

УДК: 551.242.51

ГЕОФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОИСКОВ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

© Л.А. Абукова^{1,*}, Ю.А. Волож², А.Н. Дмитриевский¹, М.П. Антипов²

¹Институт проблем нефти и газа РАН, 119333, Москва, ул. Губкина, д. 3

²Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., д. 7

*e-mail: abukova@ipng.ru

Поступила в редакцию 23.07.2018 г.; после исправления 27.12.2018 г.; принята в печать 28.01.2019 г.

В статье дано обоснование новых представлений о структуре тектоносферы и гидрогеосферы нефтегазоносных осадочных бассейнов, существенного влияния геофлюидодинамических процессов на формирование скоплений углеводородов в земной коре на больших глубинах. По мнению авторов, снижение прогностических возможностей осадочно-миграционной теории образования нефти и газа при анализе продуктивности нижних частей земной коры объясняется тем, что в основе теории лежат устаревшие представления о строении тектоносферы. В земной коре на больших глубинах в условиях повышенной гидродинамической изоляции прогнозируется особый — стагнационный — вид постэлизионных водонапорных систем. Стагнационный вид водонапорных систем развит в геологической среде, которая характеризуется отсутствием регионально выдержанных латеральных и вертикальных дренажных слоев, поэтому отток—приток флюидов не происходит. Такие условия характерны для подсоловых комплексов заполнения эпиконтинентальных бассейнов котловинного типа. Данные комплексы залегают на больших глубинах и мы рассматриваем возможность нахождения в них уникальных и крупных месторождений нефти и газа. Мы предлагаем систему представлений о геофлюидодинамических условиях сохранения скоплений углеводородов в низах земной коры в развитие осадочно-миграционной теории образования нефти и газа, а также уточнения методики поиска и разведки крупных месторождений на больших глубинах, что обеспечит расширенное воспроизводство запасов углеводородов в нефтегазоносных провинциях с длительной историей добычи нефти и газа.

Ключевые слова: тектоносфера, платформенный и складчатый комплексы, консолидированная кора, сейсмостратиграфические границы, гидродинамическое экранирование, автоклавный тип углеводородных систем, геофлюидодинамическая концепция формирования скоплений углеводородов

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0016-853X2019379-91>

ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее развитие отечественного нефтегазового комплекса во многом зависит от обоснованности выбора основных направлений повышения углеводородного потенциала страны, прежде всего, освоения нефтегазовых ресурсов Арктического региона, Восточной Сибири и Дальнего Востока, сланцевой нефти баженовских отложений Западной Сибири, газогидратов арктических морей, средних и мелких месторождений нефтегазоносных осадочных бассейнов [8, 23, 41]. Вовлечение в разработку ресурсов нефти и газа больших глубин нефтегазоносных осадочных бассейнов с длительной историей нефтегазодобычи является наиболее приоритетным [9, 11], в особой мере это касается Западно-Сибирского, Волго-Уральского, Прикаспийского регионов. В пределах последнего в периферийных частях на глубинах 4–5 км выявлен целый ряд крупных месторождений углеводородов, в том числе Астраханское (Россия), Тенгиз (Казахстан), Кашаган (Казахстан). По предвари-

тельными оценкам, в подсоловых частях осадочного разреза (7–15 км) реально обнаружение до 6 млрд тонн нефтяного эквивалента, что больше, чем все разведанные запасы нефти Казахстана (около 5 млрд т) и сопоставимо с потенциальными ресурсами Арктического шельфа [43, 12, 49].

Однако современное состояние научных основ поисков и разведки залежей углеводородов на больших глубинах, базирующихся на классической осадочно-миграционной теории образования нефти и газа, не может в полной мере обеспечить реализацию столь амбициозных планов. Подчеркнуто, что снижение объяснительных и прогностических возможностей этой теории при анализе продуктивности нижних частей земной коры, объясняется тем, что теория опирается на устаревшие представления о строении тектоносферы. В частности, в состав литосферы неоправданно переносилась значительная часть разреза земной коры — складчато-метаморфические комплексы консолидированной коры, а применительно к мо-

лодым платформам и складчатым системам подвижных поясов фанерозоя в состав литосферы вводился и мощный складчатый комплекс вулканогенно-осадочных пород, не затронутых метаморфизмом и анатексисом. Развитие осадочно-миграционной теории эффективно на основе обновленных представлений о строении земной коры, геофлюидодинамических механизмах локализации углеводородов на разных глубинах тектоносферы.

В настоящее время с помощью современных технологий сейсмических исследований методом общей глубинной точки (МОГТ), проведения глубокого и сверхглубокого бурения удалось значительно повысить глубину и детальность изучения разреза земной коры, благодаря чему были выявлены ранее неизвестные особенности седиментационной структуры отложений плитного комплекса древних и молодых платформ и океанических котловин [13, 33, 40, 51].

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ВЗГЛЯДОВ НА МЕХАНИЗМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Завершение эпохи открытия месторождений с уникальными и крупными запасами нефти и газа до глубин 5 км стимулировало очередную дискуссию об исчерпаемости ресурсов нефти и газа. Как правило, такая полемика возрождается на кризисных этапах развития доминирующей в это время теории образования углеводородов и соответствующей ей концепции геологоразведочных работ. Снижение эффективности используемых нефтегазовых технологий при переходе на большие глубины, как в области поисков и разведки, так и добычи углеводородов, усиливает пессимистические прогнозы. Выход из тупика наступает только при обосновании ранее неизвестных механизмов локализации залежей углеводородов в различных геолого-тектонических условиях, что позволяет на новой методической основе успешно прогнозировать открытие промышленно значимых залежей углеводородов в малоизученных геологических регионах либо на ранее неисследованных интервалах геологического разреза в “старых” нефтегазодобывающих регионах.

Отметим, что осадочно-миграционная теория может быть признана выдающимся достижением наук о Земле XX века, т.к. на ее основе открыты гигантские и крупные месторождения нефти и газа, во многом определившие экономический потенциал разных стран. Однако осадочно-миграционная теория в классическом виде и основанная на ней антиклинальная концепция поисков скоплений углеводородов базировались на широко признанной тогда геосинклинальной гипотезе развития верхней геологической оболочки Земли (тектоносферы). В тектоносфере выделялись три глобальные оболочки (снизу вверх): астеносфе-

ра, литосфера и седиментосфера, в которую были включены недеформированные и нематаморфизованные комплексы заполнения осадочных бассейнов и палеобассейнов [25].

На континентах граница между седиментосферой и литосферой проходила по поверхности структурного несогласия складчатого типа, маркирующей время завершения складчатых деформаций в регионе. В итоге, в состав литосферы попадала значительная часть разреза земной коры: повсеместно складчато-метаморфические комплексы консолидированной коры, а в пределах молодых платформ — не только складчатые системы подвижных поясов фанерозоя, но еще и мощный складчатый комплекс вулканогенно-осадочных пород — промежуточный структурный этаж [25].

В соответствии с этими представлениями о структуре тектоносферы складывалась система взглядов на строение гидрогеосферы. В частности, подошва гидросферы чаще всего отождествлялась с границей седиментосфера–литосфера при предположении о том, что литосфера является областью, в которой массоперенос канализован внутри эндогенных гидротермальных потоков.

Позже осадочно-миграционная теория стала опираться на тектонику литосферных плит, которая сменила геосинклинальную концепцию [38, 39, 45]. В последние десятилетия она была поддержана флюидодинамической моделью нефтегазообразования [1, 37], концепцией полигенеза углеводородов [15], геодинамической моделью формирования месторождений [12], конденсационной моделью образования залежей нефти и газа [46].

