

УДК 553.98(470.4/.5)

СТРУКТУРА ПОСТСЕДИМЕНТАЦИИ ЖИГУЛЕВСКОЙ ДИСЛОКАЦИИ, НЕОТЕКТОНИКА ДОМАНИКА ПРЕДУРАЛЬЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ РАЗРАБОТКИ

В.И. Попков, А.М. Штеренберг

Самарский Государственный Технический Университет

POST-SEDIMENTATION STRUCTURE OF ZHIGULI DISLOCATION AND NEO-TECTONICS OF CIS-URALS DOMANIKS. GEOLOGICAL RISKS OF DEVELOPMENT

V.I. Popkov, A.M. Shterenberg

Samara State Technical University

E-mail: popkov_vi@mail.ru

Аннотация. Представлена феноменологическая модель геомеханики структурирования гетерогенно-равновесной постседиментации геофизической синергии ритмов массива горных пород Жигулевской дислокации. Представлены дополнительные исследования, сейсмологическая, тектонофизическая, геологическая, геофизическая информация поиска и разведки нетрадиционных месторождений и геогидродинамического моделирования этапов разработки сложнопостроенных коллекторов динамического порового пространства. Исследовано напряженно-деформированное состояние горного массива и скважин в процессе подземной разработки для крупномасштабных объектов Жигулевской дислокации. Научно обоснован инерционно-капиллярный закон сохранения количества движения Дарси-Стокса и квадратичного уплотнения структуры нефтенасыщения тангенциальной упаковки геофизической синергии ритмов фильтрации и поровой диффузии нормального распределения Гаусса. На основании решения

уравнений массопереноса и сохранения количества движения для сейсмической эмиссии различных структур энергетически сопряжены фильтрация, подчиняющаяся закону Дарси и структурно-топологическая дислокация импульсов по Эйлеру мобилистической неотектоники порово-кавернозно-трещиноватой диссипации фазового осаждения глобальной аккумуляции углеводородов.

Abstract. The author presents the heterogenetic balanced volumetric geo-mechanical model for the structural massif of mountain rock post-sedimentation in view of geo-physical synergy and petro-migration. The paper provides a set of additional studies for seismic, tectono-physical, geological, geo-physical information in a process of search and exploration of hydrocarbon fields and large-scaled construction of surface and subsurface equipment, well drilling and their completion, as well as geo-dynamic studies, geo-hydrogeological simulation of their development stages. The author has studied the change in stress-deformed status of mountain massifs and the wells in a process of their subsurface operation. He also has studied the stress fields for the large-scaled reef formations in Zhiguli dislocation and the Cis-Ural region. The author has scientifically proved the inertia-capillary law of movement conservation (by Darcy-Stokes) and stress-deformed status of square compaction and structural packs of geo-physical rhythms during filtration, petro-migration diffusion and mass-transfer (Bessel's ray-path and Gaussian distribution). Basing upon the solution of equations related to number of movements (of Navier-Stokes type) for the deformed porous media and conjugated seismic emission of various mass transfer structures he, in a form of a system, has combined filtration as per Darcy and diffusion of structural-topological dislocation of impulses as per Euler with mobile neo-tectonics in porous-cavernous-fractured dissipative accumulation of spectral-phase sedimentation and accumulation of hydrocarbons.

Ключевые слова: жигулевская дислокация, литология, петромиграция, комплексирование, плотные породы, геофизическая синергия, коллекторы, трудноизвлекаемые запасы, нетрадиционные залежи, многосегментное ГРП, геогидродинамическая модель, полевые исследования, инновационное проектирование

Key words: Zhiguli dislocation, petro-migration, integration, tight formations, geo-physical synergy, reservoirs, hard-to-recover oil reserves, unconventional oil reservoirs, multi-stage hydro-fracturing, geological and hydro-dynamic models, oil field studies, innovative designing

Введение. «Нам повезло, что часть уникальных месторождений Урало - африканского трансконтинентального нефтегазоносного пояса (наиболее богатый углеводородами участок земной коры) расположена на территории России» Владимир Литвиненко *ИА REGNUM*

