

# Дегазационно-гравитационная гипотеза эндогенного развития Земли и нефтегазоносность

Шевченко И.В.

Управляющая Компания «КорСарНефть», Москва, Россия  
ivshevch@dol.ru

## Аннотация

Вопросы, связанные с происхождением системы Земля – Луна, до сих пор находятся в фазе активного обсуждения. Ответы на эти вопросы связаны со стремлением прояснить основные физические механизмы, определившие развитие нашей планеты, влияющие на процессы в ядре, мантии и литосфере. Такие ответы позволяют по-новому взглянуть на историю геологических событий и на условия формирования месторождений полезных ископаемых, а также на новые перспективы их поиска.

Существующие доктрины геологического развития Земли и системы Земля – Луна, по мнению автора, не дают исчерпывающих ответов на большое количество важных вопросов. Не находят убедительного объяснения движущие силы и причины геолого-тектонических процессов в литосфере.

Поставлена задача построения гипотезы происхождения системы Земля – Луна, логично объясняющей геологические, химические и физические особенности Земли, причины отличия облика и характера развития нашей планеты от других планет земной группы.

Кроме того, задачей данного исследования было выявление основных сил, влияющих на динамическое развитие Земли, и их взаимосвязь с факторами, контролирующими формирование месторождений углеводородов (УВ).

## Материалы и методы

Статья представляет собой краткое изложение гравитационно-дегазационной гипотезы эндогенного развития Земли, в основе которой лежит рассмотрение взаимодействия гравитационных и дегазационных процессов как двух основных факторов, определяющих развитие нашей планеты.

## Ключевые слова

водород, история и механизмы развития Земли, происхождение Луны, глобальная дегазация Земли, глубинный флюидопоток, перспективы нефтегазоносности

## Для цитирования

Шевченко И.В. Дегазационно-гравитационная гипотеза эндогенного развития Земли и нефтегазоносность // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 6. С. 24–31. DOI: 10.24412/2076-6785-2021-6-24-31

Поступила в редакцию: 07.12.2021

GEOLOGY

UDC 551 | Original Paper

## Degassing-gravitation hypothesis of the Earth and oil and gas potential

Shevchenko I.V.

“Corsarneft” Management Company, Moscow, Russia  
ivshevch@dol.ru

## Abstract

Issues related to the origin of the Earth-Moon system are still in the phase of active discussion. The answers to these questions are associated with the desire to clarify the main physical mechanisms that determined the development of our planet, affecting the processes in the core, mantle and lithosphere. Such answers allow us to take a fresh look at the history of geological events and at the conditions for the formation of mineral deposits, as well as at new prospects for their search.

The existing doctrines of the geological development of the Earth and the Earth-Moon system, according to the author, do not give exhaustive answers to a large number of important questions. The driving forces and causes of geological-tectonic processes in the lithosphere do not find a convincing explanation. The task is to construct a hypothesis of the origin of the Earth-Moon system, which logically explains the geological, chemical and physical features of the Earth, the reasons for the difference in the appearance and nature of the development of our planet from other planets of the Terrestrial group. In addition, the task of this study was to identify the main forces that affect the dynamic development of the Earth and their relationship with the factors that control the formation of hydrocarbon deposits.

## Materials and methods

The article is a summary of the gravitational-degassing hypothesis of the endogenous development of the Earth, which is based on the consideration of the interaction of gravitational and degassing processes as two main factors determining the development of our planet.

## Keywords

hydrogen, history and mechanisms of development of the Earth, the origin of the moon, global degassing of the Earth, deep fluid flow, oil and gas prospects

## For citation

Shevchenko I.V. Degassing-gravitation hypothesis of the Earth and oil and gas potential. Exposition Oil Gas, 2021, issue 6, P. 24–31. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2021-6-24-31

Received: 07.12.2021

Многие мировые тенденции направлены сегодня в сторону «озеленения» энергетики, однако актуальность поисков и использования углеводородов, скорее всего, сохранится в последующие несколько сотен лет. Производство самого чистого «зеленого» водорода с использованием электролиза воды требует слишком больших затрат энергии. Основные варианты производства водорода в любом случае связаны с использованием технологий переработки метана и требуют постоянного наличия достаточного количества этого газа.

Такой уникальный жидкий минерал, как нефть, навсегда останется идеальным сырьем для растущей и разветвляющейся по видам продукции химической индустрии. При этом глобальная утилизация углерода и его соединений при производстве водорода из природного газа выглядит вполне решаемой технической задачей, что позволяет сделать основной вид производимого водорода не серым, желтым или голубым, а в конечном итоге зеленым. Поэтому попытки отказа от использования природных углеводородов выглядят преждевременными, непродуманными и безответственными.

В особенности для Российской Федерации, обладающей развитой инфраструктурой для добычи и транспортировки УВ, поисково-разведочные работы на нефть и газ с целью восполнения ресурсной базы будут актуальными еще многие десятилетия.

Поиски и добыча углеводородов сдерживаются не только возросшими экологическими требованиями, но и высокой стоимостью поисково-разведочных работ и их невысокой эффективностью. Последние десятилетия снижается число открытий крупных и гигантских месторождений УВ. Традиционные теоретические подходы, применяемые в нефтегазовой геологии, дают неполное представление о причинах неравномерного распределения зон накопления УВ сырья в земной коре (рис. 1). Поисково-разведочный процесс требует дальнейшего совершенствования, которое может базироваться на новых вариантах понимания особенностей происхождения углеводородов и формирования их крупных скоплений. Такое понимание может способствовать развитию новых алгоритмов поиска УВ, которые увеличат успешность и эффективность поисковых работ в долгосрочной перспективе. Прогресс к такому пониманию невозможен только в рамках вопросов нефтегазовой геологии и требует комплексного анализа всех аспектов геологического развития Земли в целом как единой системы.

Рассмотрение альтернативных вариантов физического и геологического развития Земли может содействовать появлению таких новых подходов к поисковому процессу.

Принципы униформизма/актуализма оказались слишком узкими для понимания истории Земли. Попытки отследить закономерности этого развития на основе наблюдаемых тенденций оказались исчерпанными. Попытки найти четкие закономерности и последовательности в геологических процессах пока не увенчались успехом. Существующие доктрины развития не охватывают все то разнообразие строения литосферы Земли, с которым сталкиваются сегодня геологи. История Земли, особенно в первые 3,5 млрд лет, не поддается интерпретации с точки зрения предлагаемых сценариев развития. Земля по многим параметрам выглядит уникальной по сравнению с другими планетами Солнечной системы.

Наша планета включена представителями астрономических наук в так называемую земную группу (Земля, Марс, Венера, Меркурий), однако одновременно обладает некоторыми свойствами группы планет-гигантов и их спутников.

Характеристики уникальности Земли по отношению к планетам земной группы:

- постоянное наличие большого количества воды на поверхности (начиная с катархея);
- наличие в земной коре огромного количества гранитоидов, отсутствующих в значительных объемах на других планетах;
- наличие мощной магнитосферы;
- наличие атмосферы, гидросферы и литосферы со значительным содержанием азота и кислорода;
- активные и разнообразные геологические и тектонические процессы в земной коре;
- наличие двух основных типов земной коры и коры переходного типа. Выраженный контраст между двумя основными типами коры;
- присутствие крупного спутника (Луны), гравитационно связанного с Землей, с химическим составом внешних слоев близким к составу внешней оболочки Земли;
- асимметричность формы планеты;
- наличие значительных объемов различных видов углеводородов в осадочном чехле и фундаменте;
- наличие жизни.