Тем не менее на сегодня не найдены убедительные объяснения геологической роли глубинной дегазации недр; причин и условий размещения залежей углеводородов ниже осадочного чехла; механизмов образования месторождений-гигантов и супер-гигантов, приуроченных к внутрибассейновым карбонатным постройкам и ограниченными со всех сторон слабопроницаемыми депрессионными отложениями (например, в Прикаспии); наличия залежей нефти среди сильно деформированных и глубоко катагенетически преобразованных осадочных пород, слагающих складчатый комплекс осадочного чехла.

С учетом геологических условий проявления этих процессов мы предлагаем геофлюидодинамическую модель формирования скоплений углеводородов на больших глубинах.

СТРУКТУРА ТЕКТОНОСФЕРЫ И ГЕНЕЗИС ОПОРНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ГРАНИЦ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Обобщение результатов интерпретации материалов сейсмологических и сейсмических исследований последних десятилетий существенно изменили наши знания о геодинамике Земли в целом и геодинамическом взаимодействии трех ее глав-

ных сферических оболочек (внешнего ядра, нижней, верхней мантии), а также природе и геологической сущности главных границ в земной коре и верхней мантии [10, 27, 28].

Своему образованию в виде относительно самостоятельных и устойчивых уровней организации материи ядро и сферические оболочки Земли обязаны фундаментальным законам термодинамики.

При этом уровень организации геологической среды собственно верхней мантии не поднимается выше породного, в то время как земная кора состоит из разномасштабных геологических тел надпородного уровня организации. Слагающие земную кору естественные природные тела представляют собой парагенезы слоев и слоевых ассоциаций осадочно-эффузивных пород (или комплексов и их ассоциаций, состоящих из метаморфических и вулканоплутонических пород). Внешние и внутренние связи таких слоевых ассоциаций обусловлены (вариативно): единством времени и места формирования (для тел, сложенных недеформированными осадочными и эффузивными породами); единообразием ведущих геологических событий, маркирующих смену этапов стадий геодинамического или тектонического режимов в развитии земной коры или её верхней вулканогенно-осадочной оболочки в регионе [32, 33].

На базе уточненной по данным сейсмологии томографической модели тектоносферы разработана новая геотектоническая парадигма глобальной геодинамики, согласно которой эволюция Земли определяется взаимодействием ее трех глобальных оболочек [32]. Каждая из них рассматривается как самостоятельная геодинамическая система со своими специфическими механизмами энерго- и массопереноса.

Естественными ограничениями глобальных сферических оболочек Земли и функционирующих внутри них геодинамических систем суперглобального и глобального рангов служат сейсмологические границы:

- раздел между ядром и нижней мантией — граница Гутенберга, которая является пограничным слоем D;
- раздел между нижней и верхней сферическими оболочками мантии Земли — слой Гутенберга, к кровле которого приурочен сейсмический преломляющий горизонт N, принимаемый за подошву тектоносферы.

В земной коре выделяются четыре сейсмических горизонта, каждый из них объединяет совокупность парагенетически родственных сейсмотратонов более низкого ранга с сейсмостратиграфическими границами хронозначимого типа. К ним относятся глобально прослеживаемые горизонты M и K₀, трансрегионально прослеживаемый горизонт Ак и регионально прослеживаемый горизонт Р. Геологическая природа горизонтов Ак и Р установлена прямыми данными бурения [32].

Регионально прослеживаемый отражающий сейсмический горизонт Р приурочен к поверхности структурного углового несогласия, местами переходящего в структурное складчатое несогласие. Данная поверхность маркирует время завершения для орогенного геодинамического режима и смены последнего платформенным режимом развития.

Трансрегионально прослеживаемый отражающий (одновременно преломляющий) горизонт Ак приурочен к поверхности структурного складчатого несогласия (и совмещенного с ним катагенетического несогласия). Поверхность маркирует время затухания активных складчатых деформаций, связанных с завершением аккреционного этапа развития и становлением орогенного режима, т.е. время завершения главной складчатости и наступления коллизионного этапа в формировании земной коры региона.

Этими сейсмостратиграфическими границами геодинамического типа верхняя вулканогенно-осадочная оболочка земной коры делится на три геодинамических сейсмокомплекса, отличающихся различной степенью тектонической переработки их первичной седиментационной структуры:

- складчатый,
- дейтероорогенный (постколлизионный орогенный),
- платформенный с двумя подкомплексами — плитным и доплитным.

В качестве складчатого геодинамического сейсмокомплекса осадочного чехла выделяются: (1) деформированные, слабо эпигенетически преобразованные (не выше метагенеза) комплексы вулканогенно-осадочных пород областей позднемезозойской и кайнозойской складчатости; (2) слабо-метаморфизованные (но не до стадии кристаллического фундамента) комплексы в низах осадочного чехла молодых платформ, сформированные в областях с континентальным типом коры.

Зачастую такие комплексы рассматриваются в составе консолидированной коры без достаточных обоснований. Две другие сейсмические границы, преломляющие горизонты M и K₀, которые залегают на глубинах, недоступных для непосредственных геологических наблюдений, кроме редких случаев для горизонта K₀. По поводу их природы существуют самые различные точки зрения.

Глобальная сейсмостратиграфическая граница геодинамического типа, отвечающая глобально прослеживаемому преломляющему горизонту K₀, приурочена к поверхности структурного складчатого несогласия и совмещенного с ним метаморфического несогласия. Эта поверхность маркирует время завершения активных деформационных, магматических и метаморфических процессов и приурочена к кровле консолидированной коры.

Она отделяет магмометаморфический слой земной коры, сложенный первичными осадочными и вулканогенными породами, измененными

до гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма, интенсивно деформированными и насыщенными более молодыми интрузиями, от вышележащей вулканогенно-осадочной оболочки земной коры. Эта оболочка сложена недеформированными и (или) умеренно деформированными и слабо эпигенетически преобразованными (не выше начальной стадии метаморфизма) осадочными и вулканогенными породами.

Преломляющий горизонт М — опорная отражающая граница, от которой во вторых вступлениях устойчиво регистрируется наиболее динамически ярко выраженная критическая отраженная волна. В течение долгого времени горизонт рассматривался как геофизическая граница внутри литосферы, разделяющая слои с различными скоростными параметрами [27, 29]. Полагалось, что ее гипсометрическое положение в разрезе определяется современными термобарическими условиями в недрах Земли, в зависимости, от изменений которых она может во времени перемещаться вверх либо вниз по разрезу. Об ошибочности этих представлений убедительно свидетельствуют материалы глубинного геологического картирования земной коры методом ОГТ с применением технологии широкоугольного сейсмопрофилирования. Такие материалы в настоящее время имеются практически по всему спектру разнотипных структур земной коры, расположенных в регионах с различным геодинамическим режимом. Результаты обработки полученных данных показывают, что за исключением рифтовых зон срединно-океанических хребтов, где преломляющий горизонт М не прослеживается (здесь породы мантии обнажаются на поверхности океанического дна), характер рисунка отражений вдоль раздела между земной корой (подошвой консолидированной коры) и мантией (кровлей литосферы) однотипен. На разрезах, полученных МОГТ в интервале выше уровня, соответствующего глубине залегания преломляющего горизонта М, волновое поле насыщенно отражающими элементами, которые расположены, как правило, хаотично, реже группируются в некие зоны, очерчивая границы локальных геологических тел. В интервале разреза ниже границы М регулярные отражающие элементы, как правило, не регистрируются. На фоне практически “белого шума” лишь изредка фиксируются узкие линейные круто наклоненные зоны концентрации динамически ярко выраженных отражений. Эти зоны пространственно совпадают с разрывом границы М или флексурного изменения глубины ее залегания. Отмеченные особенности строения зоны раздела земной коры и литосферной мантии послужили основанием [25] для придания преломляющему горизонту М сейсмостратиграфического значения поверхности структурного несогласия. Практически одновременно Ю.Г. Леонов и А.С. Перфильев на тех же основаниях пришли к выводу о геологической природе этого раздела,

