

УДК 551.2.03

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art29

ПЛАНЕТАРНАЯ МАГМОФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ДЕГАЗАЦИЯ, БАСЕЙНО- И НАФТИДОГЕНЕЗ НА ЗЕМЛЕ

Астафьев Д.А., ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

E-mail: D_Astafiev@vniigaz.gazprom.ru

Аннотация. Приведены новейшие данные о глубинном строении, глубинной флюидодинамике, нафтидогенезе и дегазации тектонически активных поясов и областей Земли, в частности, осадочных и нефтегазоносных бассейнов (ОБ и НГБ). Показано, что ОБ и НГБ являются образованиями глобальной масштабности, они являются следствием конвективного процесса в коромантийной оболочке Земли и планетарной магмофлюидодинамической системы, стимулирующей конвективный процесс. Конвекция охватывает коромантийную оболочку на всю её толщину, включая слой D'' и частично верхний жидкий слой ядра Земли. Планетарная магмофлюидодинамическая система обеспечивает магматизм в тектонически активных поясах и областях, включая рифтовые системы, ОБ и орогены, пояса субдукции и апвеллинга в океанах. Восходящий мантийный магматизм под рифтовыми системами, ОБ и орогенами, как элемент планетарной магмофлюидодинамической системы, обеспечивает вынос водорода, углерода и других газов в растворенном состоянии в верхние слои мантии и земной коры с последующим выделением их в свободные фазы и участием водорода и углерода в синтезе, главным образом, метана и его радикалов сначала на глубинах ниже осадочного чехла, а затем, проникая в осадочный чехол, водород гидрирует органику и стимулирует процессы нафтидогенеза в значительно больших объёмах в породах осадочного чехла, где имеются высокие концентрации рассеянной органики. Показано, что рифтогенез, бассейно- и орогенез представляют собой эволюционный ряд единого дайвинг-деструктивно-конструктивного процесса континентогенеза, участвующего в глобальном конвективном процессе, обеспечивающем отвод тепловой эндогенной энергии Земли, дегазацию и полигенный нафтидогенез.

Ключевые слова: рифт, осадочный бассейн, ороген, дегазация, нафтидогенез, земная кора, мантия, конвективный процесс, магмофлюидодинамика.

PLANETARY MAGMOFLUIDODYNAMIC SYSTEM, DEGASSING, BASIN GENERATION AND NAPHTIDOGENESIS ON THE EARTH

Astafiev D.A., OJSC «Gazprom VNIIGAZ»
E-mail: D_Astafiev@vniigaz.gazprom.ru

Abstract. The latest data on the deep structure, deep fluid dynamics, naphthidogenesis and degassing of tectonically active belts and areas of the Earth, in particular, sedimentary and petroleum basins (SB and PB) are presented. It is shown that SB and PB are global scale formations, developed as a result of the convective process in the Earth's mantle and the planetary magma-fluid dynamics system, which stimulates the convective process. Convection covers the coromantium shell over its entire thickness, including the D'' layer and partially the upper liquid layer of the Earth's core. It provides magmatism in tectonically active belts and areas, including rift systems, SB and orogens, subduction and upwelling belts in the oceans. The ascending mantle magmatism under the rift systems, SB and orogens, as an element of the planetary magma-fluid dynamics system, ensures the transport of dissolved hydrogen, carbon and other gases into the upper layers of the mantle and the crust, followed by release into the gaseous phases and the participation of hydrogen and carbon in the methane and its radicals synthesis, first at depths below the sedimentary cover, and then, penetrating into the sedimentary cover, by hydrogenating organic matter hydrogen stimulates naphthidogenesis in much larger volumes in the sedimentary cover, where there are high concentrations of dispersed organic matter. It has been shown that rifting, basin generation and orogenesis is an evolutionary series of a single diving-destructive-constructive process of continental genesis involved in a global convection, ensuring the removal of thermal heat of the Earth, degassing and polygenic naphthidogenesis.

