмохимический реактор. Сравнительные оценки позволяют сделать допущение о большой интегральной производительности такого генератора за геологическую историю Земли.

Представляет интерес установление геолого-физических условий, при которых возможны процессы возникновения свободных зарядов, их накопление, протекание электрического разряда в диэлектрике и процессов в плазме разряда.

Плазмохимическая гипотеза предполагает, что образование углеводородов должно происходить в местах возникновения разрядной плазмы или плазмы в треках частиц высоких энергий. В земной коре такими областями могут быть зоны разломов и областей, где происходят различные тектонические явления, обуславливающие перемещения горных тел, их разрушение и образование новых поверхностей, на которых возникают свободные заряды, приводящие к электрическим разрядам. В областях, где имеются залежи мелкодисперсных материалов, в месте контакта между частицами происходит заряджение поверхностей

частиц и образование двойных слоев. В таких условиях возможно образование электрических полей высокой напряженности, микрочаины и протекание плазмохимических реакций с образованием, например, углеводородов или других органических или неорганических соединений. Такая мысль не противоречит, например, существованию нефтяных и газовых залежей в песчаных пустынях или наличию месторождения асфальтовых песков на р. Атабаске в Западной Канаде. Известно, что последний случай встречается в нефтегеологии большие трудности в объяснении [18].

К числу районов, в которых наблюдается большое число грозных разрядов из туч на поверхность Земли, относятся горные и предгорные районы, поверхности больших водоемов [19]. Большие токи, измеряемые миллионами ампер, протекающие в околоземном пространстве под действием магнитного поля Земли, смещены в районы магнитных полюсов [19]. Вызываемые ими возможные индукционные токи в Земле и высокие потенциалы также должны, вероятно, сосредоточиваться преимущественно в полярных областях и могут участвовать в нефтегазообразовании в Арктике и Антарктике и северных областях по одной из упомянутых выше схем.

Образование электрических зарядов при облучении радиоактивными излучениями диэлектрических пород и минералов и разряды в них при накоплении свободных зарядов предполагают, что эти процессы происходят в местах вблизи нахождения радиоактивных руд. Справедливо и обратное заключение, что вблизи залежей нефти и газа возможно нахождение радиоактивных руд, излучение которых обусловило процессы образования углеводородов, нефти и газа.

Наконец, образование треков по пути частиц высоких энергий будет происходить в породах, включающих радиоактивные руды и приурочено к местам их залежей. Возможно также образование радиоактивных ядер в земной коре при прохождении потоков нейтрино, протонов, нейтронов и гамма-квантов, идущих из космоса. Эти процессы могут происходить по всей Земле, но число таких ядер будет относительно мало и не может объяснить образования известных запасов нефти [20].

В плазме электрического разряда могут протекать различные реакции крекинга углеводородов, гидрирования и дегидрирования, полимеризации углеводородов в газовой, паровой, жидкой и твердой фазах, синтез и различные превращения кислородосодержащих, азотосодержащих, галогеносодержащих соединений и другие реакции синтеза и распада соединений. Это позволяет описать с помощью плазмохимии образование химических соединений, входящих в состав природных горючих газов, нефти, минералов и горных пород.

Все органические соединения, в том числе насыщенные углеводороды, например, метан, полимеризуются в электрическом разряде. Метан в разряде разлагается вследствие разрыва связи C—H, т. е. протекания реакции дегидрирования.

При частичном разрыве связей C—H происходит дегидрирование метана и образование свободных радикалов, которые, соединяясь между собой, образуют ацетилен, этилен и другие газообразные и жидкие продукты. Полимеризация насыщенных углеводородов в разряде происходит вследствие соединения свободных радикалов [7].

В плазме стационарного электрического разряда могут происходить реакции синтеза органических соединений и реакции их разложения. В последующем между продуктами реакции разложения в плазме вновь могут протекать реакции синтеза и образования других химических продуктов, отличных от продуктов реакции синтеза первого порядка. В плазмохимической технологии при горении стационарного разряда существенно важной операцией является своевременное уда-

ление необходимого продукта из объема, где происходит реакция и понижение его температуры до ее значения, при которой продукт находится в стабильном или метастабильном состоянии. В импульсном, кратковременном электрическом разряде в земной коре необходимость в указанной технологической операции может отпасть. В связи с погасанием импульсного разряда прекращаются химические реакции и сохраняется образовавшийся продукт, например, метан или продукты его последующих превращений в электрическом разряде. Повторное действие электрических разрядов будет сопровождаться образованием новых химических соединений углерода с другими элементами в зависимости от условий протекания реакции.

В плазме электрического разряда или плазме в треке частицы высокой энергии могут быть осуществлены многие реакции и образование многих соединений углерода с металлами и металлоидами в том числе и такие, которые не удастся осуществить путем термохимических реакций и использованием каталитического действия.

В рассматриваемой схеме предполагается образование в плазме молекул химических соединений, входящих в состав природных газов и нефти и пребывание их в газообразной фазе. При последующих разрядах происходит конденсация из газообразной стадии в капельно-жидкое состояние миграция и скопление жидкости в ловушках в земной коре.

