

УДК 553.98+004.43

**ОБРАЗОВАНИЕ НЕФТИ И ГАЗА. ТЕОРИЯ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ**

© 2017 г. | Р.Б. Сейфуль-Мулюков

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия; rust@ipiran.ru

**OIL AND GAS FORMATION. THEORY AND PRACTICAL ASPECTS**

© 2017 | R.B. Seyful-Mulyukov

Federal Research Centre "Informatics and supervision" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; rust@ipiran.ru

Поступила 28.07.2017 г.

Принята к печати 16.10.2017 г.

**Ключевые слова:** *генезис нефти; сложные природные системы; законы информатики; поиск нефти и газа; статистическая и динамическая неопределенности поиска нефти; нефтематеринские свиты.*

Приведен анализ влияния теории образования нефти и газа на поиск и разведку месторождений. Рассмотрено доминирующее мировоззрение геологов-нефтяников и геохимиков на органическую природу происхождения исходного вещества. Постулаты данной парадигмы основаны на законах развития биосферы и термодинамики. Приведены данные о статусе нефти как природной самоорганизованной сложной системе. Ее генезис и свойства обусловлены законами информатики. Прикладное значение теории образования нефти рассмотрено в плане главной цели ее поисков и разведки — снятия статической и динамической неопределенности. Анализируются их природа, существующие методы их снятия и влияние на эффективность бурения поисковых и разведочных скважин.

Received 28.07.2017

Accepted for publishing 16.10.2017

**Key words:** *petroleum genesis; complex natural systems; informatics laws and petroleum genesis; petroleum; gas exploration; static uncertainty of petroleum exploration; dynamic uncertainty of petroleum exploration; petroleum source rocks.*

Almost 70 years the paradigm on the organic petroleum origin dominates among petroleum geologists and geochemists. The idea on existence of source rocks is the base for the petroleum commercial accumulations exploration. Author started from Mendeleev and Kudryavchev idea on inorganic petroleum nature. Applying informatics, thermodynamic and biosphere development laws it substituted that organic matter has no any relation with petroleum generation. The data given in paper shows that petroleum is a natural complex system created as a result of hydrocarbon molecules self-organization. Petroleum is the complexity phenomenon that developed in Earth's interior. The objects are micro level agents — carbon and hydrogen atoms. They are transforming to hydrocarbon molecules under quantum mechanism and catalytic reaction between molecules itself and with atoms the crystal of the minerals. Petroleum origin, composition and age could be cognized according to informatics laws and the generation process applying thermodynamics, geology and geochemistry laws. Since the main micro level objects feature is uncertainty when the petroleum accumulation exploration is the removal of both static and dynamic uncertainty. Their nature is considered and the existing technology and methods of their removal are described.

Проблема образования нефти и природного углеводородного газа — предмет дискуссий сторонников двух альтернативных точек зрения — органической [13] и неорганической [4]. Органическая парадигма генезиса нефти и газа, господствующая в научном сообществе геологов-нефтяников и геохимиков, является основой проведения поисковых работ и интерпретации результатов бассейнового моделирования всех регионов и акваторий, недра которых содержат нефть и газ. Эта парадигма, в отличие от существующих, нередко противоречивых схем неорганического, глубинного образования нефти и газа, построена просто, логично и понятна даже человеку, не обладающему глубокими знаниями геологии и геохимии. Кроме того, научный авторитет создателей парадигмы настолько велик, что ее постулаты остались неизменными на протяжении почти 90 лет, со времени выхода в свет работ И.М. Губкина и А.И. Леворсена.

Основатели и последователи органической парадигмы не использовали данные, явления и процессы субатомного, атомного и молекулярного уровней, определяющие образование и преобразование молекул УВ. Образование нефти как совокупности молекул УВ происходит именно на уровнях, где действуют законы квантовой механики. К проблеме генезиса нефти непосредственное отношение имеют сложность и неопределенность как феномены физики, математики и информатики, которые также всесторонне исследуются в последние 10-летия. Без их учета объяснить генезис нефти как сложной природной системы в рамках любой гипотезы невозможно.

Рассмотрим проблемы, определяющие генезис нефти и ее миграцию, оказывающие прямое влияние на поиск и разведку месторождений нефти и газа:

1. Нефть как предмет исследования.
2. Исходное вещество для образования нефти и газа.