но придав ему другой геологический смысл. Они предложили рассматривать данный горизонт в качестве глобальной поверхности срыва на границе сред с различной реологией [29, 34]. Вслед за названными исследователями авторы также полагают, что преломляющий горизонт М — не физическая, а геологическая граница, и она выполняет сейсмостратиграфическую функцию. По своей геодинамической сути поверхность М представляет собой единую границу — глобальную поверхность срыва. Вместе с тем, по времени ее формирования, она является не изохронной [45], а хронозначимой (геологически событийной), и маркирует время проявления в разрезе литосферы геологического события одного масштаба и одного генезиса. Применительно к границе М такое событие обозначает начало формирования консолидированной коры в пределах конкретной складчатой области. Время проявления события при переходе от одного региона к другому изменяется и, соответственно, возраст данной глобально прослеживаемой и хронозначимой границы охватывает стратиграфический диапазон, как минимум, от архейского до четвертичного времени, зависимо меняется по простиранию возраст границы М.

Еще одна особенность границы состоит в том, что поверхность М служит разделом между двумя принципиально различными по структурной организации внутренними оболочками тектоносферы. Нижняя оболочка (верхняя мантия, состоящая из слоев литосферы и астеносферы) характеризуется низкой структурной организацией. В нижней оболочке отсутствуют естественные геологические тела надпородного уровня организации — оболочка Земли, состоящая из элементарных геологических тел ранга минералов и горных пород, которые не подвергались воздействию приповерхностных геологических процессов. Напротив, верхняя оболочка тектоносферы — земная кора — рассматривается как система природных объектов геологической специализации надпородного уровня организации естественных геологических тел двух категорий: стратиформных геологических тел — слои и слоевые ассоциации, парагенезис осадочных и вулканогенных пород, связанных единством места или времени образования; массивных — парагенезисы магматических и метаморфических пород и их ассоциации различного масштаба.

При этом земная кора — самое крупное системное геологическое тело (сейсмостратиграфическое подразделение) тектоносферы — тождественна по своему содержанию седиментосфере. Все составные геологические тела земной коры сложены породами, которые образовались на поверхности Земли или вблизи от нее, где были условия для возникновения жизни и где действует совокупность основных геологических процессов (магматических, седиментационных, метаморфических), определяющих геодинамический режим региона.

Таким образом, по современным геолого-геофизическим данным, преломляющий горизонт М представлен, с одной стороны, как граница геосфер, характеризующихся различной структурной организацией и, соответственно, являющихся продуктом функционирования геодинамических систем различного ранга, с другой стороны, — как граница эндогенного и экзогенного мира.

СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ 4D МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ

К настоящему времени, с учетом высказанных представлений о геологической природе глобальных и трансрегиональных сейсмических границ в земной коре, нами была разработана сейсмостратиграфическая 4D модель земной коры [32]. Составными элементами нашей модели служат вертикальные сейсмостратиграфические подразделения или сейсмостратона. Шкала построена с соблюдением основополагающих правил местных и региональных стратиграфических шкал: охвата всего геологического пространства, в данном случае земной коры; иерархической соподчиненности сейсмостратонов; последовательности напластования (чем выше пласт, тем он моложе); суммировании времени (возраст каждого сейсмостратона равен возрасту совокупности составляющих стратонов более низкого ранга).

Классификация сейсмостратонов выполнена в соответствии с масштабом и типом ограничивающих их сейсмических горизонтов. Выделены сейсмостратоны нескольких специализаций: седиментационной, тектоно-седиментационной, тектоно-геодинамической, геодинамической.

Эти сейсмостратоны образуют вертикальный (возрастной) иерархический ряд. Каждому из выделенных стратонов характерен свой латеральный ряд [32], элементами которого в зависимости от ранга сейсмостратона служат тектонические структуры и субстанции тела (формации и их ряды).

СТРУКТУРА ГИДРОГЕОСФЕРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Главными элементами структурной организации гидрогеосферы являются две зоны, различающиеся по физическому состоянию воды. Нижняя зона, охватывая петросферу, представляет собой область преимущественного распространения вод в (над)критическом и парообразном состоянии. Выше границы K_0 , в верхней части земной коры, воды пребывают, главным образом, в виде жидкости и пара. Для гидрогеосферы принципиальная физическая граница проходит на уровне K_0 , что, по всей вероятности, и является одной из важнейших причин структурной дифференциации исходного минерального вещества.

Верхняя геофизическая зона, которая охватывает платформенный и складчатый комплексы,

объединяет три основных типа водонапорных систем — инфильтрационные, элизионные, геодинамические, переходящие друг в друга в зависимости от гидрогеологической истории региона.

В инфильтрационных гидрогеологических системах, типичных для малых и средних глубин нефтегазоносных осадочных бассейнов (в среднем 1–3 км), основная масса флюидов формируется за счет атмосферных и поверхностных вод, профильтровавшихся в коллекторы. Движение флюидов обусловлено градиентами пластовых давлений, контролируется разницей гипсометрического положения областей питания и разгрузки подземных вод [31]. Для инфильтрационных гидрогеологических систем характерно проявление гидродинамической и гидрохимической зональности в больших масштабах, вплоть до всего бассейна в латеральном отношении и на всю глубину распространения системы [4, 21, 22, 47]. Наиболее значимый пример инфильтрационных гидрогеологических систем, с которыми связаны многие месторождения углеводородов, — верхнемеловой комплекс Западно-Сибирского осадочного бассейна.

В элизионных водонапорных системах движение подземных вод контролируется градиентами пластовых давлений, но здесь напор создается отжатием вод из уплотняющихся осадков и пород в коллекторы (частично при уплотнении самих коллекторов), а также при термической дегидратации минералов, деструкции органического вещества. Такие системы приурочены к отрицательным элементам земной коры и чаще всего они опознаются в пределах молодых осадочных бассейнов, например, в отложениях Мургабской впадины (юра), Терско-Каспийского прогиба (мел), Южно-Каспийской впадины (плиоцен) [3, 5, 22]. Зона создания напора приурочена к прогнутым частям бассейна с повышенными мощностями нефтегазоматеринских толщ, соответственно с более активным проявлением процессов флюидогенерации. Для молодых и зрелых элизионных водонапорных систем характерно не только проявление сверхгидростатических пластовых давлений, но и нарастание градиента давления с глубиной. Движение вод происходит из более погруженных в приподнятые части бассейнов, т.е. вверх по восстанию пластов, но гидравлическое взаимодействие с земной поверхностью практически отсутствует.