Keywords: rift, sedimentary basin, orogeny, degassing, naphthidogenesis, Earth's crust, Earth's mantle, convection process, magma-fluid dynamics.

Не решенные в полной мере проблемы бассейногенеза, дегазации, нафтидогенеза, в частности, глубинного (возможно мантийного) генезиса углеводородов (УВ) не могут иметь научного решения без знания строения коромантийной оболочки, её структурных особенностей, свойств вещества земной коры и мантии на разных глубинных уровнях, а также геодинамического механизма эволюции Земли. В этой связи с целью современного научного рассмотрения и решения указанных проблем обобщены новейшие геолого-

геофизические данные качественной сейсмотомографии, современные данные о строении мантии, земной коры и внешней (жидкой) оболочки ядра. При этом впервые на фоне оболочечного строения Земли по материалам сейсмотомографии высокого разрешения в тектонически активных поясах и областях субдукции, апвеллинга-спрединга в океанах, континентального рифто-, бассейно- и орогенеза установлены радиальные и субрадиальные столбчатые структуры практически до раздела ядро-мантия – 2900 км, фиксированные по наличию высоко- и низкоскоростных тел (рисунок 1, а), выделяемых как по продольным, так и по поперечным волнам. Ранее столбчатая структура верхней части океанической земной коры была рассмотрена в монографии «Широкоугольное сейсмическое профилирование дна акваторий» [7]. Столбчатость в коромантийной оболочке появляется синхронно с формированием термоплюма или области утолщения слоя D'' [11] на разделе ядро-мантия, неравномерной, дискретной по времени и пространственному расположению неравномерной, дискретной по времени и пространственному расположению дифференциации области будущего ОБ на гравитационно оседающие столбчатые тела, разделенные границами пластических деформаций, приводящих к развитию встречного восходящего магматизма за счет декомпрессии. Восходящий мантийный магматизм и неравномерное гравитационное проседание столбчатых тел приводят к деструкции хрупкой литосферы, ассимиляции и возврату корового материала в мантию [2]. Одновременно на разделе ядро-мантия происходят фазовые переходы и дифференциация нижнемантийного вещества по плотности с захватом его в слой D'' и, вероятно, во внешние слои жидкой оболочки ядра с транзитом и частичным возвратом расплава в мантию на постоянно действующую подпитку апвеллинга под океаническими рифтами.