## DISCUSSIONS

3. Процессы преобразования исходного вещества в молекулы УВ.

4. Формы миграции молекул УВ в условиях геологической среды.

5. Соотношение геологического возраста нефти и газа и исходного вещества.

6. Поиск и разведка месторождений нефти и газа, основанные на перечисленных положениях.

### Нефть как предмет исследования

Нефть обычно рассматривается как совокупность различных УВ. Для исследования генезиса, возраста и УВ-состава нефти важно учитывать, что нефть — это сложная самоорганизующаяся природная система. Она состоит из частей, которыми являются молекулы УВ, образованные только атомами углерода и водорода. По характеру соединения и взаимодействия их валентных электронных орбиталей они подразделяются на УВ парафинового, нафтенового и ароматического типов, которые являются обязательной частью этой системы. Современные исследователи [12] показали, что самоорганизация частей в сложную природную систему происходит при их взаимодействии друг с другом и с окружающей геологической средой, движущей силой которой является термодинамика. В нефти взаимодействие электронных орбиталей атомов углерода и водорода, ведущее к созданию и разрыву связей С–С, С–Н, УВ-молекула — С и УВ-молекула — Н, — это и есть процесс самоорганизации, энергию которой обеспечивает термодинамика геологической среды, в условиях миграции УВ-флюида (но не нефти).

Развитие сложных природных систем самодостаточно. В процессе генезиса нефти атомы углерода и водорода, составляющие 95% молекул парафинов, нафтенов и ароматических УВ, не извлекаются из горных пород, имеющих в составе эти элементы. Изначально они генерируются в астеносфере или мантии и поступают в литосферу в виде атомарного углерода и водорода или их простейших соединений [8]. Их совокупное количество в литосфере после возникновения остается постоянным на протяжении всего процесса накопления нефти, независимо от геологической среды, в которой он протекает.

Три типа структур молекул УВ (цепные, изомерические и кольцевые), несмотря на различие в количестве, структуре, молекулярной массе, химической стабильности, глубине, времени и термодинамических условиях образования, сохраняются в системе, формируя конечный УВ-состав нефти.

Самодостаточность и внутреннее развитие — это прямой показатель того, что нефть является сложной природной системой. Поэтому ей присущи такие свойства, как *существование, развитие, познавае-*

*мость, простота, неопределенность и необходимое разнообразие* [15]. В приложении к нефти ранее эти свойства не рассматривались.

*Существование* определяет такие свойства нефти, как инвариантность, синергетичность, уникальность и непредсказуемость. Нефть инвариантна, так как сохраняется в различных структурах, стратиграфических уровнях и горно-геологических условиях, независимо от состояния геологической среды. Нефти свойственна синергетичность, поскольку она существует как целое, отличное от свойств любой его части. Нефть уникальна, поскольку неповторимы ее УВ-состав, соотношение молекул различного состава и структуры и фазовое состояние. Они создаются и сохраняются только в определенном интервале термодинамических и геологических условий, независимо от строения недр любого региона земного шара. Процесс генезиса нефти непредсказуем, поскольку траектории движения исходных и образующихся в процессе генезиса УВ-молекул в изменяющейся геологической среде в любой момент геологического времени не могут быть установлены, измерены и описаны математически.

*Развитие* означает совокупность динамических свойств нефти: открытость и постоянство движения. Нефть открыта для обмена энергией и информацией с окружающей геологической средой, изменяя при этом фазовое состояние флюида и свою энтропию как системы. Это объясняет невозможность существования неизменной нефти, сохраняющей сотни миллионов лет свой первоначальный УВ-состав и свойства. Изменение энтропии нефти заложено в неизбежной разнице ее термодинамического состояния в любые, произвольно выбранные, начальный и конечный моменты существования.

*Познаваемость* позволяет понять нефть как природный феномен в исторической ретроспективе. Существует два принципиально разных представления. Первое отражает философию органической парадигмы. Совокупность УВ-молекул нефти, извлеченной из недр, могла возникнуть в девоне, карбоне, перми или мезозое, геологические и термодинамические параметры которых отличались от современных. Это значит, что нефть может образоваться при различных геологических и термодинамических условиях или их сочетании и в любую стадию развития Земли, но сохраняя при этом свойства, характерные для современной нефти. Второе представляет нефть как уникальный феномен, который отражает совокупность современных условий геологической среды, определивших системные свойства, состав, термодинамическое состояние нефти и ее взаимоотношение с геологической средой.