Плазмохимические реакции образования химических соединений, входящих в состав нефти, могут начинаться с синтеза углерода и водорода в свободном их состоянии. Они могут также начинаться сначала с разложения в электрическом разряде углерода или водородосодержащих органических или неорганических соединений и затем уже синтеза образовавшихся элементов, свободных радикалов или продуктов деструкции молекул исходных соединений [20].

Предлагаемая плазмхимическая гипотеза образования в земной коре молекул соединений, входящих в состав горючих газов и нефти, не исключает другие способы и пути образования газа и нефти, в том числе и пути, указываемые органическими или неорганическими гипотезами. Плазмохимические реакции могут вступать в действие на некоторой стадии процессов, описываемых и органическими гипотезами образования нефти, например, со стадии, когда в процессе разложения органического вещества получен метан или уголекислота и водород и т. д. В последующем, когда в плазме будет происходить гидрирование, полимеризация, циклизация и другие реакции получения сложных органических соединений. По неорганической гипотезе образования нефти или газа [8]:

а) Выделяются из магмы углеводороды.

б) Углеводороды синтезируются из С и Н<sub>2</sub> при каталитическом действии пород.

В плазме разряда возможен синтез метана по Бертоло и последующее возможное дегидрирование метана.

По органической гипотезе образования нефти описаны пути деструкции от твердого органического вещества до метана, но не указаны пути и источники энергии для поляризации метана до нефти и асфальтов. Плазмохимия указывает пути получения жидкого продукта из твердого или газообразного органического вещества.

По органическим теориям процесс превращения органического остатка морей стимулируется: температурой, давлением, микрофлорой, каталитическим действием минералов (глин) и микрофлоры, радиоактивностью, соленостью вод. В предлагаемой плазмохимической гипотезе добавляется к этому перечню факторов на равных основаниях пла-

зма в электрическом разряде. Автор благодарен доктору г. м. н. Г. Л. Поспелову, проф. А. В. Аксарину, доктору физ.-мат. наук И. А. Тихомирову, проф., д. т. н. С. И. Смольянинову, доценту В. С. Дмитриевскому и др., которые ознакомились с рукописью и своими советами, возражениями и замечаниями содействовали разработке рассматриваемой проблемы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Кравцов. Основы геологии горючих ископаемых. Изд. ВШ., М., 1968.
2. В. А. Соколов. Сб. Происхождение нефти. Изд. АН СССР, М., 1951.
3. Н. О. Прод, Н. А. Еременко. Основы геологии нефти и газа. Изд. МГУ, 1960.
4. М. Ф. Двали, Н. А. Еременко. Сб. Происхождение нефти и газа. Гостоптехиздат, М., 1960.
5. А. Мухин. Газета «Правда», 24,9, (1970).
6. Курс физической химии. Под ред. чл. корр. АН СССР, проф. Я. И. Герасимова, том II, изд. «Химия», М., 1966.
7. Д. Н. Андреев. Органический синтез в электрических разрядах. Изд. АН СССР, М.—Л., 1953.
8. А. А. Воробьев. К вопросу об инициировании землетрясений подземными грозовыми явлениями. Сб. «Электрофизическая аппаратура и электрическая изоляция». Энергия, М., 1970.
9. А. А. Воробьев. О возможности электрических разрядов в недрах Земли. «Геология и геофизика», № 12, (1970).
10. А. А. Воробьев. Возможность плазмохимических реакций в земных недрах и образование нефти и горючих газов. Томск, Изд. ТГУ, 1970.
11. М. П. Войтиков, В. Л. Макемов, Р. Н. Харичкина. Сб. Ионизация старения, короностойкость... М., ЦНИТИ, 1963.
12. В. Т. Ренне, П. Н. Бондаренко. Сб. Ионизационное старение, короностойкость... М., ЦНИТИ, 1963.
13. В. Т. Ренне, Цюй Си-Синг. ЖТФ, 26, вып. 5, 1070 (1956); 27, вып. 7, 1462.
14. С. А. Ковалевский. Сб. Происхождение нефти и газа. Гостоптехиздат, М., 1960.
15. Б. В. Будылин, А. А. Воробьев. Действие излучения на ионные структуры. М., Госатомиздат, 1962.
16. А. А. Воробьев. Центры окраски в щелочногалоидных кристаллах. Томск, Изд. ТГУ, 1968.
17. Сб. Происхождение нефти и газа. М., Гостоптехиздат, 1960.
18. И. М. Имянитов, К. С. Шифрин. УФН 76, № 4, 593, (1962).
19. Н. Б. Вассоевич, Ю. Н. Корчагина, Н. В. Лопатин, В. А. Чернышев. Вестн. МГУ, № 6, 3 (1969).
20. С. Н. Ганз, Д. П. Мельник, В. Д. Пархоменко. Плазма в химической технологии. Техника. Киев, 1969.