На больших глубинах молодых осадочных бассейнов, в сланцевых комплексах (баженовская, доманиковская, кумская, куонамская свиты), а также в пределах древних осадочных бассейнов выделяются постэлизионные системы, процессы уплотнения в которых завершены или завершаются. Как следствие, на фоне сохранения сверхгидростатических пластовых давлений фиксируется снижение градиента пластового давления [52]. А.Е. Гуревич подобную геологическую ситуацию образно называет зоной барогенерационного молчания [13]. На-

личие мощных регионально выдержанных флюидоупоров, прежде всего эвапоритовой природы, способствует трансформации режима весьма замедленного водообмена в стагнационный режим, который охватывает не только глубокие (более 7 км), но и вышерасположенные горизонты (до первой вверх по разрезу крышки). Боковое закрытие системы происходит по линиям лито-фациальных замещений, тектоническим нарушениям различной природы. Особенность стагнационных систем состоит в том, что они могут располагаться в складчатом комплексе, т.е. находиться и вне осадочного чехла. Такая возможность обеспечивается механизмами формирования субгоризонтальной барьерной зоны, непроницаемой для свободной циркуляции флюидов за счет смыкания стенок трещин, перекристаллизации и переотложения вещества под односторонним давлением с глубин порядка 7–12 км [19, 20].

Для стагнационных постэлизионных систем характерно отсутствие латерально выдержанных дренажных слоев (прослоев), по которым мог осуществляться флюидообмен с внешней средой, однако это не означает их внутренней гидродинамической статичности.

Значительная убыль концентрированного и также рассеянного органического вещества при его трансформации в углеводороды способствует возникновению разномасштабной эпигенетической пустотности при следующих процессах: продолжающаяся дефлюидизация глинистых пород [2, 22], выщелачивание и растворение (инициируемые, в частности, органическими кислотами, кислыми газами), минералогические трансформации пород на контактах осадочного комплекса и складчатого комплекса [7, 44], плотностная инверсия вод под эвапоритовыми толщами [6].

Освободившееся порово-трещинное пространство способно стать вместилищем воды и углеводородов, которые стягиваются в зоны улучшенных емкостно-фильтрационных свойств. Более того, при изменении внешних условий (гипсометрического положения, характера и направленности геодинамических напряжений, литостатического давления) возможно внутрирезервуарное перемещение подвижных масс, что является свойством самоорганизации закрытых природных систем.

Поскольку дренажность геологической среды становится ничтожно малой, выравнивание гидродинамического потенциала по всему объему системы превращается в главное свойство стагнационных постэлизионных систем. М.К. Хабберт математически показал, что в гидродинамической системе при изменении пластового давления по градиенту сохраняется постоянство гидродинамического потенциала, которое количественно оценивается следующим образом [14, 49]:

$$\Phi = gZ + P/D$$

где Φ — потенциальная энергия в любой точке любого флюида (воды, газа);

g — ускорение свободного падения;
 Z — высота точки относительного уровня от-
 счета;

P — давление;

D — плотность флюидов.

Для стагнационных систем физический смысл данного уравнения состоит в том, что в ее любой точке потенциал является величиной постоянной ($\Phi = \text{const}$), а пластовые давления могут принимать различные значения. В данном случае управляющими параметрами изменения пластового давления являются глубина погружения и плотность флюида, физическая сущность флюида не определена. Это приводит к принципиально важному выводу: при прочих равных условиях, в том числе на одних и тех же глубинах, в зонах пониженных пластовых давлений будут концентрироваться флюиды с удельным весом ниже, чем у воды. По-видимому, аналогом этого механизма является формирование в осадочных бассейнах, где с глубиной проявляется дефицит пластовых давлений, газоводяных контактов над газовыми скоплениями [42].

Внутрирезервуарный массоперенос в стагнационных системах контролируется, главным образом, совокупным влиянием трех факторов: эволюцией пространственно-временного положения системы, характером распределения литологических неоднородностей, закономерностями изменения напряженного состояния геологической среды. Разгрузка системы происходит во внутренних локализованные зоны улучшенных фильтрационно-емкостных свойств, они же — зоны наименьших гидродинамических потенциалов. Формирование таких зон является следствием процессов взаимодействия органического вещества, подземных вод и пород в условиях тектонической и термобарической напряженности. Масштабы проявления и периоды сохранения стагнационных постэлизионных систем определяются конкретными геолого-тектоническими условиями региона.

Очень важно, что при прогнозе изменений пластовых давлений в стагнационных системах влияние этих параметров должно количественно учитываться как для всей системы в целом, так и для ее замкнутых внутренних неоднородностей второго и следующих порядков [10, 36].

Водонапорные системы геодинамического типа мало изучены. Их отличительными особенностями являются [3, 23, 31, 35]:

- преимущественная приуроченность к складчатому комплексу без верхнего перекрывающего флюидоупора система может проявиться и выше, в плитном и доплитном комплексах;
- отсутствие в разрезе выдержанных слоистых горизонтальных дренажных слоев, что минимизирует роль регионального латерального перемещения флюидов и определяет ведущее значение вертикальной миграции подземных вод;

- наличие непроницаемых тектонических и/или литологических границ, обуславливающих практическое отсутствие питания и разгрузки подземных вод;
- мозаичность пластовых давлений;
- резкая флюидодинамическая неоднородность геологической среды.

На формирование водонапорных систем геодинамического типа в значительной степени влияют сейсмические факторы, процессы растяжения и сжатия флюидовмещающей среды, стимулирующие процессы массопереноса в складчатом комплексе [24]. Водонапорные системы геодинамического типа также различны по масштабу проявления — от отдельных блоков до крупных геоструктурных элементов. Некоторые примеры блочной флюидодинамической неоднородности приведены в публикациях [2, 18, 48, 52], отмечены колоссальные (достигающие 4800 м³ в отдельных скважинах) поглощения бурового раствора при вскрытии межблоковых глубоководных коллекторов на шельфе США в Мексиканском заливе [1].

Нижняя гидрофизическая зона приурочена к консолидированной коре и верхней мантии. Учитывая термобарические условия, характерные для лито- и астеносферы, полагается, что флюиды находятся в химически и физически связанном либо надкритическом состоянии. Вода обладает высокой растворяющей способностью, пребывая в виде над- и критической жидкости. Формирование конвективного течения здесь носит постоянный характер, определяет процессы теплопереноса, агентами которых выступает смесь флюидных компонентов, различных по своей способности к переносу тепловой энергии.

В составе горячей водно-паровой смеси содержится ряд газовых компонентов (водород, сероводород, углекислый газ, окись углерода), оказывающих агрессивное воздействие на вмещающие породы, включая алюмосиликаты [24].

Термобарическую зону (температуры свыше 374°C, пластовые давления свыше 21.8 МПа, глубины свыше 5–10 км), где вода находится в над- и критическом состоянии, можно считать гидрогеологической условно, поскольку отсутствуют различия между водой и паром. Приведена характеристика основных параметров гидрогеосферы земной коры (табл.).

КОНЦЕПЦИЯ ПОИСКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Благодаря новому пониманию структуры земной коры и особенностей гидродинамических режимов определились главные причины снижения прогнозистических возможностей осадочно-миграционной теории и основанной на ней антиклинальной концепции поисков углеводородов в глубоководных толщах осадочного чехла. Одной из наиболее существенных причин явля-

ется механический перенос представлений о гидродинамических закономерностях формирования неглубоких месторождений углеводородов на малоизученные глубоководные нефтегазоносные объекты. Предлагаемая поисковая концепция во многом устраняет подобный упрощенный подход к прогнозированию углеводородных систем на больших глубинах.