<https://regnum.ru/news/polit/1782935.html>

Постановка задачи. Геология как наука прекрасно развита в своей описательной, прикладной части. В фундаментальной же части требуется установить источник энергии глобальных процессов геологической эволюции, таких как субдукции и дрейфа континентов, туннелирования и уплотнения фильтрации, петромиграции и диагенеза коллекторов, вулканизма и землетрясений, наличия твердого ядра Земли с жидкой оболочкой и магнитного поля Земли. Требуются геомеханические модели прогнозирования [14], управления и инновационного проектирования нефтегазонасыщения мелких природных частиц суффозии при заводнении пластов вторичных и третичных методов нефтегазодобычи.

Очевидно, что существует источник энергии, действующий в течение нескольких миллиардов лет, к которому не относятся известные химические и ядерные реакции, промышленная разработка и закачка слабо

сжимаемых агентов вытеснения и поддержания пластового давления (ППД) классических моделей [10] традиционного абсолютного порового пространства (АПП). Источником колоссальной энергии могут быть физические процессы синергии геофизических ритмов импульсов и моментов импульсов [9] гравитационного сжатия и разуплотнения слоисто-неоднородной порово-трещиноватой породы геосреды. Приведем аналитический обзор и теоретическое обоснование новой постановки задачи геомеханики комплексированного напряженно-деформированного состояния (НДС) геофизической синергии ритмов уплотнения и разуплотнения динамического порового пространства (ДПП) и геодинамики его флюидонасыщения.

Петрофизика - молодая наука нашего столетия, однако отмеченная научными достижениями и открытиями, особенно в области диагенеза коллекторов, постседиментации и геодинамического нефтенасыщения [3]. Активное развитие получила при оценке потенциала сложнопостроенных, порово-трещиновато-кавернозных, уплотненных коллекторов рифовых зон, порового состояния разуплотненной микротрещиноватости сланцевой нефти, нефтематериковых пород доманика и баженовской свиты. Поровое состояние вещества минерального насыщения динамической структуры может быть газообразным, жидким и твердым. Энергетическое же состояние минеральной концентрации гетерогенного равновесия трещиноватых блоков горных пород определяется цикличностью многомасштабных процессов синергии геофизических ритмов [19] и сейсмической эмиссии сил Кориолиса, гидродинамических, гравитационных, термических, физико-химических, электромагнитных и др. геофизических массовых сил импульсного характера, деформации разуплотнения и уплотнения тангенциального флюидонасыщения, сдвиговой, минерально-рудной упаковки ДПП. В этом случае традиционное АПП выступает как одно из звеньев синергии ритмов ДПП,

ее линейной, симметричной частью структурной самоорганизации глобального порового пространства Земли.

Так исследователи (Kumar Varoon Agrawal et. al. [8]) Массачусетского технологического института, выяснили, что вода, заключённая внутри крошечных полостей углеродных нанотрубок, ведёт себя необычным образом. Она может полностью замёрзнуть при температурах, превышающих температуру кипения, то есть выше 100°C. При этом могут образоваться больше десяти разных видов структур гетерогенного равновесия льда. Это утверждение можно отнести как к воде, нефти, так и другим флюидам [31] и растворам минеральных концентраций пластического осаждения и вязкоупругой адсорбции.

Современный уровень знаний в механике горных пород не позволяет однозначно предсказать все аспекты поведения массива горных пород при эксплуатации крупномасштабных сооружений скважин [17, 21]. Не существует прямых определений, лабораторных и полевых методов исследования состояния вещества и структуры глубинного порового пространства в пластовых условиях при высоких давлениях и естественном температурном градиенте. Исследования должны быть направлены на установление общих закономерностей НДС деформируемых массивов горных пород. Динамические структуры порового пространства могут быть различных типов, а традиционная абсолютная пористость АПП является одной из подобных. Еще Христианович С.А. описал десятки видов поверхностных структур руслового течения [4]. Глубинные процессы фильтрации, диффузии и миграции многократно расширяют количество статически равновесных структур АПП, которые являются энергетическими звеньями ДПП. Так, рассматривая автокаталитический механизм газонасыщения пород, Конторович В.А. [2] обосновывал формирование высокоамплитудных структур ДПП самоусиливающегося всплывания, т.е. резонансного

массопереноса типа луча Бесселя (Popkov V.I. et. al. [19]).