Модель Ниццы [25, 26, 30, 31], которая в настоящее время признается наиболее адекватно описывающей раннее развитие Солнечной системы, допускает, что в период первых сотен млн лет после формирования планет земной группы ледяные объекты, находящиеся за периметром орбит Сатурна и Юпитера, в результате обмена моментами импульсов не только «выталкивались» в дальние зоны Солнечной системы, но и, приобретая эллиптически вытянутые орбиты, «вталкивались» в зону планет земной группы. Исходя из этого, можно предполагать, что молодая Протоземля столкнулась с крупным объектом, которому в многочисленных исследовательских работах было присвоено название «Тея». Тея вполне могла быть ледяной планетезималью, вероятно, из пояса Койпера,

несколько меньшей по размеру и по массе, чем Протоземля.

Можно предположить, что Тея представляла собой мигрирующую планетезималю с вытянутой эллиптической орбитой, сформированной в результате гравитационных взаимодействий с Сатурном и/или Юпитером. По нашему мнению, Тея была планетезималью, состоящей преимущественно из водяного и метанового льда, со значительным количеством углерода, азота и серы. С ядром, вероятно, состоящим в основном из кремния, по своему составу, строению и размеру напоминающая сегодняшней Титан или сильно увеличенную в размерах Цереру, застрявшую при своем движении из периферии Солнечной системы в пояс астероидов, на которой при ее небольшом размере количество воды превышает общее количество воды на Земле. Более четырех с половиной миллиардов лет назад количество таких небесных тел, и больших по размеру, было, по-видимому, значительным до того, как они были поглощены или захвачены молодыми планетами-гигантами.

С учетом известного состава Титана возможно, что состав Теи включал в себя воду, метан, углекислоту, азот, серу. Столкновение привело к частичному разрушению верхних оболочек Протоземли, но в конце концов к слиянию двух объектов. В результате столкновения часть вещества мантии Протоземли была потеряна. Металлическое ядро Протоземли захватило значительный объем вещества ледяного тела, которое интегрировалось в структуру ядра нашей планеты (рис. 2).

В результате удара огромное количество обломков первичной коры и мантии пыли, паров и ионной плазмы было выброшено на большое расстояние от поверхности Земли. Из части этой материи в дальнейшем сформируется Луна. Мнение о подобном происхождении нашего спутника достаточно широко распространено [22, 23, 24, 27, 28, 29]. Столкновение привело к кратковременному разогреву и расплавлению конгломерата Протоземли и Теи. Основная масса холодной Теи, включая кремниевое ядро, под воздействием ударного импульса и сильного притяжения протоядра Земли «засасывается» в зону нижней мантии и металлического ядра Протоземли. Водородная плазма совместно с примесями атомов кислорода, углерода, серы и азота сорбируется

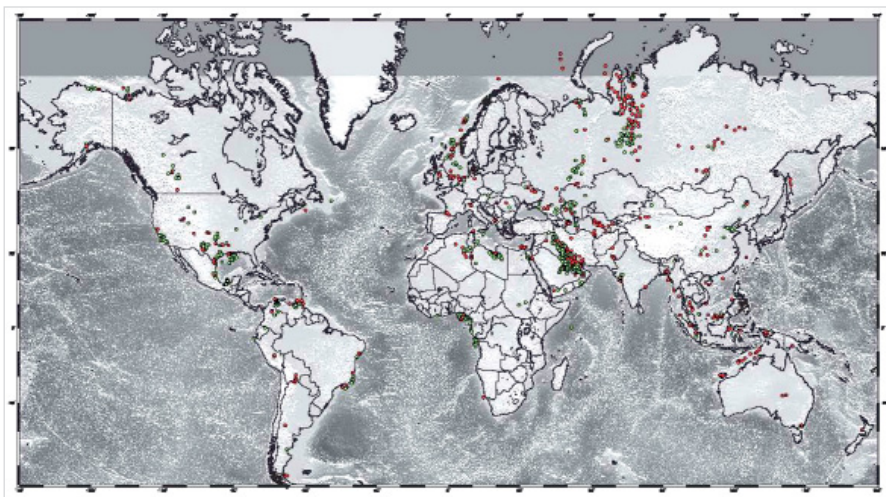


Рис. 1. Неравномерность распределения крупнейших месторождений углеводородов в мире. Зеленый цвет – нефть. Красный цвет – газ  
Fig. 1. Uneven distribution of the largest hydrocarbon fields in the world. Green – oil. Red – gas

квазиметаллическим ядром Протоземли, мгновенно существенно меняя его состав.

В результате окклюзии атомов легких элементов в металлические решетки вещества ядра возникают соединения типа гидридов, карбидов. Первичная концентрация всех элементов, включая радиоактивные элементы в ядре Протоземли, нарушается и принимает новый хаотичный порядок распределения.

По мнению автора, неоднородность состава изначально металлического ядра Земли, вызванная его катастрофической гидридизацией в процессе столкновения/частичного слияния Земли с крупным ледяным телом на ранней стадии развития планеты, является основной причиной уникальности Земли, основным двигателем ее развития.

Механизм дифференциации тяжелых элементов, ведущий к формированию, росту и уплотнению внутреннего ядра, являлся важным элементом развития Земли, особенно в плане формирования зон с критическим содержанием радиоактивных элементов в ядре, т.к. без радиогенного разогрева дегазационные циклы были бы не возможны.

Радиоактивный разогрев уплотняющегося внутреннего ядра в результате длительной плотностной дифференциации вещества в первые 2 млрд лет после столкновения, начиная с протерозоя, приводил к локальному радиогенному разогреву внутреннего ядра и к циклической водородной дегазации водорода и других легких элементов из внутреннего и внешнего ядра в результате разрыва ионных связей, распада гидридов, карбидов, нитридов и т.д. и формирования диффузных потоков внутри внешнего ядра и нижней мантии, а также восходящих дегазационных потоков в верхнюю мантию. Эти потоки выносили в верхнюю мантию совместно с легкими элементами и некоторые тяжелые элементы из ядра и нижней мантии.

Циклы дегазации существенно различались по интенсивности и по химическому составу дегазационных потоков. Первыми доминирующими дегазационными элементами были, вероятно, те, которые имели наиболее слабые физико-химические связи с металлами ядра. Это, скорее всего, азот, кремний, углерод и сера, затем кислород и только потом водород. Поэтому циклы дегазации отличались по масштабу и по составу летучих

компонентов. Это влияло на химизм процессов в нижней и верхней мантии, а затем и на геологические процессы в астеносфере и коре. Последовательность таких циклов определяла динамику развития литосферы и атмосферы.

В начале каждого цикла дегазации на границе внешнего ядра и нижней мантии возникают зоны, насыщенные водородом и легкими примесями (кислородом, углеродом, азотом, серой), которые создают зоны разуплотнения и гравитационной нестабильности в нижней мантии.

Избыточное давление на границе внешнего ядра приводит к прорыву дегазационных потоков и к продвижению разуплотненного вещества в верхнюю мантию, а также создает предпосылки для дальнейшего заполнения разряженных разуплотненных субвертикальных зон более тяжелым окружающим веществом под воздействием гравитационного поля. Это приводит к вертикальному и горизонтальному перемещению вещества в нижней и верхней мантии.