*Простота* — это универсальный, объективный закон природы. При построении любой сложной

системы, включая нефть, природа отбирает самый простой вариант среди всех *сложных* как наиболее экономичный, сберегающий ресурсы и энергию. Нефть — самая простая совокупность УВ-молекул из всех сложных, создание которой возможно в настоящих геологических, геохимических, гидрогеологических, термодинамических и иных условиях планеты Земля. Простота нефти девона и карбона (т. е. состав, свойства и соотношение молекул разного типа) была бы совершенно иной, чем современная.

*Неопределенность* — понятие математики, философии, кибернетики, физики и базовый принцип квантовой механики, выражающее взаимодействие между сопряженными переменными состояниями элементарных частиц. Неопределенность нефти выражается в квантовом поведении элементарных частиц атомов углерода и водорода [5]. С неопределенностью связана неполнота, недостаток данных о поведении атомов и их взаимоотношении в процессе создания УВ-молекул нефти. Это одна из причин, доказывающих дискретный характер ее генезиса. Коренное отличие природных процессов образования нефти субатомного уровня от технологических процессов макроуровня заключается в том, что первыми нельзя управлять, а вторыми можно. Поэтому в каком состоянии и где будет находиться природная система во время ее создания — это динамическая неопределенность, а технологическое состояние системы известно в каждый момент ее развития, поскольку оно планируется.

*Необходимое разнообразие* как закон сформулировал У. Эшби [9]. Он справедлив для сложных природных систем, включая нефть. Закон устанавливает необходимую сопряженность двух систем: управляющей и управляемой.

Нефть не образуется и не существует сама по себе автономно и независимо от состояния и состава окружающей геологической среды. Взаимодействие и развитие ее частей и всей системы зависит и определяется всей совокупностью факторов геологической среды, которая является управляющей для системы нефти. Разнообразие современных условий геологической среды соответствует и обуславливает сложный состав, химическое и структурное разнообразие УВ-молекул.

*Таким образом, предметом исследования является не только смесь УВ, а их совокупность — сложная природная система, подчиняющаяся законам развития природного феномена — сложности (complexity). Процесс ее формирования происходит в недрах различной глубины, он дискретен, совершается на субатомном уровне, подчиняется его закономерностям, в геологических условиях присущих четвертичному этапу развития Земли. В этом процессе вещество биосферы не принимает участия, поскольку углерод и водород пол-*

*ностью обращаются в своем круговороте, движимом другими, не глубинными источниками энергии.*

### **Исходное вещество для образования нефти и газа**

В настоящее время доминирует представление, что источником атомов углерода и водорода, формирующих молекулы УВ, служат остатки организмов биосферы. По мнению И.М. Губкина (1932), образование нефти началось с разложения жиров в биогенном иле до его погребения. Позднее А.И. Леворсен [13], Б.П. Тиссо и Д.Х. Вельте исходной считали биомассу бактерий, фито- и зоопланктона и высших растений, главным образом водорослей. Многочисленные последователи органической парадигмы не изменили эту точку зрения. Количество нефти в недрах лимитируется количеством исходного ОВ, которое биосфера могла аккумулировать в водных бассейнах, поэтому запасы нефти конечны.

Такие представления необходимо рассмотреть в свете современных данных. Постулат о биосферной природе исходного вещества противоречит законам развития биосферы. Ее самодостаточность — неоспоримый факт. В.И. Вернадский, а позднее экологи доказали, что развитие всех компонентов биосферы складывается из двух противоположных процессов: образования живого вещества из элементов окружающей среды и разложения органических веществ и их перехода в простейшие минеральные [1]. Биологический круговорот значительно более замкнут, чем абиотический. За его пределы выводится лишь 0,2 % ежегодного объема продуктов жизнедеятельности животных и растений. Биосферного материала, углерод которого мог бы накапливаться в осадке и образовывать газонефтематеринское ОВ, в природе нет.

Биосферный материал не может быть исходным веществом для образования нефти в силу и другого неоспоримого факта. Совокупная масса всей морской и наземной органики (белки, углеводы, жиры живых организмов, целлюлоза и лигнин растений), произведенная биосферой на площади распространения и за время формирования любой газонефтематеринской свиты, на порядки меньше установленного количества нефти, газа и  $C_{орг}$ , оставшихся в свите этого возраста. Это видно при сравнении запасов нефти и газа Ромашкинского месторождения на Русской платформе, месторождений Западной Сибири — Самотлор и Уренгой, Северной Африки — Хасси Р'Мель и Хасси Мессауд, Саудовской Аравии — Гхавар [16] и др.