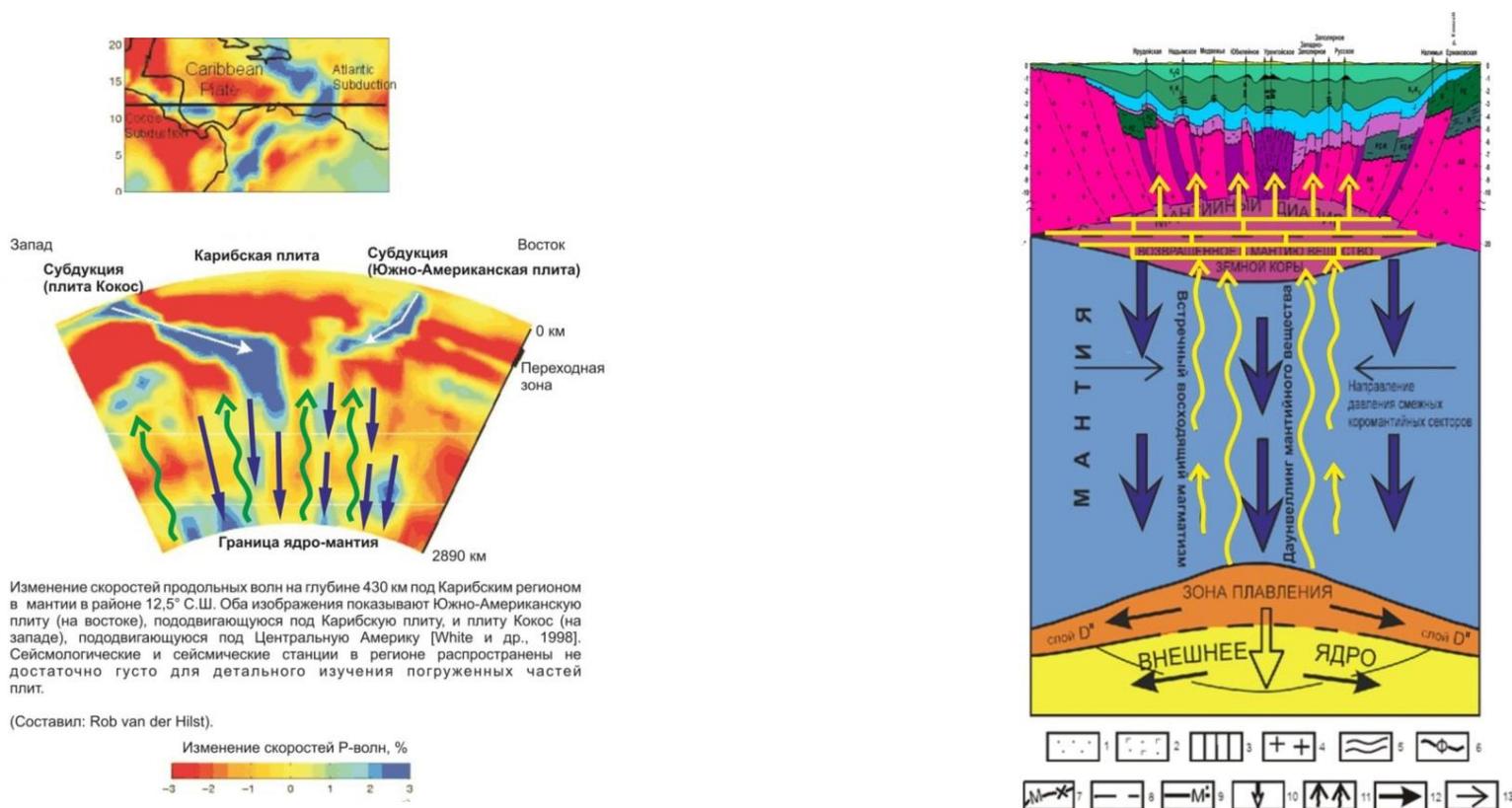


Рис. 1. а) Сейсмотомографический профиль через Карибский бассейн, отражающий столбчатую структуру коромантийной оболочки Земли (по [12] с добавлениями). Слэб не сам тонет в мантийном веществе! Он увлекается вместе с гравитационно погружающейся нижележащей толщей мантийного вещества, имеющего столбчатую структуру, пронизанную восходящим магматизмом. б) Профильный разрез Западно-Сибирского НГБ с учетом материалов по геотраверсу Берёзово – Усть-Мая и геодинамических процессов в коромантийной оболочке. 1 – породы осадочного чехла; 2 – вулканогенно-осадочные породы синрифтового комплекса; 3 – дайковый комплекс; 4 – породы консолидированной земной коры; 5 – стратиграфические границы в осадочном чехле; 6 – граница фундамента; 7 – современная граница «М»; 8 – граница «М» перед началом рифтогенеза; 9 – условное положение границы «М» после формирования ОБ, если бы не действовали процессы деструкции и частичного возврата корового вещества в мантию; 10 – направление погружения коромантийных столбов под ОБ на зону плавления слоя D'' и/или на внешние слои жидкого ядра; 11 – направления встречного восходящего магматизма в мантии в виде жил, даек и других форм; 12 – направления транзита захваченного конвекцией мантийного расплава на постоянно действующую подпитку апвеллинга в океанических поясах спрединга; 13 – направления давления смежных коромантийных секторов.