В результате дегазации внутреннего ядра оно уменьшается в размерах, а внешнее ядро и особенно мантия за счет поступления легких элементов сильно увеличиваются в объеме. Увеличение объема мантии происходит за счет того, что дегазированные из внутреннего ядра легкие элементы, которые находятся внутри сверхплотных кристаллических решеток ядра, не занимают там дополнительный объем, а, наоборот, содействуют уплотнению вещества ядра. Попадая в мантию, они создают объем в виде протонного газа во внешнем ядре и низах нижней мантии, а затем в верхней мантии реализуют себя в различных видах химических соединений с другими связями, генерируя при этом значительное увеличение объема вещества. В результате этих процессов происходит увеличение объема Земли, в основном за счет увеличения объема мантии.

Увеличение объема мантии в масштабе геологического времени существования Земли было скачкообразным, синхронным с дегазационной циклическостью, медленным до палеозойского периода и резко ускорившимся на границе палеозоя и мезозоя, достигнув максимума в мезозое и постепенно сглаживаясь в кайнозое.

Перемещение вещества, связанное с дегазацией ядра и гравитационным выравниванием вещества в пределах почти симметричной квазিশарообразной геометрии Земли, является основной движущей силой всех глубинных процессов Земли. Силы гравитации предопределяют геоидную форму планеты, компенсируя аномалии плотности вещества, создаваемые дегазационными циклами — перемещением вещества во всех внутренних сферах. Инерция (запаздывание реакции) гравитационного поля Земли на изменения, вызываемые дегазационными потоками, объясняет наличие асимметрии Земли и гравитационные аномалии различных порядков. Энергетический потенциал Земли как термодинамической системы связан с наличием гидридов и примесей в металлическом ядре, а также энергией определенного количества радиоактивных элементов в веществе ядра. Самая высокая плотность вещества Земли и самый большой размер ядра среди планет земной группы являются дополнительными показателями уникального энергетического потенциала (рис. 3). Этот энергетический потенциал Земли, являющейся открытой термодинамической системой, больше, чем у остальных планет земной группы, однако он постоянно расстраивается в процессе водородно-углекислотной дегазации и диссипации легких элементов в верхних слоях атмосферы. Основным теплоносителем является водород, подчиненное значение имеют углерод, кислород, азот и сера. Объемы диссипации водорода и гелия в период бурной дегазации, по-видимому, были на порядки больше современных.

Современные процессы и масштабы диссипации требуют дополнительного изучения и уточнения.

Начиная с фанерозоя, наиболее значительные движения вещества, связанные с дегазацией и гравитационным выравниванием, происходят уже в верхней мантии, где эти перемещения имеют самый разнообразный характер: латеральный и вертикальный. Глубинная циркуляция между верхней мантией и нижней мантией, по-видимому, продолжает происходить постоянно, но все менее интенсивно. Доминирующим направлением движения вещества в фанерозойское время было движение вещества вверх от ядра к поверхности планеты.



Рис. 2. Протоземля столкнулась с ледяным телом из пояса Койпера. В результате столкновения основная часть вещества мантии Протоземли была потеряна. Металлическое ядро Протоземли захватило значительный объем вещества ледяного тела, которое интегрировалось в структуру ядра нашей планеты  
Fig. 2. Proto-Earth collided with an icy body from the Kuiper belt. As a result of the collision, the bulk of the material of the Proto-Earth mantle was lost. The metal core of Proto-Earth captured a significant volume of the substance of the ice body, which was integrated into the structure of the core of our planet

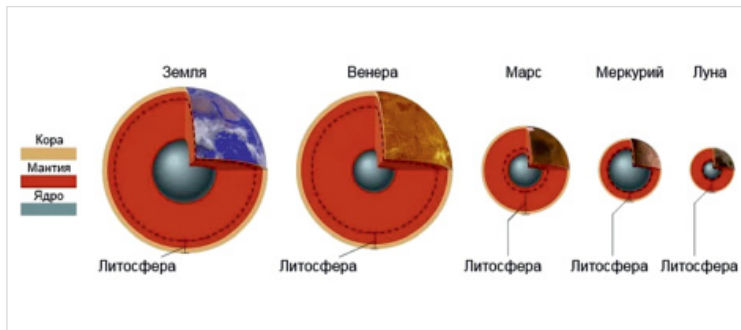


Рис. 3. Земля имеет самое большое ядро среди планет земной группы и самую высокую плотность вещества, что может служить косвенным подтверждением того, что до столкновения размер нашей планеты был больше, чем в настоящее геологическое время. Сегодняшняя Венера — это примерно то, что представляла бы собой Земля, если бы не пережила столкновение с Теей, только меньшего размера  
Fig. 3. The Earth has the largest core among the planets of the “terrestrial” group and the highest density of matter, which may serve as an indirect confirmation that the size of our planet was larger before the collision. Today’s Venus is roughly what the Earth would be if it had not experienced a collision with Thea, only of a smaller size



Вещество верхней мантии постоянно перемещается и передает часть своего движения литосфере. Распределение этого воздействия на литосферу происходит по всей поверхности Земли.

Самые разнообразные деформации в литосфере, включая орогенез, рифтогенез, формирование и развитие срединно-океанических хребтов, разломов, лениаментов, надвиговые/поддвиговые деформации, шарьяжи, складчатость различных типов и различные комбинации этих дислокаций являются отражением сложных дегазационно-гравитационных движений вещества в верхней мантии. Об этом свидетельствуют также «вихревая» геометрия разрывных и раздвиговых дислокаций больших сегментов океанской и «океанизированной» коры [12] и локальные структуры горизонтального сдвига с кулисообразным распределением разрывных нарушений в сегментах континентальной коры [17]. Интенсивность таких движений вещества, их площадное распределение и геометрия в верхней мантии обусловлены комбинацией воздействия процессов дегазации и гравитации.

На участках максимального горизонтального движения из-за трения происходит нагрев и расплавление вещества верхней мантии и литосферы и формируется слой астеносферы.

Океаны в их геологическом понимании являются следствием значительного увеличения объема верхней мантии, произошедшего в мезокайнозой, в результате крупнейшего дегазационного цикла, возникновения новых больших сегментов базальтовой коры и в итоге растаскивания, деградации и океанизации протерозойских, архейских и палеозойских сегментов гранитной коры.

Дегазация и гравитация воздействовали и воздействуют на поверхность планеты постоянно, но неравномерно по площади и с разной интенсивностью. Наиболее активно дегазируется поверхность и находящаяся под ней мантия молодой океанической коры. По мере завершения основной фазы дегазации объем подстилающей мантии, освобождающийся от легких элементов, уменьшается, вещество дегазированной верхней мантии уплотняется за счет латерального перераспределения гравитационного давления. При этом может происходить субрадиальное «сжатие» огромных участков подстилающей океанскую кору мантии. Возможно, подобные процессы могли являться причиной формирования глубоких желобов, окружающих Тихий океан, а также быть одной из причин особенностей строения определенных сегментов Средиземного, Черного и Каспийского морей.

Граничные зоны океанической и континентальной коры имеют различные типы сочленения и взаимодействия, включая различные формы поддвигов и надвигов. Под воздействием дегазационных и гравитационных процессов отдельные сегменты океанской коры чаще могут погружаться под континентальную кору. Явление «субдукции», по мнению автора, является разновидностью взаимодействия океанской коры с граничащей континентальной корой в результате «наползания» участков континентальной коры на фрагменты океанской коры в условиях гравитационного сжатия больших участков мантии под океанской корой.