Анализируя источник исходного вещества, необходимо опираться на очевидный факт: нефть на 95 %, а газ на 100 % состоят только из атомов углерода и водорода, формирующих молекулы чистых УВ, которые не найдены ни в одном живом организме. Следовательно, вопрос об исходном веществе — это вопрос о появлении этих атомов. Вычислено, что источником всех ато-

## DISCUSSIONS

мов, формирующих нефть и горные породы, является плазменное вещество внутренних оболочек Земли [8].

*Исходное вещество нефти и газа — это атомы углерода и водорода, образующиеся из плазмы мантии при ее декомпрессии. Взаимодействие их электронных орбиталей, создающих простейшие молекулы, требует высоких температур и давлений, характерных для верхней мантии. Органика биосферы не может быть исходным веществом для нефти, поскольку органические остатки сухопутных и морских биоценозов всех видов и уровней на 99,8 % используются самой биосферой.*

### Процессы преобразования исходного вещества в молекулы УВ

Самыми распространенными представлениями о механизме образования нефти являются превращение липидов и лигнина в кероген и эндотермическая химическая реакция — катагенез, или процесс медленного нагревания керогена. Н.А. Кудрявцев доказал, что такой процесс нереализуем в силу законов термодинамики [4]. По современным представлениям, создание сложной природной системы не может совершаться с поглощением тепла, ибо оно ведет к дезинтеграции, увеличению термодинамического беспорядка и энтропии. Из хаоса молекул холодного морского осадка с остатками ОВ создать сложную природную систему нефти медленным нагреванием в принципе невозможно. Все стадии превращения морского осадка в горную породу в результате гипергенеза, диагенеза и катагенеза создают не сложную природную систему, а карбонатную, песчаную и иную осадочную породу. Она состоит из комбинации нескольких основных химических элементов (Ca, Si, Fe, O, Al, C и др.) и не является сложной системой.

Обоснование реализации газонефтематеринскими свитами своего потенциала по схеме катагенеза с точки зрения геохимии недостаточно. Требуется анализ истории геологических процессов и термодинамических условий, им сопутствовавших. Осадочный чехол любой территории формировался при чередовании периодов седиментации с размывом ранее накопившихся отложений. Например, в осадочном чехле Австралийского шельфа, сформированного примерно 250 млн лет назад и содержащего уникальные запасы УВ, установлено 11 региональных несогласий, в мезозойском разрезе Бразильского шельфа, сформированного 145 млн лет и в недрах которого открыты гигантские месторождения нефти, — 14 несогласий [14]. В палеозойском разрезе южной вершины Татарского свода, сформированного примерно 310 млн лет, от фундамента до меловых отложений установлено 12 региональных размывов. Неоднократные периоды размыва произошли после отложения газонефтематеринских свит во всех регионах и продолжались миллионы лет.

По закономерностям формирования осадочного чехла длительность существования бассейнов седиментации сопоставима с периодами высокого стояния территорий и размыва [7]. Весьма сомнительна возможность сохранения керогена в периоды высокого стояния территории в условиях глубокопроникающего окисления органики.

Сомнение в реализации катагенеза возникает при сравнении двух процессов, в которые вовлечена одна и та же система — катагенез и крекинг. Катагенез — образование нефти, а крекинг — ее разрушение. Если процессы создания системы и ее разрушения эндотермические, т. е. протекают с поглощением тепла, то один из них, в силу законов термодинамики, нереализуем. Если в одном направлении реакция экзотермическая, то в обратном она будет эндотермической. Крекинг эндотермический — доказанный процесс разрушения и дезинтеграции нефти, а катагенез керогена умозрительный, обоснованный геохимически, но с точки зрения геологии, термодинамики и информатики не обоснован. Независимо от природы исходного вещества и механизма его преобразования, образование нефти — это экзотермический процесс, сопровождающийся выделением тепла, т. е. энергии, необходимой для процесса создания УВ-молекул.