Возникает острая необходимость в фундаментальных теоретических физико-математических моделях состояния вещества порового пространства в зависимости от давления, температуры, вязкости, пластичности и вязкоупругости собственных ритмов комплексов геологической поровой деформации. Объектами комплексированного моделирования петрофизики и литологии выступают породно-слоистые тела и их ассоциации, вещественно-структурная организация, форма проявления, природа и механизм их образования, причины, обуславливающие их свойства и практическое значение. Объектами глобального физико-математического моделирования являются петромиграция и геологическая эволюция осадочных пород в истории Земли [20] на разных стадиях литогенеза; фациальные формации и создание теоретических основ фациального анализа; палеогеографическая реконструкция условий осадконакопления, процессов гипергенеза и их моделирование, транспортировка и аккумуляция осадочного материала.

Областями исследований петрографии являются петрографические и литологические методы исследований; вещественный состав, структура и геохимия осадочных горных пород (обломочных, хемогенных, органогенных, полигенных), геохимия осадочного процесса. Теоретическими основами формационного анализа выступают закономерности регионального и планетарного литогенеза; палеотектонические и геодинамические реконструкции на основе формационного анализа; теории литостратиграфического анализа для целей геологического картирования и поисков полезных ископаемых [16]. Осадочные горно-породные тела выступают как носители динамических ловушек полезных ископаемых. Исследуются их строение, статистические и детерминистские закономерности локализации и дислокации НДС, условий образования полезных ископаемых осадочного происхождения

(глин, песков, карбонатного и кремнистого сырья, бокситов, осадочных и элювиальных руд железа, марганца и др., энергетического сырья и УВ). Проводится стадийный анализ постседиментационных, геологических циклических преобразований геодинамики, дополнительных этапных геофизических исследований скважин (ГИС) и параметризации полевых исследований и результатов разработки коллекторов АПП и ДПП (диагенетических, катагенетических, метagenетических), моделирования петромиграции и геологической эволюции.

В глобальных геофизических процессах Земли выполняются законы сохранения энергии и величины электрического заряда. Линейные законы сохранения массы и параметрической интерполяции фронта насыщения традиционных конечно-разностных моделей геологии и разработки УВ не работают в многомасштабной геологической среде. При распространении нелинейных моментов импульсов и деформации фронта газожидкого вытеснения нефти и физико-химических процессов генерализованной гидроаэрации глубинных, срединных хребтов Земли, их минерального насыщения рудными концентрациями «работают» интегральные, энергетически сопряженные релаксационные законы геофизической разгрузки порового давления и упруго-пластичного многомасштабного развития блочно-матричной регматичной трещиноватости. Несимметричная флюидонасыщенная петромиграция, несмотря на малую величину скоростей и деформации, за счет импульсного характера временных геофизических ритмов и моментов сил, больших скоростей деформации, имеет интегральный, релаксационный характер и протекает непрерывно, в режиме реального времени, повсюду, всегда и каждую секунду. Амплитуды импульсов моментов сил и скоростей деформации при высоких частотах могут достигать аномально высоких значений, обеспечивая вязко-пластично-упругое развитие трещиноватости и постоянный прирост давления ДПП, что и показывают результаты

разработки аномальных, сверхнизкопроницаемых коллекторов ДПП Поволжья и фундамента шельфа во Вьетнаме.