Взаимодействие океанской и континентальной коры на таких участках может иметь пульсирующий режим, зависящий

от характера совместного или поочередного влияния дегазационных и гравитационных процессов в мантии на данный участок комбинированной коры. Об этом свидетельствуют чередующиеся во времени и соседствующие друг с другом зоны растяжения и сжатия в северной и западной частях тихоокеанской окраины. Наличие зон погружения океанской коры под континентальную представляет собой лишь частный случай взаимодействия океанской и континентальной коры, присущий исключительно отдельным сегментам Тихого океана и Карибского моря.

Дегазация и гравитационное выравнивание являются двумя основными процессами, контролирующими развитие планеты. Перечисленные выше факторы объединяются автором в базисные положения дегазационно-гравитационной гипотезы эндогенного развития Земли. Безусловно, третьим крайне важным фактором, требующим отдельного обсуждения и оказавшим влияние на развитие Земли, является внешнее воздействие, включая столкновения с различными космическими объектами.

Вопросы дегазации Земли давно находятся в центре внимания ведущих исследователей Земли [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 25]. По сей день не существует единого мнения о причинах дегазации, ее реальных масштабах, динамике в процессах развития Земли и о роли дегазации в процессах развития внутренних оболочек Земли, литосферы, атмосферы и гидросферы. Отдельным глубоко обсуждаемым вопросом является роль дегазации в генезисе УВ [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 25].

Вопросам альтернативного развития Земли, связанным с влиянием дегазации, посвящены работы известных исследователей [6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16]. Существующая теория гибридной Земли, разработанная В.Н. Лариным, геохимическая кислородно-водородная модель Земли, предложенная Н.П. Семеновым, ряд работ и положений, выработанных А.А. Маракушевым, составили базис для предлагаемой автором дегазационно-гравитационной гипотезы. Все перечисленные исследователи по-своему видели причины наличия соединений водорода в ядре планеты, взаимосвязь между гибридным изначальным составом ядра Земли и основные физические механизмы развития планеты; по-разному трактовалось ими и влияние эндогенных процессов на эволюцию литосферы, а также на связь истории развития планеты с происхождением различных полезных ископаемых. Предлагаемая автором гипотеза представляет собой самостоятельное видение происхождения земного водорода при принятии выработанного В.Н. Лариным механизма дегазации ядра и увеличения объема мантии. Однако последовательность и масштабы цикличности дегазации предлагаются автором рассматривать не как равномерные по всему ядру, а изначально локальные, различные по составу дегазационных элементов, по объему и по физическим и геологическим последствиям. Автором разделяется мнение Н.П. Семенова о гораздо более широком, чем водородный, химическом составе дегазации. Механизмы развития литосферы выглядят в предлагаемой гипотезе иначе и не имеют связи с механизмами, предлагаемыми в теории тектоники литосферных плит, а предлагаемый В.Н. Лариным механизм «тектоногена» рассматривается как один из многих вариантов воздействия дегазационного вещества на литосферу.

## Развитие Земли в рамках дегазационно-гравитационной гипотезы:

- геологическое и тектоническое развитие происходило неравномерно и подчинялось различным факторам на протяжении времени существования планеты. Приблизительно эту историю можно разделить на две основные части: «до столкновения» и «после». Стадию «после столкновения» можно разделить на пять основных периодов: а) начальная бурная дегазация и первичное гравитационное выравнивание; б) формирование гранитной литосферы в результате переплавления начальной коры в присутствии большого количества воды (кислорода), дифференциация глубинного вещества в мантии я ядре. Затем герметизация и снижение уровня дегазации из-за наличия новой гранитной оболочки. Продолжительная консервация тектонических процессов; в) возобновление локальной дегазации в результате увеличения температуры из-за ядерных реакций в сегментах уплотненного ядра, возобновление тектонической активности; г) стадия максимальной дегазации. Увеличение объема и активного движения вещества мантии. Начало и бурное развитие процесса океанизации, растаскивание и деградация гранитной литосферы; д) затухание главного цикла дегазации, прекращение увеличения объема мантии. Гравитационное перераспределение вещества — активный орогенез;
- все периоды известной складчатости связаны с отдельными крупными циклами дегазации, которые имеют отношение к последним трем периодам (с, d, e), обозначенным в предыдущем пункте;
- диффузионные процессы в ядре прошли активную фазу, хотя до сих пор не завершены полностью и носят сложный итерационный характер, в связи с цикличностью ядерной активности во внутреннем ядре. Концентрация радиоактивных элементов в локальных зонах приводит к ядерным реакциям, провоцирующим дегазационные циклы и выбросы легких элементов из ядра в нижнюю мантию. Гравитация контролирует распределение дегазационных потоков через диффузионные процессы в нижней, средней и верхней мантии. Наиболее активное латеральное перемещение вещества происходит в верхней мантии. Во время интенсивных циклов дегазации гравитационное выравнивание «запаздывает» во всех оболочках планеты. Запаздывание гравитационного выравнивания тем сильнее, чем глубже оболочка;
- верхняя мантия и астеносфера неравномерно разуплотнены в результате накопления продуктов дегазации в зонах граничных с литосферой;
- латеральные и вертикальные движения в верхней мантии контролируются воздействием гравитационного поля и интенсивностью дегазационного разуплотнения вещества на границе верхней мантии и литосферы. Эти движения могут иметь разнонаправленный характер и приводят к медленному обмену веществом средней и верхней мантии. Движения вещества в верхней мантии приводят к дислокациям в земной коре, которые в отдельных случаях могут иметь обратимый характер и зависеть в своем структурном развитии от текущих векторов движения вещества

на некоторых участках верхней мантии, от интенсивности подтока дегазационных порций на границу с литосферой, а также от скорости расформирования под подошвой коры скоплений глубинных газов и от изменения насыщения верхней мантии лёгкими элементами под данным участком коры, в процессе дегазации происходящей через проницаемые зоны литосферы. Таким образом, верхняя мантия воздействует на литосферу, вызывая разнонаправленные перемещения отдельных участков коры и соответствующие им многочисленные и многообразные деформации различных типов коры;

- циклическая и фоновая дегазация вещества внутреннего ядра во внешнее ядро и в мантию, создающая перемещение протонного газа во внешнем ядре, являются причиной существования магнитного поля и его инверсий. Инверсии магнитного поля контролируются процессами гравитационной компенсации вещества во внешнем ядре, а также внешним гравитационным воздействием на Землю;
- подвижные пояса обязаны своим происхождением зонам длительного

квазилинейного разуплотнения вещества верхней мантии, являются и являлись в прошлом зонами компенсации латеральных и вертикальных движений в верхней мантии, связанных с выравниванием гравитационного поля Земли после активных внедрений в мантию дегазационных выбросов. Подобные пояса переживали периоды растяжения, сжатия и периоды разнонаправленных вертикальных движений. В определенные периоды жизни пояса превращались в зоны протяженных прогибов, формирующих моря с участками переходной коры, а затем испытывали разновозрастной орогенез. Некоторые из подвижных поясов были преддверием зон роста океанической коры, некоторые остановились в развитии на стадии молодых рифтов, некоторые сохранили основные черты включая латеральную и/или вертикальную подвижность до наших дней (Гималайско-Альпийский складчатый пояс, Кордильеры, Анды), некоторые завершили свое развитие, превратившись в сублинейные горные системы (Урало-Монгольский складчатый пояс, Аппалачи);

- океанская кора является результатом расширения Земли в палеозое, мезозое и кайнозое. Континентальная кора формировалась длительный период времени вокруг древних кратонов, начиная с катархея по мезозой, в результате многократного переплавления базальтов в граниты, перетотложения и метаморфизма гранитоидных пород в гранитогеицы в условиях значительного изначального содержания воды и легких компонентов. Воздействие дегазации и гравитации на океанскую и континентальную кору различно. Океанская кора появилась исключительно за счет роста объема мантии и расширения Земли, а также за счет дегазации континентальной коры и вовлечения ее в процесс океанизации [13]. Вся появившаяся в последние 350 млн лет океанская кора постоянно находилась под одновременным воздействием сил неравномерного расширения и сил гравитации, испытывала линейные перемещения по линиям хребтов и трансформных разломов, что визуально прослеживается в виде сеток линеаментов по всей поверхности океанской коры.