Учитывая наличие столбчатости, восходящего магматизма, неравномерного и дискретного по площади будущего ОБ погружения твердофазных столбчатых тел, разделенных магматическими каналами, любой осадочный, а тем более зрелый НГБ можно рассматривать в виде субрадиального деструктивного канала от раздела ядро-мантия до поверхности. Такой канал представляется в виде области, вероятно, сквозной столбчатой деструкции коромантийного вещества, обеспечивающей встречный по отношению к неравномерному дискретному дайвингу восходящий к поверхности магматизм, выносящий растворенные газы, в том числе водород, гелий и другие, за счет декомпрессии на границах столбчатых тел (рисунок 1, б). Такие границы связаны с пластическими деформациями в аморфизованном [8] веществе мантии и с разломами в хрупкой литосфере. Верхняя часть этого канала завершается рифтовой системой с надрифтовой депрессией в земной коре, при этом водород, гидрируя углерод и органику, стимулирует процессы нефтидогенеза как в консолидированных породах фундамента, так и в значительно больших объемах в породах осадочного чехла. Для земных условий именно в осадочном чехле, накопленном в надрифтовой депрессии, концентрируются основные объемы полигенно генерированных УВ. В дальнейшем эта область преобразуется в ороген или консолидируется, а подкоровая (мантийная) часть области столбчатой деструкции сокращается в размерах и восстанавливает петрофизические и сейсмологические характеристики до значений, близких к межбассейновым областям платформ. По результатам изучения многочисленных ОБ и НГБ обоснован закон: для формирующихся ОБ и НГБ на один объем пород осадочного чехла в мантию возвращается два объема пород консолидированной коры.

Наиболее интенсивные процессы образования и аккумуляции УВ происходят в бассейнах, находящихся на стадиях формирования надрифтовых депрессий и начального этапа аккреции. Чем мощнее проявился рифтогенез, тем более крупный и богатый в нефтегазоносном отношении ОБ!

Учитывая главнейшие поля напряжений и векторов движения вещества коромантийной оболочки Земли по данным GPS-ГЛОНАСС съёмок, в совокупности с наличием сквозной столбчатости в тектонически активных поясах и областях Земли, обосновывается ещё одна особенность строения коромантийной оболочки, а именно – известные литосферные плиты являются на самом деле целиком коромантийными плитами (секторами), движущимися по разделу ядро-мантия. После распада пангеи

Вегенера они образовали три группировки – три планетарные конвективные ячейки Бенара g-типа в коромантийной оболочке Земли: Африкано-Евразийско-Австрало-Западно-Тихоокеанскую, Американско-Гренландскую и обособленную Антарктическую [1, 6]. В таких ячейках внешние контуры (пояса апвеллинга) совпадают с поясами спрединга в океанах; пояса и области гравитационного погружения коромантийного вещества (нисходящих потоков, даунвеллинга или дайвинга) совпадают с поясами и областями субдукции, современной (преимущественно кайнозойской и мезозойской) орогении, а также с континентальными и окраинно-континентальными рифтами, в том числе с развившимися надрифтовыми депрессиями ОБ и НГБ. В группировках коромантийных секторов, движущихся не по астеносфере, а по разделу ядро-мантия, функционирует своя глобальная геодинамика (стягивание коромантийных секторов к поясам дайвинга), а между группировками результирующая – планетарная. По существу обосновывается новая иерархия в тектонической и геодинамической делимости Земли [1].