В многочисленных исследованиях нефтяных компаний и публикациях EAGE и SPE проведен теоретический анализ геофизического сопряжения геомоделирования. Приведены геодинамические обоснования геолого-физических, физико-химических и гидродинамических процессов, протекающих в пластовых резервуарах и окружающей геологической среде при извлечении из недр нефти и газа известными и создаваемыми вновь технологиями и техническими средствами разработки месторождений с учетом синергии геофизических ритмов [12, 18, 24, 31]. Представлена феноменологическая физико-математическая модель системного развития геофизической синергии ритмов неотектоники [5, 6, 31, 38, 39] пласта ДЗфм Жигулевской дислокации и технологий освоения нетрадиционных уплотненных залежей, этапного развития вязко-пластичного стока минерально-гравийной набивки фильтров неконсолидированных коллекторов ГС и МСГРП [12, 23, 24] пласта ПК₁ Северо-Комсомольского месторождения Предуралья Западной Сибири.

Целью данной работы является анализ новейших аналитических фундаментальных физико-математических системных исследований глобального многомасштабного геоинформационного моделирования промыслово-геологического (горно-геологического) строения залежей и месторождений УВ, пластовых резервуаров и реологических свойств насыщающих их флюидов с целью разработки научных основ геолого-информационного обеспечения ввода в промышленную эксплуатацию нетрадиционных уплотненных месторождений УВ РФ.

Особенностью современного этапа развития нефтяной отрасли РФ является то, что до настоящего времени наука занималась в основном проблемами вовлечения в активную разработку залежей традиционного АПП и трудноизвлекаемых запасов нефти (ТРИЗ) уплотненных

коллекторов опять же АПП. Эта проблема остается одной из важнейших и на перспективу. Но для дальнейшего развития этого уже недостаточно [28]. «Необходимо сделать мощный научный рывок для перехода от ресурсно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию нефтяной отрасли РФ» [11]. Всероссийская научная конференция Газпромнефть по разработке ТРИЗ 24 - 25 ноября 2016 г. в Горном институте Санкт-Петербурга (СПб) показала [39], что РФ имеет колоссальные запасы Баженовской свиты Западной Сибири и Доманика в Поволжье и Предуралье. История повторяется, как в 90-х годах, когда имея уникальные шельфовые запасы Сахалина, вначале отказались от их разработки, отдали их освоение США, объясняя это отсутствием технологий. Потом выяснилось, что США никакие особенные технологии, нам неизвестные, не использует, кроме как многоствольного горизонтального бурения скважин (ГС) и многостадийного ГРП (МСГРП), что в РФ так же умеют делать, тем более что первую ГС пробурили в РФ. Условия разработки месторождений Сахалина были пересмотрены, и Россия так же включилась в интеллектуальную разработку своих залежей. Сегодняшняя ситуация импортозамещения в нефтегазовой отрасли (НГО) РФ требует системное решение этой же проблемы нетрадиционных залежей и развития интеллектуальных технологий разработки сложнопостроенных коллекторов как шельфа, так и крайнего севера Западной Сибири [39] и Предуралья.

В геомеханике сложилось представление о разработке как о многомасштабном, многоуровневом процессе разрушения структуры порового пространства [29]. Еще И.М. Губкин в циклах разработки выделял стадию разрушения нефтегазовых месторождений. Подобного рода системные построения проводятся на базе инновационных подходов к рассмотрению энергетики геодинамических процессов. Глобальные методы Л.Д. Ландау моделирования многомасштабного равновесного

состояния сплошных сред, основанные на обобщённом вариационном принципе, развиты в трудах Л.И. Седова, блочной геомеханики литосферы А.Н. Дмитриевского. Комплексированное сопряжение разработки со специальными исследованиями геофизических полей представлено в «Учении о нефтяном пласте» С.Дж. Пирсоном и монографии А.Н. Павлова [13]. Необходимо системное, теоретическое признание дифференцированного, постседиментационного, циклического характера диагенеза и этапов разработки коллекторов динамической структуры насыщения порового пространства (ДСПП), а не статистического, «мертвого» АПП. Биосфера, однако, не производит мусор и биогенные отходы, в отличие от человека, поэтому УВ ловушки являются отнюдь не кладбищем, а единой системной, динамической составной частью глобальной гидроаэрации генерализованных горных хребтов, сейсмической эмиссией геофлюидодинамики уплотнённого порово-трещиноватого пространства Земли.