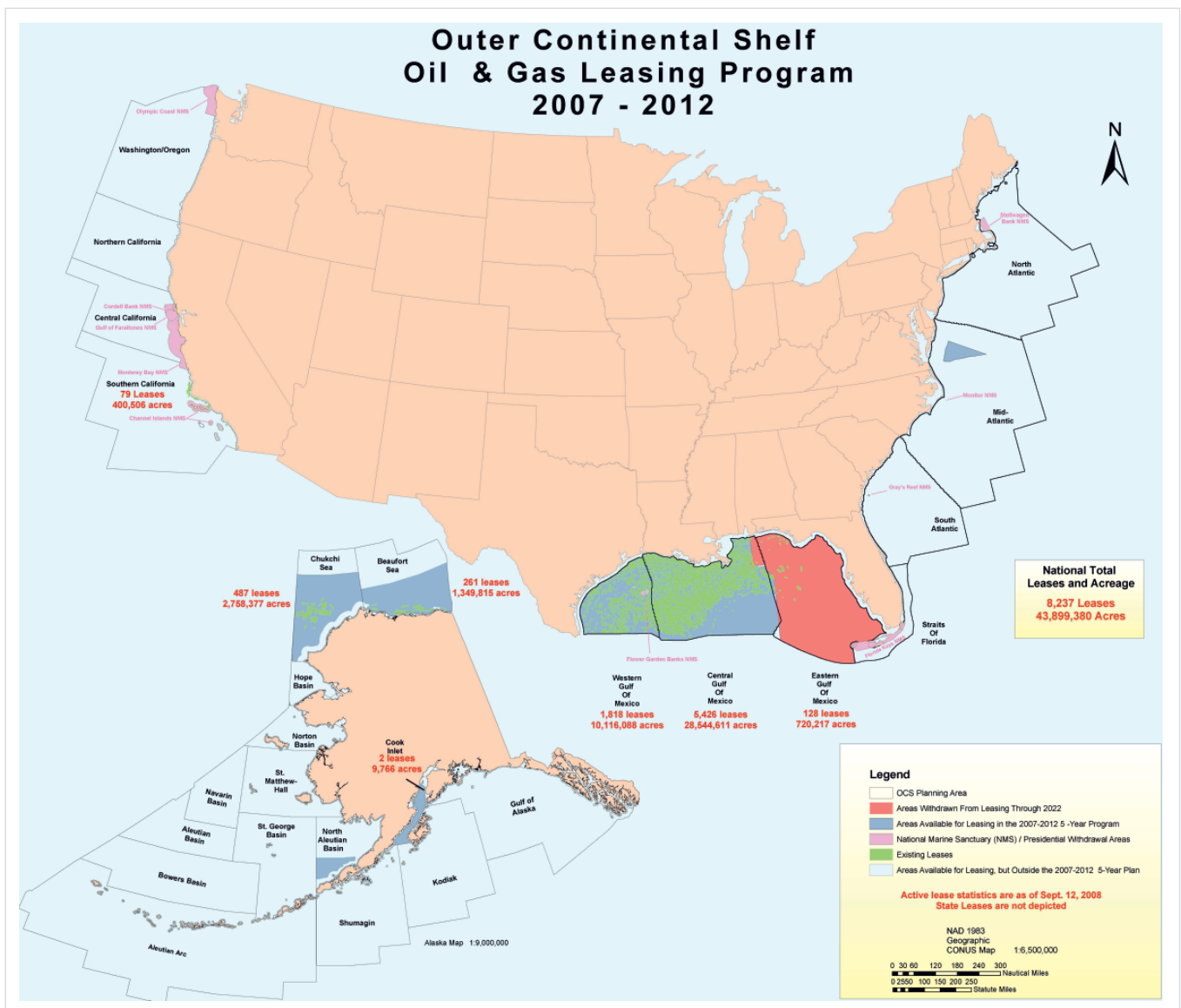


Рис. 4. В США почти 100 % всех шельфовых территорий были запланированы к лицензионному конкурсному распределению для производства поисковых работ на нефть и газ уже в самом начале XXI столетия  
 Fig. 4. In the United States, almost 100 % of all offshore areas were planned for licensing and competitive distribution for the production of prospecting works for oil and gas at the very beginning of the XXI century

Континентальная кора, являясь значительно более мощной и жесткой, при одновременном воздействии сил расширения и гравитации ведет себя по-другому. Она растрескивается, образуя островные архипелаги, окруженные океанской корой и корой переходных типов, испытывает погружение в зонах зарождения тектоногенов (тектоноген — зона коры, подверженная интенсивному локальному воздействию дегазации [6, 7] и вздымание в зонах угасания тектоногенов. Континентальная кора подвергалась влиянию сил расширения мантии и гравитации одновременно с воздействием растягивающих и сжимающих действий, связанных с гравитационной компенсацией/выравниванием геодной формы Земли, что привело к образованию различных дополнительных видов складчатости и различных по протяженности зон растяжения коры, чехла и иных тектонических форм (надвигов, шарьяжей, поднадвигов, кручений). Отдельные блоки литосферы континентальной и океанической в результате вышеописанных воздействий испытывают взаимное влияние, приводящее к коллизиям в граничных областях данных блоков, включая надвиги, поддвиги. Движения коры в результате воздействия разнонаправленных перемещений вещества верхней мантии принимали разновекторные характеристики, включая «вихревые» движения, приводящие к возникновению в осадочном чехле разновеликих, структурных объектов с круговым «цветковым» или «кулисным» разломным оперением [17]. Все эти процессы вызывают вязкое трение в астеносфере с повышением температуры и жесткое трение в литосфере, что вместе является триггером для сейсмоактивности и магматизма, а также для прорыва флюидов дегазации через фундамент в осадочный чехол;

- дегазация является основным фактором, влияющим на состав и эволюцию атмосферы. Часть легких элементов при движении вверх через атмосферу вовлечена в процесс диссипации, что приводит к исчерпанию энергетического потенциала Земли.

#### Аспект нефтегазоносности исходя из дегазационно-гравитационной гипотезы

Дегазационно-гравитационная гипотеза позволяет иначе взглянуть на многие вопросы, связанные с происхождением различных видов полезных ископаемых, включая металлогенез, а также на существующие проблемы нефтегазовой геологии и по-иному рассматривать перспективы новых открытий.