Новая интерпретация материалов по глубинному строению Земли в системной взаимосвязи и взаимообусловленности с надежными данными о строении верхних хорошо изученных частей (до глубин 7,0-20,0 км) рифтовых систем, ОБ и НГБ, орогенов позволила обосновать реальный, оптимально согласованный с геологическим строением земной коры и дневной поверхности, а также современным ликом Земли в целом, новый геодинамический механизм её эволюции, заключающийся в геодинамике и латеральном перемещении не литосферных плит, а коромантийных секторов, перемещающихся в объёме выделенных группировок (своеобразных ансамблей). В таком геодинамическом механизме важное значение имеет планетарная магмофлюидодинамическая система, связывающая магмофлюидодинамику в коромантийной оболочке со слоем D'' и с внешней жидкой оболочкой ядра Земли, поясами и областями субдукции и апвеллинга-спрединга. Она стимулирует термохимическую конвекцию [10] и обеспечивает восходящий магматизм в тектонически активных поясах и областях, вынос водорода, углерода и других газов в растворенном состоянии в верхние слои мантии и земной коры с последующим выделением их в свободные фазы и участием водорода и углерода в синтезе главным образом, метана и его радикалов на глубинах ниже осадочного чехла.

Процессы рифто-, бассейно- и орогенеза обоснованы как явления глобальной масштабности, обусловленные конвективным процессом в каждой из существующих в настоящее время на Земле трех конвективных ячеек (рисунок 2). Показано, что рифтогенез,

бассейно- и орогенез представляют собой эволюционный ряд единого дайвинг-деструктивно-конструктивного процесса континентогенеза, участвующего в глобальном конвективном процессе, обеспечивающем отвод тепловой эндогенной энергии Земли, дегазацию и полигенный нафтидогенез [9] с определенной долей генерации метана, его радикалов, при значительно меньших количествах этана и пропана в породах консолидированной коры и, возможно, в самых верхних слоях мантии, где начинает появляться нанотрещиноватость и нижняя граница гидросферы. При этом выделившийся в свободную фазу водород может участвовать в процессах нафтидогенеза как в консолидированных породах фундамента, так и в значительно больших объемах в породах осадочного чехла, где имеется в избытке рассеянное органическое вещество.

Новые модели осадочных бассейнов позволяют сделать вывод о механизме функционирования магмофлюидодинамической системы Земли, уровнях дегазации, потоках глубинных газов и возможных составах УВ флюидов, при этом учтены условия нафтидогенеза на других планетах и спутниках Солнечной системы, свидетельствующие о том, что аналогичные процессы нафтидогенеза без присутствия органического вещества возможны на Земле. При этом важно понять – в каких условиях, на каких глубинах и в каких границах это происходит. Для условий земных недр обосновано, что именно ОБ являются вместилищами главных объемов УВ, чем мощнее проявились процессы рифтогенной деструкции коромантийной оболочки и восходящий магматизм, тем более перспективным и богатым на месторождения УВ может быть ОБ, например, Западно-Сибирский или бассейн Персидского залива.

Предварительно намечаются возможности учета доли ресурсов УВ неорганического синтеза и мест их концентрации, что позволит уточнить количественную оценку ресурсов УВ и перспективы нефтегазоносности в конкретных нефтегазоносных и потенциально нефтегазоносных ОБ. Для крупнейших НГБ, рифтовых систем и орогенов, континентальных окраин России и Арктического региона, с целью детализации структуры литосферы, мантии и внешней оболочки ядра Земли, рекомендуется дополнительно к ГСЗ выполнение высококачественной сейсмотомографии и GPS-ГЛОНАСС съёмок.