Теоретическая, глобальная модель динамического структурирования запасов дает возможность системно оценить интеллектуальные технологии, экономический успех и геологические риски разработки инновационных месторождений УВ ДПП по сравнению традиционными технологиями АПП. Новая феноменологическая модель позволяет в полной мере оценить и освоить новые технологии и провести широкомасштабное их внедрение в НГО РФ. Теория открывает новые возможности развития IT технологий геоинформационных, численных методов поиска, разведки и разработки месторождений, в т.ч. и нетрадиционных, уплотнённых залежей.

Традиционные, потенциальные, безбарьерные недеформируемые модели стягивают запасы к скважинам независимо от их дебитов, невзирая на расстояния, согласно градиентам давления. Численные же значения линейных градиентов давления одномасштабных моноэкспоненциальных

моделей никогда не бывают нулевыми. Но ведь если есть хотя бы мизерный градиент, значит, будет ненулевой и скорость фильтрация. Значит, невзирая на противоточные, противофазные пульсации импульсного характера истинного несимметричного притока, скорость фильтрации будет всегда направлена к скважине, что приводит к неадекватному моделированию и распределению остаточных запасов [41] в межскважинном пространстве АПП. Поровая структура извлекаемых запасов АПП ухудшается, а ресурсная база бурения и ГТМ падает. Приходится бурить скважины в остаточных нефтенасыщенных толщинах и проводить ГТМ на основе мономасштабных потенциальных решений, обладающими большими геологическими и экологическими рисками.

Уплотненно-разуплотненная, глубинно-поровая структура движения представляет собой многомасштабную разгрузку порового давления, микротрещиноватости, микрокапиллярности и поровой деформации НДС, без которых невозможны микроперемещения флюидов макросточка поровых ячеек трещиновато-проницаемых матричных блоков. Аномально высокое поровое давление (АВПД) прироста давления в конечном объеме геологических тел, согласно второй теореме Эйлера, является суммой импульсов поверхностных сил и передач их в давление. Давление же является мгновенным симметричным срезом тензора напряжений НДС.

В теоретических и лабораторных исследованиях по реологии нефти с учетом микрочастиц СамГТУ, СамараНИПИнефть и Горного института СПб представляется капиллярно-гравитационный, интегральный закон скорости массопереноса Дарси-Стокса [15, 29, 30] с учетом многомасштабной, диффузионной фильтрации. В работах СамараНИПИнефть приводятся динамические сейсмические атрибуты [21] гетерогенного равновесия нефтегазонасыщения ДПП, скважин паро-, водонефтяной добычи и закачки [18], ГДИС с гравийной тангенциальной упаковкой фильтров неконсолидированных коллекторов [12].