Неравномерность распределения уже известных запасов углеводородов в недрах Земли не находит уверенных объяснений в рамках существующих доктрин развития планеты (рис. 1).

Дегазационно-гравитационная гипотеза дает ключ к пониманию факторов, влияющих на неравномерность распространения крупных и гигантских месторождений нефти и газа в различных сегментах земной коры.

Вертикальные дегазационные потоки водорода, метана, углекислоты и воды, прорываясь из верхней мантии в ослабленные зоны литосферы, относительно быстро дегазируются в атмосферу или создают зоны глубокой начальной аккумуляции метана и других

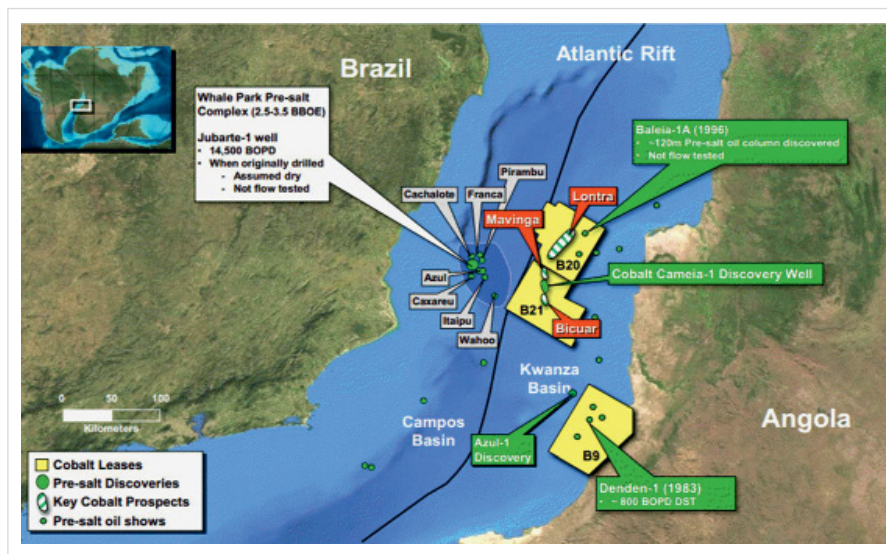


Рис. 5. Распределение открытых и предполагаемых месторождений УВ в подсолевых отложениях в краевых частях пассивных океанических окраин акватории Атлантического океана (зеленый цвет)

Fig. 5. Distribution of discovered and prospective hydrocarbon deposits in subsalt sediments in the marginal parts of the passive oceanic margins of the Atlantic Ocean (green)

легких газов, часть из которых в дальнейшем может, медленно мигрируя через разломные и пористые зоны фундамента и чехла, формировать газовые и нефтяные месторождения. Нефтяные скопления развиваются там, где для метана и водорода возникают условия формирования простейших соединений с азотом, фосфором и серой в присутствии сообществ литосферных микроорганизмов, подвергающих флюидопоток сложной многоступенчатой эволюции, трансформируя его в сложные жидкие углеводороды, которые в дальнейшем в дисперсном состоянии вместе с газом мигрируют вверх к ловушкам аккумуляции [21].

Первичные водонасыщенные осадочные породы, с большой степенью вероятности, являлись колыбелью жизни на Земле. Первые миллиарды лет жизнь на Земле была представлена именно простейшими: археями, прокариотами и т.д., многочисленные семейства которых по мере погружения сегментов осадочного чехла приспособились к жизни на огромных глубинах. Потоки глубинных флюидов являлись источником необходимых энергопроизводящих веществ и катализаторов для всего разнообразия процессов подземной жизни. Способность к продолжительному анабиозу обеспечивает многомиллионнолетнюю выживаемость представителей подземного микромира в периоды временных изменений условий среды. Баланс температуры и давления определяет максимальные глубины выживаемости микроорганизмов.

Природный газ, при наличии технических возможностей, может быть найден под любыми надежными барьерами в условиях континентальной, переходной и морской коры, до глубин, составляющих несколько десятков тысяч метров. Вероятность открытия зон газонакопления в нестандартных коллекторах с высоким содержанием водорода возрастает с глубиной. Большая часть запасов природных газов пока не открыта из-за технической недостижимости. Нефть, как правило, находят там, где присутствуют континентальные или постконтинентальные водонасыщенные осадочные породы или проницаемые породы фундамента, в которых сложились условия

для существования многоэтажного мира подземной биоты. Максимальная глубина залегания нефтяных залежей, которые будут обнаружены в будущем, из-за температурных ограничений вряд ли превысит 15 000 м.

Мощные дегазационные потоки через океанскую кору в основном рассеиваются в гидросфере и атмосфере из-за отсутствия стабильных покрышек. Поэтому основные объекты поиска нефти и газа представляют собой участки коры континентального или переходного типов, имеющие каналы, разломы или зоны трещиноватости, обеспечивающие условия для вертикальной миграции и аккумуляции дегазационных флюидов под зонами хороших покрышек. Большой интерес представляют собой как внутренние моря, так и почти все континентальные окраины и шельфовые акватории, зоны заливов, дельты и палеодельты, имеющие развитый осадочный чехол (рис. 4). В комбинации с дегазационным потенциалом океанской и переходной коры наличие коллекторов и надежных покрышек в окраинных сегментах шельфа может быть хранилищем существенных запасов УВ, отдельные из которых могут быть восполняемыми [20]. Дополнительно, в ближайшем будущем, при дальнейшем развитии методов сейсмозазведки и иных методов отдельным перспективным направлением может стать поиск залежей газа под базальтовыми покрышками на акваториях океанов, не имеющих осадочного чехла.

Крупные и гигантские скопления УВ связаны с сегментами литосферы, испытывавшими продолжительные по времени и/или значительные по объему проявления дегазационного флюидопотока, в тех случаях, когда на таких участках литосферы присутствуют крупные резервуары и надежные региональные покрышки.

Базовые положения для поисковых задач, направленных на идентификацию крупных скоплений УВ, исходя из дегазационно-гравитационной гипотезы предполагают:

1. наличие глубинных механизмов формирования углеводородов в результате глубокой дегазации, позволяющее считать, что основные ресурсы/запасы УВ до сих пор не были открыты



из-за различных технических ограничений поискового процесса и могут быть открыты в дальнейшем;

- поиски углеводородов в породах фундамента и глубокозалегающих отложениях приобретают новый существенный интерес;
- выявление структурных особенностей, связанных с неотектоническими событиями (современными, четвертичными и неогеновыми), включая идентификацию структур горизонтального сдвига [17], служащих важным фактором для миграции дегазационных флюидов через фундамент в осадочный чехол, представляет огромный интерес в плане обнаружения «свежих» зон аккумуляции УВ в разновозрастных отложениях;
- одной из поисковых задач становится выявление восполняемых зон накопления УВ, в первую очередь зон аккумуляции природных газов;
- основными целями для поиска крупных и гигантских скоплений УВ являются:
  - зоны развития рифтов, унаследованного или циклического типа;
  - наложенные континентальные и морские впадины, включая впадины внутриконтинентальных и окраинных морей;
  - зоны деградации континентальной коры в граничных зонах океанов и окраинных морей;
  - континентальные локальные или линейные зоны трещиноватости фундамента, обеспечивающие подпитку осадочного чехла дегазационными флюидами из подкорового пространства;
  - комбинации перечисленных выше элементов;
- большая часть шельфовых акваторий, включая пассивные окраины континентов, также является целью для поиска значительных по запасам скоплений УВ (рис. 4, 5). Причиной этому является наличие в подобных зонах периодически проницаемых «стыковых» нарушений между разными блоками коры.