Для образования молекул чистых УВ, из которых на 98 % состоит нефть, необходимо разорвать химическую связь С–О в сложных органических молекулах липидов и лигнина. Однако энергии даже заключительных стадий катагенеза для этого недостаточно. Доказано, что каталитические взаимодействия молекул УВ друг с другом и кристаллами пород геологической среды происходят при температуре не менее 200 °С [11]. Как показали исследования химиков, основной механизм преобразования простых молекул УВ в сложные, существующий в недрах, происходит при их взаимодействии с геологической средой при высоких температурах. Процесс реализуется в среде как консолидированных, так и неконсолидированных пород.

В первом случае простая газообразная молекула УВ размером меньше, чем межatóмное пространство кристалла, на больших глубинах «продавливается» сквозь «молекулярные сита» внутрь кристалла алюмосиликатов [10, 11]. Происходит взаимодействие внутри кристалла — между атомами катализатора, выступающего в роли донора электронов, и молекулой УВ, являющейся их акцептором. На глубине с меньшими давлениями и температурой из кристалла выходит новая, более сложная молекула УВ. Во втором случае взаимодействие УВ-молекулы и кристаллов породы геологической среды реализуется на контакте флюид — порода в дезинтегрированных средах, которыми являются контакты блоков фундамента,

разломы и коры выветривания. Эти процессы атомного уровня рассчитаны и теоретически смоделированы многими исследователями.

*Преобразование исходного вещества в УВ — это взаимодействие молекул УВ между собой и кристаллами минералов геологической среды. Эти процессы изучены и смоделированы. Взаимодействие определяется термодинамикой, структурой и фазовым состоянием геологической среды. Этот процесс происходит при миграции молекул только в условиях термодинамического градиента. Стадии катагенеза ОВ — это предполагаемый геохимический процесс, в природе он не наблюдался и его параметры никем не документировались.*

### Соотношение геологического возраста нефти и исходного вещества

В гипотезах генезиса нефти нет четкого определения понятий *длительность процесса, возраст и жизненный цикл нефти*, имеющих прямое отношение к ее образованию, формированию месторождений и количеству нефти в недрах. Стадии катагенеза, как правило, не сопряжены со временем и характером тектонических движений в каждом конкретном регионе. Поэтому длительность процесса образования, возраст нефти и условия ее сохранения не рассматриваются. Произвольно считается, что, например, органика венда (возраст 600 млн лет) может образовать нефть спустя 100 млн лет и даже более. Органика карбона может реализовать свой потенциал в мезозое, независимо от геологических событий, которые произошли между этими периодами. Подобное мнение не соответствует представлениям о формировании сложности [12] и сложных природных систем и времени их существования.

Нефть как сложная природная система создается непрерывно, но в ограниченное время. Ее продолжительность равна периоду, в течение которого сложность (простота), разнообразие и состав окружающей геологической среды будут обеспечивать сложность (простоту), необходимое разнообразие уникальности УВ-состава нефти, которая соответствует настоящей геологической эпохе. Разнообразие, состав и структура геологической среды кардинально менялись после каледонской, герцинской и альпийской эпох орогенеза и мезозойского распада Гондваны. На состав и структуру пород оказывали большое влияние смена периодов осадконакопления в водных бассейнах эпохами подъема и размыва и изменение палеогеографических условий. Поэтому в широком смысле исторических условий для сохранения в недрах нефти допалеозойского, палеозойского, мезозойского и альпийского орогенезов не было в принципе.

*Таким образом, нефть — феномен четвертичного этапа развития Земли. Простейшие соединения углерода и водорода образуются в верхней мантии и преобразуются в сложные УВ-молекулы в современной*

*литосфере, главным образом в ее верхней части — земной коре. Доказано, что месторождения пополняются нефтью в настоящее время.*

### Поиск и разведка месторождений нефти и газа

Нефтегазоносность недр, по доминирующему в настоящее время мнению, связана с газонефтематеринскими свитами (source rocks). Геофизические методы поисков залежей нефти в недрах направлены на определение положения и мощности этих свит на основе бассейнового моделирования 3D. Дорогое программное математическое обеспечение, в том числе и для комплексной оценки материнских свит, предоставляет ведущий мировой поставщик программных продуктов для нефтяной промышленности — компания «Шлюмберге» (Schlumberger).