Суть новой концепции состоит в следующем. Согласно современным представлениям углеводороды формируются в вулканогенно-осадочной оболочке земной коры из захороненного органического вещества. При определенных термобарических и физико-химических условиях углеводороды способны синтезироваться на более глубоких (верхнемантийных) уровнях, т.е. ниже границы М, которая в регионах с континентальным типом земной коры залегает в среднем на глубине 40 км, а с океаническим типом — на глубине 10 км. Вместе с тем известно, что условия для сохранения даже наиболее простых углеводородных соединений (например, предельных углеводородов до C₅) в свободном виде существуют на глубинах менее 40–50 км [26]. Отсюда следует, что углеводородная сфера (увосфера) континентов ограничивается исключительно уровнем земной коры, увосфера океанов включает в себя не только земную кору, но и верхнюю часть мантии. Следовательно, метан и его гомологи, синтезированные в мантии, могут участвовать в общем балансе углеводородов в океанических условиях, особенно для конвергентных окраин континентов, в пределах зон с переходным типом земной коры — островодужным, утоненным или растянутым континентальным. Подчеркнем, что в соответствии с воззрениями Б.А. Соколова, нефть формируется в увосфере, занимающей верхнюю часть седиментосферы и пригодной для генерации и размещения углеводородных соединений во всех фазовых состояниях, ее нижняя граница условно очерчена изотермой отвечающей критической точке воды [37]. Мы же считаем, что нижней границей увосферы служит консолидированная кора континентов, согласно современным геолого-геофизическим данным, представляющей собой переработанный тектоно-магматическими процессами осадочный чехол предшествующих геотектонических этапов развития региона. Это позволяет рассматривать консолидированную кору как остаточный слой стратисферы, переработавший весь свой запас органического вещества, т.е. как часть стратисферы, уже исчерпавшей свой углеводородный потенциал, накопленный при преобразовании коры океанического типа в кору континентального типа.

На каждом этапе развития земной коры реализуются различные механизмы формирования скоплений углеводородов, управляемые исключительно ходом миграции, аккумуляции и консервации углеводородов. В свою очередь, реализация этих процессов определяется особенностями

Таблица. Характеристика основных параметров гидрогеосферы земной коры

Сферические оболочки тектоносферы	Сейсмостратоны крупных рангов		ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТЕКТОНОСФЕРЫ
	Слои земной коры глобального ранга	Сейсмокомплексы транс-регионального ранга	
Земная кора	Вулканогенно-осадочная оболочка (осадочный чехол)	Плитный и доплитный комплексы	Верхняя гидрофизическая зона
			Инфильтрационный тип <i>Характеристики:</i> <ul style="list-style-type: none"> - средние глубины 1–3 км; - открытая система регионального масштаба; - преимущественно режим затрудненного водообмена; - преимущественно латеральная миграция; - преимущественно гидростатические давления
			Элизионный тип <i>Характеристики:</i> <ul style="list-style-type: none"> - средние глубины 2–15 км; - (квази)открытая система зонального масштаба; - преимущественно режим весьма затрудненного водообмена; – сопряженная вертикальная и латеральная миграция; - преимущественно сверхгидростатические давления с нарастанием градиента давлений <p style="text-align: center;">Постэлизионный подтип</p> <i>Характеристики:</i> <ul style="list-style-type: none"> - средние глубины 5–15 км; - (квази)закрытая система зонального и локального масштабов; - преимущественно стагнационный режим водообмена - разнонаправленная миграция в пределах системы под контролем геостатического давления; - преимущественно сверхгидростатические давления со снижением градиента давлений
	Акустический фундамент (граница Ак)		Геодинамический тип <i>Характеристики:</i> <ul style="list-style-type: none"> - средние глубины 15–30 км; - (квази)закрытая система зонального и локального масштабов; - без характерного режима водообмена; - разнонаправленная миграция под контролем геодинамических напряжений; - “мозаичность” пластовых давлений
	Кровля консолидированной коры (K_0) – нижняя гидрофизическая зона		Гидротермальный тип <i>Характеристики:</i> <ul style="list-style-type: none"> - средние глубины 15–30 км; - (квази)закрытая система (масштабы не установлены); - преимущественно вертикальная миграция однофазного флюида; - вертикальная миграция флюидов возможна как следствие тектонической дестабилизации
Магмометаморфическая оболочка (консолидированная кора)			
Подшва земной коры (граница М)			

строения осадочного чехла глобальных и региональных геоструктур тектоносферы и земной коры.

Закономерности размещения скоплений углеводородов в земной коре регионов обусловлены разнообразием типов углеводородных систем. Тип углеводородной системы определяют структурная

организация трещинно-порового пространства осадочного чехла, строение гидрогеосферы, современный геодинамический режим земной коры региона.

Имеющиеся к настоящему времени данные позволяют выделить три типа углеводородных систем, различающихся по своим генерационным