Важным для понимания региональной нефтегазоносности на уровне бассейнов является изучение «проницаемости» или палеопроницаемости фундамента, связанной с разломами и трещиноватостью, субвертикальными трубными каналами в фундаменте и осадочном разрезе каждого изучаемого бассейна. Крайне актуальными становятся методы глубинного исследования фундамента. Выявление морфологических и геофизических признаков проницаемости осадочного чехла и фундамента в результате неотектонической активности в локальном масштабе, включая структуры растяжения фундамента и чехла, «структуры горизонтального сдвига» [17], на уровне бассейнов, с использованием данных сейсморастворки, космосъемки, становится одной из основополагающих задач при поиске новых зон аккумуляции УВ.

Степень «проницаемости» фундамента и части осадочного чехла для водородно-метановой дегазации, интенсивность дегазационных потоков и время их проявления, а также набор коллекторов и герметичность покрышек определяют текущий ресурсный потенциал бассейна. Возраст, тип пород осадочного чехла, их физические и коллекторские свойства, а также степень насыщения фундамента и осадочного чехла микроорганизмами определяют тип и разновидности углеводородов в залежах.

Основными факторами, контролирующими формирование гигантских и крупных

скоплений УВ в пределах нефтегазоносного бассейна, являются:

- наличие на локальном участке континентальной или переходной коры зон догвременной или недавней глубинной дегазации, обусловленной глубинными газовыми скоплениями в подкоровом пространстве или прорывами дегазационного вещества в осадочный чехол;
  - наличие хорошо развитых коллекторов и покрышек в стратиграфических горизонтах осадочного чехла или фундамента бассейна;
  - насыщение пород фундамента и осадочного чехла микроорганизмами, влияющими на многостадийную переработку дегазационного вещества в сложные органические соединения, формирующие состав нефтяных залежей;
  - уровень неотектонической активности на исследуемом участке.
- Неотектонические процессы и землетрясения, увеличивающие «проницаемость» фундамента и осадочного чехла, являются дополнительным важным фактором для понимания условий формирования месторождений сланцевой нефти и сланцевого газа. Комбинация наличия выдержанного распространения покрышек и низзалегających сланцевых пород определенного типа на значительных площадях, расположенных над глубинными зонами аккумуляции газов дегазации, при воздействии неотектонических движений, генерирующих развитие систем трещиноватости, в настоящее время (и в прошлом) предопределяют высокую вероятность формирования крупных зон газонакопления в слабопроницаемых сланцевых породах, в том числе на небольших глубинах. В случае наличия микроорганизмов в сланцевых и подстилающих породах и фундаменте в этих же условиях формируются залежи сланцевой нефти.

#### Итоги

Предложена новая гипотеза динамического развития Земли, определяющая основными эндогенными факторами влияния глобальную дегазацию и гравитацию. Использование положений данной гипотезы позволяет по-новому взглянуть на историю и движущие силы развития литосферы, причины дегазации и ее роль в формировании крупнейших зон нефтегазоаккумуляции.

#### Выводы

В рамках предложенной гипотезы даются объяснения причинам уникальности физического, химического и геологического отличия Земли от планет своей группы. Предложен новый подход к определению перспектив нефтегазоносности и их связь с процессами дегазации.

#### Литература

- Валяев Б.М. Проблема генезиса нефтегазовых месторождений: теоретические аспекты и практическая значимость // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: Геос, 2006. С. 14–22.
- Дмитриевский А.Н. Теоретические основы и механизмы формирования энергоактивных и флюидонасыщенных зон Земли. М.: ГЕОС, 2011. 33 с.
- Шустер В.Л., Пуанова С.А. Новый взгляд на перспективы нефтегазоносности глубокозалегающих доюрских отложений Западной Сибири // Георесурсы. 2018.

Том 20. № 2. С. 67–80.

- Кропоткин П.Н. Дегазация Земли и происхождение углеводородов // Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. 1986. Том XXXI. № 5. С. 60–67.
- Кудрявцев Н.А. Глубинные разломы и нефтяные месторождения. Ленинград: Гостоптехиздат, 1963. 220 с.
- Ларин В.Н. О роли водорода в развитии Земли. Научные собрания. М.: ИМГРЭ, 1971. Вып. 6. 79 с.
- Ларин В.Н. Наша Земля (Происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар, 2005. 242 с.
- Маракушев А.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. М.: Наука, 1992. 204 с.
- Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 252 с.
- Маракушев А.А., Маракушев С.А. Происхождение и флюидная эволюция Земли // Пространство и время. 2010. № 1. С. 98–118.
- Никитин М. Происхождение жизни. От туманности до клетки. М.: АНФ, 2016. 542 с.
- Мирлин Е.Г., Кононов М.В., Мионов Ю.В. Вихревые движения в литосфере при океаногенезе // Фундаментальные исследования океанов и морей. Кн. 2. М.: Наука, 2006. С. 86–111.
- Орленок В.В. История океанизации Земли. Калининград: Янтарный сказ, 1998. 248 с.
- Семененко Н.П. Континентальная кора. Киев: Наукова думка, 1975. 198 с.
- Семененко Н.П. Геохимическая кислородно-водородная модель Земли. Киев: Наукова думка, 1974. 16 с.
- Семененко Н.П. Кислородно-водородная модель Земли. Киев: Наукова думка, 1990. 246 с.
- Тимурзиев А.И. Новейшая сдвиговая тектоника осадочных бассейнов: тектонофизический и флюидодинамический аспекты (в связи с нефтегазоносностью). М.: Центральная геофизическая экспедиция, 2009. 40 с.
- Шевченко И.В. Изучение перспектив нефтегазоносности Южного Каспия на основе новых представлений о геодинамическом развитии региона // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 4. С. 9–15.
- Шевченко И.В., Силкин С.А. Изучение распределения концентраций водорода в осадочном чехле юго-западной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Экспозиция Нефть Газ. 2015. № 6. С. 49–51.
- Шевченко И.В. О восполняемости запасов углеводородов // Экспозиция Нефть Газ. 2017. № 2. С. 28–33.
- Шевченко И.В. Дегазация Земли, простейшие формы жизни и углеводороды // Экспозиция Нефть Газ. 2017. № 7. С. 12–17.
- Хейзен Р. История Земли. Москва: АНФ, 2018. 390 с.
- Asphaug E. Impact origin of the Moon? Annual review of Earth and planetary sciences, 2014, issue 42, P. 551–578. (In Eng).
- Canup R.M., Asphaug E. Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth formation. Nature, 2001, Vol. 412, P. 708–712. (In Eng).