Модели 3D дают возможность определить положение резервуара, коллектора и покрышки — элементов, необходимых для аккумуляции нефти. Модели используют также для определения положения газонефтематеринских свит и оценки их потенциала. Результат такого подхода показывает «коэффициент успешности», отражающий процент скважин, давших нефть или газ, по сравнению с общим числом пробуренных поисково-разведочных скважин. В СССР в 1981–1985 гг. успешность поискового бурения составила около 24 %, в США (1986 г.) — 19,8 %, в континентальной Европе (1986 г.) — 23,8 %. Это значит, что к реальным затратам на бурение поисковой скважины, составившим 3–7 млн дол., прибавляется 10–28 млн дол., затрачиваемых на бурение «сухих» скважин [6]. В последние 20 лет в связи с поиском и разведкой месторождений на больших глубинах и сложными геологическими и природными условиями этот процент еще ниже.

Причина в том, что не существует связи между залежью и породами, принимаемыми за материнские, независимо от их положения — снизу или сверху залежи, или в 50 км от нее. Также не отражается содержание  $C_{орг}$  и отношение пристана ( $C_{19}H_{40}$ ) к фитану ( $C_{20}H_{42}$ ), предполагаемого аргумента связи нефти с ОВ материнской свиты. Эти УВ-молекулы алифатического ряда, присутствующие только нефти, не имеют никакого отношения к биосфере и никакой генетической связи с фитолом хлорофила, как его предшественника. Материнская свита с любым содержанием  $C_{орг}$  не может служить основанием для определения наличия нефти в недрах в силу следующих установленных фактов:

1. Нефть на Русской платформе, в Западной и Восточной Сибири, в Северной Африке, на Австралийском и Бразильском шельфах и других регионах была открыта исключительно на основании общих геологических данных, сейсморазведки, опыта и интуиции геолога и задолго до того, как глинистые породы, установленные бурением, стали считать способными генерировать нефть и газ.

## DISCUSSIONS

2. Содержание  $C_{орг}$  в породе, принимаемой за материнскую свиту, сравнительно равномерно распределено на тысячи квадратных километров практически в одинаковом количестве долей, или нескольких процентов, как, например, в майкопской свите Предкавказья. По законам седиментогенеза  $C_{орг}$  не может отложиться в морском осадке равномерно на сотни и тысячи квадратных километров за счет сноса органических остатков с суши и осадения морской органики. Считать, что этот углерод имеет органическую природу на основании того, что некоторые компоненты нефти имеют аналоги в ОВ живых организмов, нет оснований. Чистых УВ-молекул, состоящих только из атомов углерода и водорода, составляющих 95 % нефти, нет ни в одной клетке живого организма. Эти молекулы могут образоваться только из неорганической материи в недрах. Поток глубинного атомарного углерода и водорода, более или менее равномерно распределенный на больших территориях, является установленным фактом [2, 3]. Они выносились из недр начиная с раннего палеозоя и равномерно смешивались на дне бассейнов с породами осадочно-седиментационной природы, доказательством чего являются толщи (примерно постоянной мощности) кембрийских антраксолитов и шунгитов, распространенные на больших территориях, при этом углерод не имеет отношения к биосфере.

Поиски и разведка месторождений нефти и газа — это снятие статической и динамической неопределенностей, тесно связанных и взаимозависимых. Статическую неопределенность составляет обязательная совокупность — ловушка, коллектор, крышка и даже процент  $C_{орг}$  в материнской свите, если она существует. Их положение, размер, глубина и мощность статичны, неизменны и измеряемы с достаточной точностью техническими средствами. Однако, даже если наличие этой совокупности установлено, коэффициент успешности поисковых скважин не превышает 24 %.

Следовательно, на принятие решения о бурении скважины влияет другая неопределенность поведения самого объекта поиска. Нефть — сложная природная система, образование и формирование залежей которой — это динамический, дискретный процесс, не измеряемый и математически не выражаемый. Поэтому место заложения скважины определить с точностью 100 %, даже при наличии резервуара, коллектора и материнской свиты, которые точно установлены, теоретически невозможно. Увеличить коэффициент успешности с современных 24 % и ниже до 50–70 % и более возможно, применяя методы статистического и математического анализа сложной системы в условиях ее неопределенности, выраженной прямыми и косвенными данными, с которыми можно производить математические действия.

Для снятия динамической неопределенности расположения залежи нефти на глубине нужно вовлечь в анализ два множества, состоящих из объективных и субъективных данных.