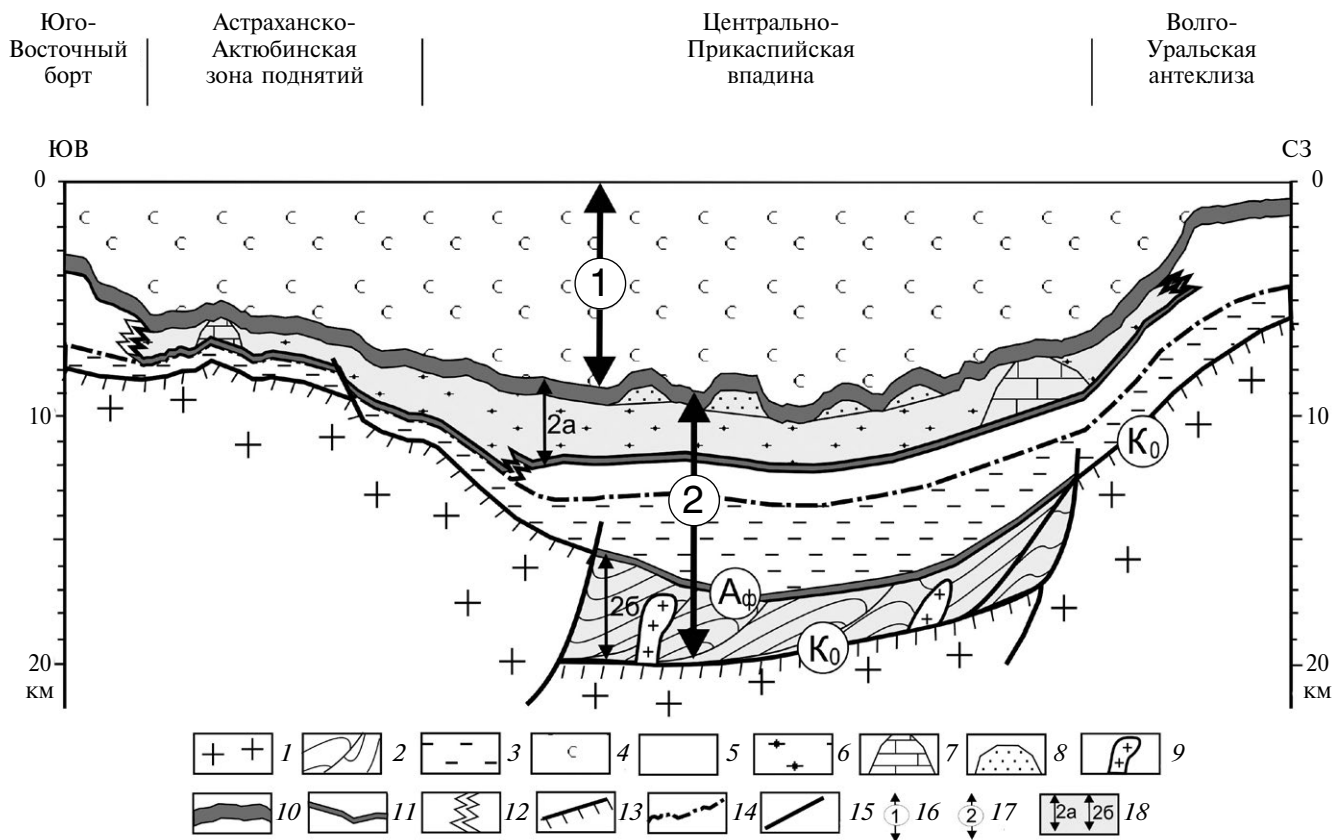


Рисунок. Принципиальная схема размещения углеводородных систем континентальной коры. Обозначен (цифры в кружках) тип углеводородной системы: 1 – открытая, 2 – квазиоткрытая с очаговой и блочной подтипами автоклавных углеводородных систем. Индексы сейсмостратиграфических границ: K_0 – раздел между верхней вулканогенно-осадочной (осадочный чехол) и нижней (консолидированная кора) геодинамическими оболочками земной коры; A_ϕ – раздел между складчатым и доплитным сейсмокомплексами осадочного чехла. 1 – консолидированная кора; 2 – складчатый комплекс осадочного чехла; 3 – доплитный комплекс осадочного чехла; 4 – соленосные и надсолевые отложения плитного комплекса осадочного чехла; 5 – мелководные карбонатные и карбонатно-терригенные подсолевые отложения плитного комплекса осадочного чехла; 6 – глубоководные подсолевые отложения плитного комплекса осадочного чехла; 7–9 – потенциальные коллектора (нефтегазо-локализирующие объекты) внутри автоклавной углеводородной системы: 7 – карбонатного состава (внутрибассейновые карбонатные платформы); 8 – терригенного состава (подводные конуса выноса), 9 – гранитные протрузии; 10–11 – флюидоупоры в подсолевом комплексе: 10 – региональные, 11 – зональные; 12 – боковые полупроницаемые границы автоклавной углеводородной системы (зона смены глубоководных отложений мелководными); 13–14 – сейсмостратиграфические горизонты и границы геодинамических сейсмокомплексов глобального и трансрегионального ранга: 13 – глобального, поверхность консолидированной коры, 14 – трансрегионального, кровля доплитного комплекса; 15 – глубинные разломы; 16–18 – типы и подтипы углеводородных систем: 16 – открытая, 17 – квазиоткрытая, 18 – подтипы автоклавных углеводородных систем: 2a – очаговая, 2б – блочная

и аккумуляционным механизмам. Углеводородные системы первых двух типов располагаются в пределах выделяемого по сейсмическим данным вулканогенно-осадочного слоя, тождественного увосфере [26].

Первым типом углеводородных систем являются гидродинамически открытые системы, в которых проявляется способность жидкостей и газов относительно свободно мигрировать в латеральном отношении на значительные расстояния. Такие системы пространственно приурочены к верхней части осадочного чехла древних и молодых платформ и комплексам заполне-

ния отрицательных структур поясов мезозойско-кайнозойской складчатости, в которые входят мегабассейны краевых и внутренних морей, бассейны предгорных и краевых прогибов глыбово-складчатых и покровно-складчатых орогенов. Этот тип открытых углеводородных систем характерен для верхних частей разреза подавляющего большинства нефтегазоносных провинций мира.

Углеводородные системы первого типа находятся под влиянием свободного и затрудненного режимов водообмена, характерных инфильтрационным водонапорным системам. Здесь достаточно четко проявляется последовательность про-

цесса образования углеводородов, обоснованная осадочно-миграционной теорией:

○ генерация ⇒ первичная миграция (эмиграция) ⇒ вторичная, преимущественно *латеральная* миграция ⇒ аккумуляция ⇒ консервация ○.

Ведущим процессом аккумуляции углеводородов является дифференциальное улавливание углеводородов. Этот тип открытых углеводородных систем характерен для верхних частей разреза подавляющего большинства нефтегазоносных провинций мира.

Второй тип — квазиоткрытый тип углеводородной системы опознается в бассейнах с большой мощностью осадочного чехла (на глубинах свыше 5–7 км) в нижних частях плитного, а также в доплитном и складчатом комплексах. Такие углеводородные системы регионально развиты в молодых осадочных бассейнах, в их погруженных частях, например, в юрских отложениях Мургабской впадины, меловых отложений Терско-Каспийского прогиба и т.д. [4]. Миграция углеводородных флюидов контролируется элизионным типом водообмена, потому, как правило, происходит из более погруженных частей бассейнов в приподнятые (т.е. вверх по восстанию пластов) в режиме весьма затрудненного водообмена [3].

Преобладающая последовательность процессов образования углеводородов второго типа следующая:

○ генерация ⇒ первичная миграция (эмиграция) ⇒ вторичная преимущественно вертикальная миграция ⇒ аккумуляция ⇒ консервация ○.

В углеводородной системе второго типа возможно ее проявление в двух подтипах — блочных и очаговых — автоклавных систем, которые формируются в условиях стагнационного типа водообмена. Ведущим процессом аккумуляции углеводородов является фазообособление углеводородов [46] в соответствии с термобарическими и гидродинамическими потенциалами геологической среды.

Блочные автоклавные углеводородные системы преимущественно размещены внутри складчатого сейсмокомплекса осадочного чехла нефтегазоносных мегапровинций и провинций молодых платформ или нефтегазоносных мегабассейнов и бассейнов поясов осадконакопления аккреционных и коллизионных окраин континентов, разрезы которых обладают свойствами упругой среды (рис.). В автоклавных углеводородных системах блочного подтипа решающее значение имеет наличие локально или регионально выдержанных зон высоких поровых давлений, под которыми формируются зоны пьезомаксимумов. Они являются дополнительной преградой для вертикального рассеивания углеводородов из нижележащих интервалов разреза.

Очаговые автоклавные углеводородные системы развиваются в пластичных породах. Их особенности состоят в следующем:

— поровые и пластовые давления уравнены;

— гидродинамический потенциал во всем объеме системы принимает равные значения;

— усиливается влияние геохимических и геодинамических факторов в трансформации пустотного пространства коллекторов.

Расположение зон аккумуляции углеводородов в системе автоклавного очагового типа контролируется минимумами литостатического давления со стороны вышележащей толщи с наиболее заметным проявлением в солянокупольных бассейнах. Специфическая особенность ловушек для углеводородов заключается в том, что в зависимости от реологических свойств породного упругопластичного каркаса, они могут быть приурочены не только к антиклинальным перегибам, но и к прогнутым участкам бассейна, таким образом, формируя синклинальные месторождения углеводородов с гидродинамическим экранированием [49, 50].

Третий тип углеводородных систем связан с минеральным синтезом углеводородов, проявленных в пределах регионов с океаническим типом коры и приуроченных к разгрузке гидротерм под осадочный чехол, обогащенный органическим веществом [16]. Предполагается, что мигрирующие гидротермальные потоки, неся и собой продукты вторичной дегазации в виде освобожденного метана и его радикалов, при взаимодействии с органическим веществом захороненных осадков усиливают процесс гидрогенизации органического вещества и его генерационный потенциал [17]. Океанические осадки, обогащенные органическим веществом, в результате субдукции, в составе слэба (пластины) погружаются на большие глубины. Результаты экспериментальных исследований показывают, что углеводороды способны сохранять свою стабильность до глубины 50 км [26]. На границе зона субдукции — континентальная кора углеводородные флюиды могут мигрировать по глубинным разломам в верхние горизонты земной коры.