25. Gold T., Soter S. The deep Earth gas hypothesis. *Scientific American*, 1980, Vol. 242, issue 6, P. 154–161. (In Eng).
26. Goldblatt C., Zahnle K.J., Sleep N.H., Nisbet E.G. The eons of Chaos and Hades. *Solid Earth*, 2010, issue 1, P. 1–3. (In Russ).
27. Lock S.J., Stewart S.T. The structure of terrestrial bodies: impact heating, corotation limits and synestias. *JGR Planets*, 2017, Vol. 122, issue 5, P. 950–982. (In Eng).
28. Lock S.J., Stewart S.T., Petaev M.I., Leinhardt Z., Mace M.T., Jacobsen S.B., Cuk M. The origin of the Moon within a terrestrial synestia. *JGR Planets*, 2018, Vol. 123, issue 4, P. 910–951. (In Eng).
29. Martin H., Albarède F., Claeys P. et al. Building of habitable planet. *Earth, Moons and Planets*, 2006, Vol. 98, issue 1–4, P. 97–151. (In Eng).
30. Montmerle T., Augereau J.C., Chaussidon M. et al. Solar System formation and early evolution: the first 100 million years. *Earth, Moons and Planets*, 2006, vol. 98, issue 1–4, P. 39–95. (In Eng).
31. Morbidelli A., Levison H.F., Tsiganis K., Gomes R. Chaotic capture of Jupiter's Trojan asteroids in the early Solar System. *Nature*, 2005, Vol. 435, issue 7040, P. 462–465. (In Eng).

## ENGLISH

### Results

A new hypothesis of the Earth's dynamic development is proposed, which determines the main endogenous factors of influence – global degassing and gravity. The use of the provisions of this hypothesis allows us to take a fresh look at the history and driving forces of the development of the lithosphere, the causes of degassing and its role in the formation of the largest zones of oil and gas accumulation.

### Referens

- Valyaev B.M. The problem of genesis of oil and gas fields: theoretical aspects and practical importance. *Genezs hydrocarbon fluids and deposits*. Moscow: Geos, 2006, P. 14–22. (In Russ).
- Dmitrievsky A.N. Theoretical foundations and mechanisms of formation and fluid-saturated zones of the Earth. Moscow: GEOS, 2011, 33 p. (In Russ).
- Schuster V.L., Puanova S.A. A new approach to the prospects of the oil and gas bearing of deep-seated Jurassic deposits in the Western Siberia. *Georesources*, 2018, Vol. 20, P. 67–80. (In Russ).
- Kropotkin P.N. Degassing of the Earth and the origin of the hydrocarbons. *Journal of the all-union chemical society D.I. Mendeleeva*, 1986, Vol. XXXI, issue 5, P. 60–67. (In Russ).
- Kudryavtsev N.A. Deep faults and oil fields. Leningrad: Gostoptekhizdat, 1963, 220 p. (In Russ).
- Larin V.N. On the role of hydrogen in the development of the Earth. *Scientific meetings*. Moscow: IMGRE, 1971, issue 6, 79 p. (In Russ).
- Larin V.N. Our Earth (Genesis, composition, structure and development of original hydride Earth). Moscow: Agar, 2005, 242 p. (In Russ).
- Marakushev A.A. Origin and evolution of the Earth and the other planets of the solar system. Moscow: Nauka, 1992, 204 p. (In Russ).
- Marakushev A.A. Origin of the Earth and its endogenic activity. Moscow: Nauka, 1999, 252 p. (In Russ).
- Marakushev A.A., Marakushev S.A. Origin and fluid evolution of the Earth. *Space and time*, issue 1, P. 98–118. (In Russ).

### Conclusions

Within the framework of the proposed hypothesis, explanations are given for the reasons for the uniqueness of the physical, chemical and geological differences between the Earth and the planets of its group. A new approach to determining the prospects for oil and gas content and their relationship with degassing processes is proposed.

- Nikitin M. Life genesis. From nebula to cell, Moscow, ANF, 2016 (In Russ).
- Mirlin E.G., Kononov M.V., Mironov Y.V. Basic researches of oceans and seas, Moscow. (In Russ).
- Orlenok V.V. History of Oceanization of the Earth. Kaliningrad: Yantarny skaz, 1998, 248 p. (In Russ).
- Semenenko N.P. Continental crust. Kiev: Naukova dumka, 1975, 198 p. (In Russ).
- Semenenko N.P. Geochemical oxygen-hydrogen model of the Earth. Kiev: Naukova dumka, 1974, 16 p. (In Russ).
- Semenenko N.P. Oxygen-hydrogen model of the Earth. Kiev: Naukova dumka, 1990, 246 p. (In Russ).
- Timurziev A.I. The latest shear tectonics of sedimentary basins: tectonophysical and fluid-dynamic aspects (in connection with oil and gas content). Moscow: Tsentralnaya geofizicheskaya ekspeditsiya, 2009, 40 p. (In Russ).
- Shevchenko I.V. The South Caspian oil and gas perspectives study based on new conception of the regional geodynamic development. *Exposition Oil Gas*, 2013, issue 4, P. 9–15. (In Russ).
- Shevchenko I.V., Silkin S.A. The study of the hydrogen concentration structure in the sedimentary cover of the South-Western part of the Volga-Ural oil and gas province. *Exposition Oil Gas*, 2015, issue 6, P. 49–51. (In Russ).
- Shevchenko I.V. Recruitment rate of hydrocarbon reserves. *Exposition Oil Gas*, 2017, issue 2, P. 28–33. (In Russ).
- Shevchenko I.V. Earth degassing, elementary life forms and hydrocarbons. *Exposition Oil Gas*, 2017, issue 7, P. 12–17. (In Russ).
- Hazen R. The story of Earth. Moscow, ANF, 2018, 390 c. (In Russ).
- Asphaug E. Impact origin of the Moon? *Annual review of Earth and planetary sciences*, 2014, issue 42, P.551–578. (In Eng).
- Canup R.M., Asphaug E. Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth formation. *Nature*, 2001, Vol. 412, P. 708–712. (In Eng).
- Gold T., Soter S. The deep Earth gas hypothesis. *Scientific American*, 1980, Vol. 242, issue 6, P. 154–161. (In Eng).
- Goldblatt C., Zahnle K.J., Sleep N.H., Nisbet E.G. The eons of Chaos and Hades. *Solid Earth*, 2010, issue 1, P. 1–3. (In Russ).
- Lock S.J., Stewart S.T. The structure of terrestrial bodies: impact heating, corotation limits and synestias. *JGR Planets*, 2017, Vol. 122, issue 5, P. 950–982. (In Eng).
- Lock S.J., Stewart S.T., Petaev M.I., Leinhardt Z., Mace M.T., Jacobsen S.B., Cuk M. The origin of the Moon within a terrestrial synestia. *JGR Planets*, 2018, Vol. 123, issue 4, P. 910–951. (In Eng).
- Martin H., Albarède F., Claeys P. et al. Building of habitable planet. *Earth, Moons and Planets*, 2006, Vol. 98, issue 1–4, P. 97–151. (In Eng).
- Montmerle T., Augereau J.C., Chaussidon M. et al. Solar System formation and early evolution: the first 100 million years. *Earth, Moons and Planets*, 2006, vol. 98, issue 1–4, P. 39–95. (In Eng).
- Morbidelli A., Levison H.F., Tsiganis K., Gomes R. Chaotic capture of Jupiter's Trojan asteroids in the early Solar System. *Nature*, 2005, Vol. 435, issue 7040, P. 462–465. (In Eng).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Шевченко Игорь Валерьевич**, к. г.-м. н., технический советник, Управляющая компания «КорСарНефть», Москва, Россия  
**Для контактов:** [ivshevch@dol.ru](mailto:ivshevch@dol.ru)

**Shevchenko Igor Valerevich**, ph.d. of geologo-mineralogical sciences, technical adviser, “Corsarneft” Management Company, Moscow, Russia  
**Corresponding author:** [ivshevch@dol.ru](mailto:ivshevch@dol.ru)