Объективными можно считать данные об УВ-молекулах, характерных только для нефти и газа. Геохимические процессы в залежи нефти происходят постоянно. Их проявлением являются газообразные, легкие УВ-молекулы, присущие только нефти, мигрирующие от залежи и накапливающиеся в почве, снежном покрове, современных донных отложениях, почвенной влаге и приземном слое атмосферы. Они определяются над залежью в каждом нефтеносном и газоносном регионе или шельфе геохимической съемкой, в разном количестве, качестве и сочетании. Эффективность применения геохимических съемок нефтегазоносных территорий и акваторий показали геохимики А.В. Гончаров, Г.Л. Крюкин (2012), М.Б. Скворцов (2009) и др., в том числе на примере месторождений, открытых с коэффициентом успешности, намного превышающим 24 %.

Субъективными данными являются опыт и интуиция геолога, имеющие большое значение при определении наличия залежи. Геолог, опираясь на данные о резервуаре и коллекторе и свой опыт, определяет место бурения поисковой или разведочной скважины. Опыт и интуиция не могут быть выражены с точностью 100 %. Необходима экспертная группа геологов, геохимиков и геофизиков, знатоков геологических и иных особенностей данного региона. Опираясь на объективные данные о геологии и нефтегазоносности, она должна перевести опыт, интуицию и решение геолога в баллы или проценты, которые являются множеством, определенное сочетание членов которого выражает вероятность наступления ожидаемого события.

Таким образом, для снятия динамической неопределенности положения залежи нефти или газа можно оперировать членами трех множеств: геологическими данными (резервуар, коллектор, экран), данными геохимических съемок и данными о достоверности решения геолога, выраженными в баллах. В совокупности эти данные позволяют вычислить вероятность залежи нефти или газа с точностью, приближенной к реальности, только после специальной аналитической и математической обработки. В качестве одной из возможностей можно рассматривать эти множества как нечеткие (fuzzy set), тогда для их интегрального анализа можно использовать математический аппарат теории нечетких множеств, разработанный Л.А. Заде [17]. Это даст возможность вычислить вероятность залежи, оперируя членами трех множеств путем их пересечения, объединения, дополнения, исключения и других действий, предусмотренных математическим аппаратом теории

нечетких множеств. В результате устанавливается такой интегральный показатель, который с наибольшей степенью вероятности отражает залежь на глубине в данных конкретных геологических условиях.

### Заключение

Повышение коэффициента успешности поискового и разведочного бурения требует более широкого применения современных методов аналитической и математической обработки прямой и косвенной, объективной и субъективной информации, отражающей всю совокупность данных о наличии или отсутствии залежи нефти или газа на глубине. Дальнейшее геохимическое и геологическое изучение несуществующих газонефтемаатеринских свит не может увеличить коэффициент успешности, поскольку нефть и газ не имеют отношения к биосфере. Ее глубинная, минеральная природа показана еще Д.И. Менделеевым и Н.А. Кудрявцевым и их последователями на основе совокупности современных данных.

Нефть — сложная природная система с присущими ей особенностями образования, свойства-

ми и взаимоотношениями с окружающей средой, что определяет место ее аккумуляции в недрах. Его определение требует четкого понимания характера неопределенности нефти и существующих методов их устранения. Поиск и разведка нефти и газа — это снятие статической и динамической неопределенностей. Статическую составляют элементы геологической среды: ловушка, коллектор, экран и канал миграции, неопределенность расположения которых снимают геофизическими технологиями и методами моделирования 3D. Для снятия динамической неопределенности требуется использование статистических и математических методов совместной обработки объективных данных о геологической среде, в которой аккумулируется нефть, данных геохимической съемки и данных субъективной оценки геолога о наличии залежи на глубине. Тогда определенность наличия нефти и, следовательно, место заложения скважины можно рассчитать математически и выразить вероятность открытия залежи в баллах или процентах, значительно больше 24 %.