ВЫВОДЫ

1. Исследована сейсмическая расслоенность верхней геологической оболочки Земли, тектоносферы, строение гидрогеосферы, механизмы формирования локальных скоплений углеводородов, выявлена тесная взаимосвязь между структурной организацией геологического пространства тектоносферы и гидрогеосферой.

2. В глобальной структуре гидрогеосферы выделены две гидрофизические зоны с присущими им особенностями фазового состояния воды и областями развития водонапорных систем разного типа. Определен особый тип постэлизионных систем, функционирующих на больших глубинах осадочных бассейнов под контролем стагнационного режима водообмена.

3. Выделены три типа углеводородных систем с различными механизмами формирования ло-

кальных скоплений углеводородов: открытый, квазиоткрытый с двумя автоклавными подтипами (очаговым и блочным) и гидротермальный, характерный для океанического сегмента.

4. Поисковая концепция, основанная на обновленных представлениях о строении земной коры и ее гидрогеосферы, позволяет разработать эффективную стратегию нефтепоисковых работ в “старых” нефтегазодобывающих регионах.

5. Авторская концепция объясняет механизм формирования скоплений нефти и газа (1) в глубокопогруженных углеводородных системах подселевых отложений солеродных бассейнов, (2) надежно экранированных складчатых комплексах осадочного чехла платформ, (3) на отрицательных геоструктурах поясов осадконакопления коллизиионных, аккреционных, дивергентных окраин литосферных плит.

Финансирование. Статья написана в рамках выполнения работ по программе Президиума РАН № 8п/п “Углеводороды с глубокими горизонтами в “старых” нефтегазодобывающих регионах как новый источник энергоресурсов: теоретические и прикладные аспекты”, а также по темам “Тектоно-седиментационные системы: строение и развитие” (госзадание № 0135-2018-0034, научный руководитель д.г.-м.н Н.П. Чамов), “Развитие научно-методических основ поисков крупных скоплений углеводородов в неструктурных ловушках комбинированного типа в пределах платформенных нефтегазоносных бассейнов” (госзадание 0139-2019-0002, научный руководитель д.г.-м.н. Л.А. Абукова) и “Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)” (госзадание 0139-2019-0008, научный руководитель — ак. А.Н. Дмитриевский).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абля Э.А., Соколов Б.А.* Флюидодинамическая модель нефтегазообразования. М.: ГЕОС, 1999. 76 с.
2. *Абукова Л.А.* Геофлюидодинамика глубокопогруженных зон нефтегазонакопления // Ред. А.Н. Дмитриевский. Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М.: ГЕОС, 2002. Вып.2. С. 78–85.
3. *Абукова Л.А.* Геофлюидодинамика осадочных нефтегазоносных бассейнов // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности / А.Н. Дмитриевский (ред.). М.: ГЕОС, 2000. С. 95–99.
4. *Абукова Л.А., Карцев А.А.* Флюидные системы осадочных нефтегазоносных бассейнов (типы, основные процессы, пространственное распространение) // Отечественная геология. 1999. № 2. С. 11–16.
5. *Басков Е.А.* Гидрогеология и флюидогеодинамика осадочных бассейнов // Литогеодинамика и минералогения осадочных бассейнов / А.Д. Щеглов (ред.). СПб.: ВСЕГЕИ, 1998. С. 119–149.
6. *Богашова Л.Г.* Роль нисходящей фильтрации газогенных вод в нефтеобразовании // Нефтегазовая гидрогеология на современном этапе (теоретические проблемы, региональные модели, практические вопросы) / А.А. Карцев (ред.). М.: ГЕОС, 2007. С. 209–220.
7. *Боревский Л.В., Кременецкий А.А.* Геологическая роль подземных вод при прогрессивном метаморфизме в условиях открытых и закрытых систем // Подземные воды и эволюция литосферы / Н.В. Роговская (ред.). М.: Наука, 1985. Т. 2. С. 8–13.
8. *Бушуев В.В., Крюков В.А., Саенко В.В.* Развитие нефтяной промышленности России: взгляд с позиций ЭС-2030 // Нефтегазовая вертикаль. 2010. № 13–14. С. 24–31.
9. *Варшавская И.Е., Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г., Милетенко Н.В., Федонкин М.А.* Новая концепция развития ресурсной базы углеводородного сырья // Вестник РАН. 2012. Т. 82. № 2. С. 99–109.
10. *Волож Ю.А., Антипов М.П., Шипилов Э.В., Малышев Н.А.* Комплексные четырехмерные модели нефтегазоносных осадочных бассейнов восточной окраины Восточно-Европейского палеозойского континента в сборнике // Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа и развития нефтегазового комплекса России / Ю.Г. Леонов (ред.). М.: ГЕОС, 2007. С. 95–107.
11. *Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г. и др.* О стратегии очередного этапа нефтепоисковых работ в Прикаспийской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. 2009. № 4. С. 341–362.
12. *Гаврилов В.П.* Геодинамическая модель нефтегазоносности Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2012. № 3. С. 60–68.
13. *Гуревич А.Е., Крайчик М.С., Батыгина Н.Б.* Давление пластовых флюидов. Л.: Недра. 1987. 223 с.
14. *Дальберг Э.Ч.* Использование данных гидродинамики при поисках нефти и газа. М.: Недра, 1985. 150 с.
15. *Дмитриевский А.Н.* Полигенез нефти и газа // ДАН. 2008. Т. 419. № 3. С. 373–377.
16. *Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Сорохтин О.Г., Донгарян Л.Ш.* Серпентиниты океанической коры — источник образования углеводородов // Геология нефти и газа. 2002. № 3. С. 37.
17. *Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Каракин А.В.* Формирование залежей углеводородов в зонах растяжения океанической коры // Газовая промышленность. 2004. № 5. С. 50–54.
18. *Дюнин В.И., Корзун А.В.* Гидрогеодинамика нефтегазоносных бассейнов. М.: Научный мир, 2005. 254 с.
19. *Иванов С.Н.* Предельная глубина открытых трещин и гидродинамическая зональность земной коры // Ежегодник-1969 (осн. результаты работ 1969 г.). Свердловск: ИГиГ УФ АН СССР, 1970. С. 212–233.
20. *Иванов С.Н., Иванов К.С.* Реологическая модель строения земной коры (модель 3-его поколения) // Литосфера. 2018. № 4. С. 500–542.
21. *Зайцев И.К.* Принципы гидрогеологического районирования и типизации гидрогеологических структур // Основные типы гидрогеологических структур СССР / И.К. Зайцев (ред.). СПб.: Тр. ВСЕГЕИ, 1974. Т. 229. С. 5–9.