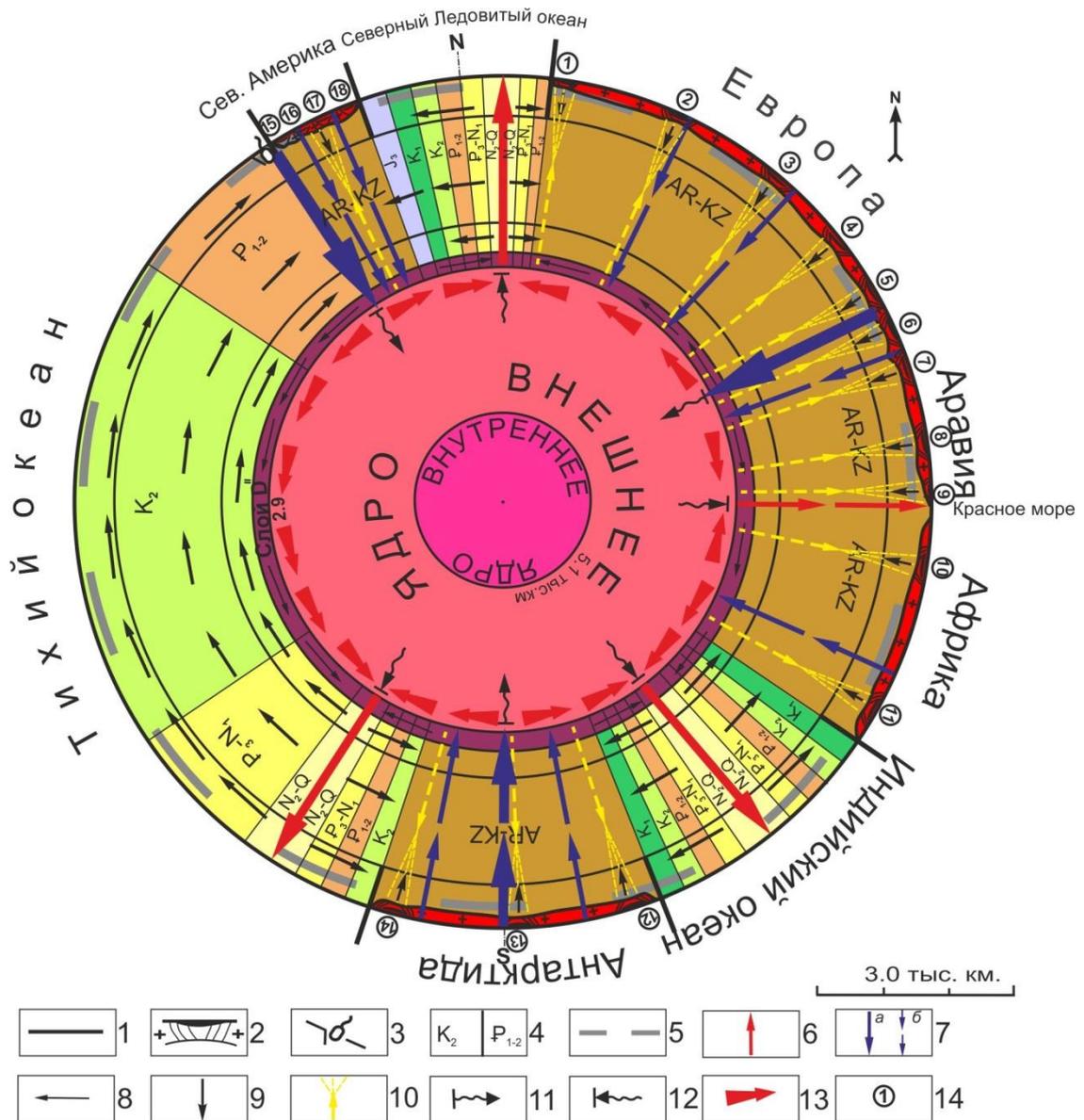


Рисунок 2. Геодинамический разрез Земли по меридиану 40-140°.