### Литература / References

1. Бигон М., Харпер Д., Таунсенд К. Экология, особи, популяции и сообщества : в 2 т. : пер. с англ. — М. : Мир, 1989. — Т. 1. — 667 с.; Т. 2. — 477 с.  
*Bigon M., Harper D., Taunsend K. Ecology, specimen, populations and communities: in 2 vol. Per. s angl. Moscow: Mir; 1989. Vol. 1. 667 p.; Vol. 2. 477 p.*
2. Валяев Б.М. Углеводородная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа // Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений : Материалы конференции. — М. : ГЕОС, 2011. — С. 10–32.  
*Valyaev B.M. Hydrocarbon degassing of the Earth, geotectonics and the origin of oil and gas. Degazatsiya Zemli i genezis neftegazovykh mestorozhdenij: Materialy konferentsii. Moscow: GEOS; 2011. P. 10–32.*
3. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М. Локализованные потоки глубинных углеводородных флюидов и генезис скоплений газогидратов // В сб.: Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. — М. : ГЕОС, 2002. — С. 319–322.  
*Dmitrievskij A.N., Valyaev B.M. Localized flows of deep hydrocarbon fluids and the genesis of gas hydrates accumulations. Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, nef't' i gaz. — Moscow: GEOS; 2002. P. 319–322.*
4. Кудрявцев Н.А. Генезис нефти и газа. — Л. : Недра, 1973. — 216 с.  
*Kudryavtsev N.A. Oil and gas genesis. Leningrad: Nedra; 1973. 216 p.*
5. Сейфуль-Мулюков Р.Б. Квантовая матрица и информация углеводородной молекулы // ДАН, сер. Геология. — 2016. — Т. 467. — № 3. — С. 311–313.  
*Sejful-Mulyukov R.B. Quantum matrix and information of the hydrocarbon molecule. DAN, seriya Geologiya. 2016;467(3):311–313.*
6. Современные тенденции в развитии методов разведки месторождений нефти и газа [Электронный ресурс] // Neftegaz.ru. — Режим доступа: <http://neftegaz.ru/science/view/389> (дата обращения: 10.05.2017).  
*Current trends in the development of methods for oil and gas fields exploration. Neftegaz.ru. Available at: <http://neftegaz.ru/science/view/389> (accessed 12.05.2017).*
7. Страхов Н.М. Историческая геология. Изд. 2-е. — М. : Изд-во Наркомпроса РСФСР, 1938. — 499 с.  
*Strakhov N.M. Historical geology. The 2nd edition. Moscow: Izdatelstvo Narkomprosa RSFSR; 1938. 499 p.*
8. Фомин Ю.М. Верхняя астеносфера — переходная зона между веществом мантии и литосферой [Электронный ресурс] // <http://evolbiol.ru/document/1128> (дата обращения: 12.05.2016).  
*Fomin Yu.M. The upper asthenosphere is a transition zone between the mantle matter and the lithosphere. Available at: <http://evolbiol.ru/document/1128> (accessed 10.05.2017).*
9. Эшби У. Введение в кибернетику / Под ред. В.А. Успенского. — М. : Изд-во иностранной литературы, 1959. — С. 294.  
*Ashby W. An introduction to cybernetics. In: V.A. Uspenskiy ed. Moscow: Izdatelstvo inostrannoj literatury; 1959. P. 294.*

## DISCUSSIONS

10. Benko L., Demuth T., Hutschka F. Catalytic conversion of hydrocarbons in zeolites from first principles. *Pure Appl. Chem.* – 2002;74(11):2097–2100.
11. Germain G.E. Catalytic conversion of hydrocarbons. London: Academic Press Inc.; 1969. 322 p.
12. Heylighen F. Complexity and self-organization. *Encyclopedia of library and information sciences*. In: M.J. Bates, M.N. Maack, eds. Taylor & Francis; 2008. 9 p. Available at: <http://pespmc1.vub.ac.be/papers/elis-complexity.pdf> (accessed: 22.06.2016).
13. Levorsen A.I. *Geology of petroleum*. San-Francisco: Freeman & Co; 1954. 703 p.
14. Mello M.R., Telnaes N., Gaglialone P.C., Chicarelli M.I., Brassell S.S., Maxwell J.R. Organic geochemical characterization of depositional paleoenvironments of source rocks and oils in Brazilian marginal basins. *Org. Geochem.* 1988;13(1):31–45.
15. Seyful-Mulyukov R.B. Informatics and its role for the study of genesis and properties of complex natural systems. *Informatics and applications*. 2017;11(1):119–123.
16. Sokhabi R. The king of giant field. *GEOExPro*. 2010;7(4):24–29. Available at: <https://www.geoexpro.com/magazine/vol-7-no-4> (accessed: 22.05.2017).
17. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Inform. Science*. 1975;(8):199–249, 301–357.