22. Карцев А.А. Нефтегазовая гидрогеология. М.: Недра, 1992. 206 с.
23. Керимов В.Ю., Леонов М.Г., Осипов А.В., Мустаев Р.Н., Ву Нам Хай. Углеводороды в фундаменте шельфа Южно-Китайского моря (Вьетнам) и структурно-тектоническая модель их формирования // Геотектоника. 2019. № 1. С.44–61
24. Киссин И.Г. Современный флюидный режим земной коры и геодинамические процессы // Флюиды и геодинамика / Ю.Г. Леонов (ред.). М.: Наука. 2006. С. 85–104.
25. Кунин Н.Я. Промежуточный структурный этаж Туранской плиты // М.: Недра, 1974. 262 с. (Труды ВНИГНИ. Вып. 147).
26. Кучеров В.Г., Колесников А.Ю., Дюжева Т.И. и др. Синтез сложных углеводородов при термобарических параметрах, соответствующих условиям верхней мантии // ДАН. 2010. Т. 433. № 3. С. 361–364.
27. Леонов Ю.Г. Тектоническая подвижность коры платформ на разных глубинных уровнях // Геотектоника. 1997. № 4. С. 3–23.
28. Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Хераскова Т.Н. Консолидированная кора Каспийского региона: опыт районирования / М.: ГЕОС. 2010. 63 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 593).
29. Леонов Ю.Г., Перфильев А.С. Тектоническая природа границы Мохоровичича // Проблемы геодинамики литосферы / М.: Наука. 1999. С. 10–26. (Тр. ГИН РАН. Вып. 511).
30. Летников Ф.А. Эволюция флюидного режима эндогенных процессов в геологической истории Земли // ДАН СССР. 1982. Т.262. № 2. С. 29–38.
31. Матусевич В.М., Абдраштова Р.Н., Яковлева Т.Ю. Крупнейшие геодинамические водонапорные системы Западно-Сибирского мегабассейна // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. С. 1–40.
32. Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция // Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож (ред.). М.: Научный мир. 2004. 516 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 543).
33. Патица И.С., Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Копп М.Л., Антипов М.П., Трифонов В.Г., Морозов Ю.А. Крымско-Копетдагская зона концентрированных орогенических деформаций как трансрегиональный позднеколлизийный правый сдвиг // Геотектоника. 2017. № 4. С. 17–30.
34. Перфильев А.С. Тектоническая природа поверхности Мохоровичича в океанической литосфере // Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты / Ю.Г. Леонов (ред.). М.: ГЕОС, 1998. С. 88–90.
35. Пиннекер Е.В. Проблемы региональной гидрогеологии. Закономерности распространения и формирования подземных вод. М.: Наука, 1977. 193 с.
36. Рабкин Ф.С., Абалгалиев М.Ж., Аксаева Ф.К. и др. О природе структурных инверсий полей пластовых давлений в подсольевых отложениях Прикаспийской впадины // Известия АН КазССР. Сер. Геол. 1990. № 1. С. 9–16.
37. Соколов Б.А. Эволюционно-динамические критерии оценки нефтегазоносности недр. М.: Недра, 1985. 168 с.
38. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии М.: Научный мир, 2003. 348 с.
39. Хаин В.Е., Гончаров М.А. Геодинамические циклы и геодинамические системы разного ранга: их соотношения и эволюция в истории Земли // Геотектоника. 2006. № 5. С. 3–24.
40. Хераскова Т.Н., Сапожников Р.Б., Волож Ю.А., Антипов М.П. Геодинамика и история развития севера Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии по данным регионального сейсмического профилирования // Геотектоника. 2006. № 6. С. 33–52.
41. Хитров А.М., Попова М.Н., Новикова О.В. Ресурсная база России и возможные маршруты транспортировки углеводородного сырья в первой половине 21 века // Георесурсы, геознергетика, геополитика. 2010. № 1(1). С. 21.
42. Цзинь Чжицзюнь. Особенность образования залежей углеводородов и закономерность распределения средних и крупных нефтегазовых месторождений Китая. Дисс. ... докт. геол.-мин. наук. М.: РГУНИГ, 2007. 360 с.
43. Эльмаадави Х.Г. Механизмы и происхождение аномально высоких пластовых давлений (АВПД) на Астраханском своде Прикаспийской впадины // Естественные и технические науки. 2010. № 5. С. 276–278.
44. Яковлев Л.Е. Инфильтрация воды в базальтовый слой земной коры. Труды ГИН: Вып.494. М.: Наука, 1999. 200 с.
45. Anderson D.L. Plate tectonics as a far from equilibrium self-organized system // In: Plate Boundary Zones. Geodynamics Series. No 30. American Geophysical Union, 2002. Washington, DC, P. 411–425.
46. Batalin O., Vafina N. Condensation Mechanism of Hydrocarbon Field Formation // Sci. Reports. 2017. No 7. Article number: 10253. 9 p. DOI:10.1038/s41598-017-10585-7
47. Bachu S. Flow systems in the Alberta Basin; patterns, types and driving mechanisms // Bull. of Canada Petroleum Geology. 1999. Vol. 47. No 4. P. 455–474.
48. Garven G.A. Hydrogeologic model for the formation of the giant oil sands deposits of the Western Canada sedimentary basin / American J. of Science, 1989.Vol. 289. No?. P.105–166.
49. Hubbert M.R. Entrapment of petroleum under hydrodynamic condition // AAPG Bull. 1953. No 37. P. 1954–2026.
50. Rose P.R., Everett J.R., Merin I.S. Possible basin centered gas accumulation, Roton basin, Southern Colorado // Oil & Gas Journal. 1984. Vol. 82. No 10. P. 190–197.
51. Volozh Y.A., Leonov Y.G., Antipov M.P., Morozov A.F. The structure of Karpinskij ridge // Geotectonics. 1999. Vol. 33. No 1. P. 24–38.
52. Xiong-Qi Pang, Cheng-Zao Jia, Wen-Yang Wang. Petroleum geology features and research developments of hydrocarbon accumulation in deep petroliferous basins // Petroleum Science. 2015. Vol. 12. № 1. P. 1–53.

Geofluid Dynamic Concept of Prospecting for Hydrocarbon Accumulations in the Earth Crust

L.A. Abukova^{a,*}, Yu.A. Volozh^b, A.N. Dmitrievsky^a, and M.P. Antipov^b

^a*Institute for Oil and Gas Problems, Russian Academy of Sciences, 119333, Moscow, Russia*

^b*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, 7119017, Moscow, Russia*

**e-mail:abukova@ipng.ru*

Received July 23, 2018; revised December 27, 2018; accepted January 28, 2019

In our paper we produce new evidence of the tectonosphere and hydrosphere structure of oil and gas sedimentary basins and confirm significant influence of geofluid-dynamic processes on formation of hydrocarbon accumulations in the crust at the great depths. In our opinion the theory based on obsolete views on the tectonosphere structure lessen the importance the sedimentary migration theory of hydrocarbon generation. We prognosticate a particular stagnant type of post-elysionic water-drive systems in the crust at the great depths in conditions of increased hydrodynamic isolation. Absence of regionally sustained vertical and lateral drainage layers characterizes geological environment where stagnant type developed, and, corollary, fluids outflow into external environment is practically unfeasible. The subsalt filling complexes of the epicontinental deepwater basins are included into the post-elysionic water-drive systems. These complexes occur at the great depths and possibility of striking unique and large oil and gas fields there is inherent. We propose a system of fluid-dynamic conditions for preserving hydrocarbon accumulations in the lower crust as a result of developing sedimentary-migration theory for oil and gas formation. We consider the refinement of methods for prospecting and exploration large deposits at the great depths will pave the way for expanded reproduction of hydrocarbon reserves in the “old” oil and gas producing regions in our country.

Keywords: tectonosphere, platform, folded complexes, consolidated crust, seismic-stratigraphic boundaries, hydrodynamic screening, autoclave type of hydrocarbon systems