Земная кора: 1 – океаническая, 2 – континентальная с нефтегазоносными и возможно нефтегазоносными бассейнами (НГБ и ВНГБ); 3 – зоны субдукции; 4 – субвертикальные возрастные границы в коре и мантии; 5 – астеносфера; 6-10 – направления движения мантийного вещества: 6 - в зонах активного апвеллинга и спрединга; 7 – а) в зонах активного дайвинга, б) в зонах медленного дайвинга под континентами; 8 – в слое D"; 9 – под НГБ и ВНГБ на континентах; 10 – встречный погружению восходящий к поверхности Земли магматизм; 11 – зоны активного поступления вещества во внешнее ядро в процессе химико-плотностной дифференциации; 12 – зоны активной отдачи вещества в мантию из внешнего ядра; 13 – движение вещества в верхних слоях жидкого ядра; 14 – цифры в кружках: 1 – Баренцевоморский НГБ, 2 – Среднерусский НГБ (Московской синеклизы), 3 – Днепровско-Припятский НГБ, 4 – Северо-Кавказский НГБ, 5 – Черноморский НГБ, 6 – Эрзурумский ВНГБ, 7 – Ванский ВНГБ, 8 – Персидского залива НГБ, 9 – Красноморский НГБ, 10 – Восточно-Африканский НГБ, 11 – Мозамбикский НГБ, 12 – Моря Росса ВНГБ, 13 – Полярный ВНГБ, 14 – Моря Космонавтов ВНГБ, 15 – Бофорта НГБ, 16 – Игл-Плейн НГБ, 17 – Юкон-Флетс-Кандик ВНГБ, 18 – Сент Элиал НГБ

ЛИТЕРАТУРА

1. *Астафьев Д.А.* Иерархия тектонической делимости и масштабности геодинамических процессов в коромантийной оболочке Земли. Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Т.1. Материалы L Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2018. С. 23–27.
2. *Астафьев Д.А.* Осадочные и нефтегазоносные бассейны Земли в системе глобальных коромантийных структур и геодинамических процессов. Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Т.1. Материалы L Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2018. С. 27–31.
3. *Астафьев Д.А.* Новые представления о глубинном строении осадочных бассейнов и перспективы открытия уникальных и крупных месторождений углеводородов. // Вести газовой науки: Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. – № 5 (16). – С. 15–31.
4. *Астафьев Д.А.* Роль планетарной магмофлюидодинамической системы Земли в тектогенезе, бассейно- и нафтидогенезе. Дегазация Земли: Геотектоника, геодинамика, геофлюиды, нефть и газ, углеводороды и жизнь. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения П.Н.Кропоткина. Москва. ГЕОС. 2010. С. 39–43.
5. *Астафьев Д.А., Скоробогатов В.А., Радчикова А.М.* Грабен-рифтовая система и размещение зон нефтегазонакопления на севере Западной Сибири. – Геология нефти и газа, 2008. № 4, с. 2-9.
6. *Астафьев Д.А.* Группировки коромантийных плит в современной геодинамике Земли. Фундаментальные проблемы геотектоники. Материалы XL Тектонического совещания Межведомственного тектонического комитета РАН. М.: ГЕОС, 2007. С.31–35.
7. *Бяков Ю.А., Глумов И.Ф. Коган Л.И, и др.* Широкоугольное сейсмическое профилирование дна акваторий. В 2 ч. Ч. II. Внутренняя структура океанской земной коры по данным многоканального глубинного сейсмического профилирования.– М.: Наука, 2001. –293 с.
8. *Гуфельд И.Л.* О глубинной дегазации и структуре литосферы и верхней мантии. Электронный журнал. «Глубинная нефть». Том 1. №2. 2013. С.172–189. http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-2-2013/3_Gufeld_1-2-2013.pdf.

9. *Дмитриевский А. Н.* Полигенез нефти и газа. Доклады РАН. 2008, том 419, № 3, с. 373-377.
10. *Лобковский Л. И., Никишин А. М., Хаин В. Е.* Современные проблемы тектоники и геодинамики. – М.: Научный мир, 2004. – 612 с.
11. *Росс Эндрю, Тибо Нанс, Егоркин А.В.* Вариации тонкой структуры границы ядро-мантия под Сибирью. 4-е геофизические чтения им. В.В.Федынского, 2002 г., Москва, ГЕОН, с. 28.
12. *David C. Rubie, Rob D. van der Hilst.* Processes and consequences of deep subduction: introduction. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 127 (2001) 1–7.