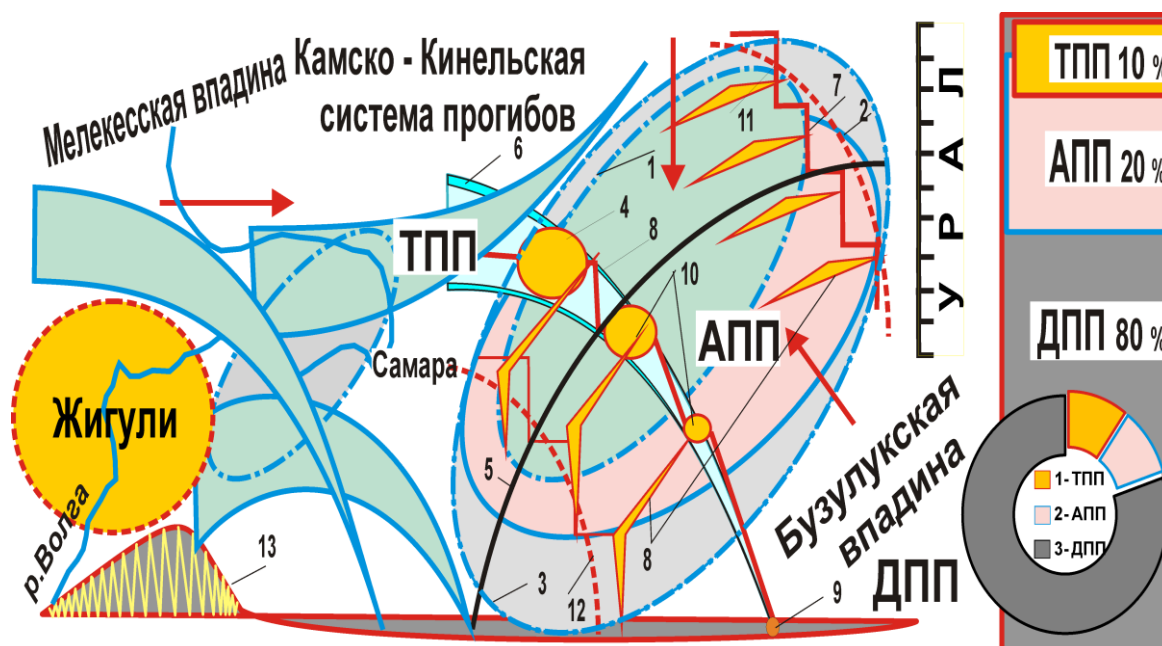
Параметризация минерального сопряжения реологических кривых, сейсмических атрибутов комплексированной синергии петромиграции четко показывают высокоэнергетическую динамическую структуру поверхностных сил облекания геологических тел и нефтегазонасыщения их объемов, связанные с высокоамплитудной блочно-вертикальной, регматичной трещиноватостью [40]. Механизмом массопереноса и передачи глубинных импульсов Земли выступает совокупность физико-химических и геофизических процессов ремотогенной микротрещиноватости дифференциально неоднородной гетерогенно-равновесной трещиноватой геосреды, вещественно непрерывных комплексных фазовых скоростей сплошной среды.

Градиент давления отражает пространственную структуру геологических тел, а импульсов - временной градиент эволюции, который так же является движущей силой. На поверхности Земли, в макром мире при больших числах Рейнольдса преобладают градиенты давления вещественных макроскоростей, но в тонком сдвиговом слое моментов сил и комплексных фазовых скоростей деформации основную роль играют пространственно-временные градиенты масштаба импульсов уплотнения, как например, при смене знака фазового угла скорости.

Пространственно-временные энергетически сопряженные градиенты импульсов давления обычно являлись параметрами численных решений гиперболических уравнений. В последнее время исследуются решения альтернативных, обобщенных эволюционно-топологических уравнений сохранения энергии и импульсов типа Навье-Стокса [25 - 27], и нетрадиционных уравнений, дробного порядка, или нейронных сетей. Предпочтение надо отдать альтернативным уравнениям, например, сохранения импульсов, так как неизвестно как рассчитывать вторую производную по геологическому времени, и какую брать вторую точку отсчета для расчета момента импульсов при многомасштабном

моделировании или разложения в ряд Тейлора при численно-аналитической реализации решения. Энергетически сопряженные уравнения сохранения импульсов могут быть преобразованы в параболические уравнения типа теплопроводности традиционных гидродинамических моделей безинерционного типа массопереноса и фильтрации согласно закону Дарси. Это выполняется при условии идеальной смесимости и пренебрежении низкоамплитудной составляющей диссипации, т.е. при приближенном соблюдении дифференциальных законов сохранения массы и энергии локальных ячеек конечных объемов, но отнюдь не интегральных законов районированных блоков порово-трещиноватой горной среды.

Сопряженные, высокоамплитудные высокоэнергетические физические процессы выступают системными ячейками единого интегрального массопереноса типа луча Бесселя для его частного случая - нормального порового распределения Гаусса. Высоко структурированные запасы геологической среды доманика и кристаллического фундамента описываются подобным, нормально-квадратичным законом физико-химического уплотнения пористости, т.е. структурированной постседиментации тангенциально-сдвиговой импульсной упаковки горных пород. Таким образом, в фундаменте и его коре выветривания сосредоточены запасы УВ на порядок больше ($2\pi N$ синергия), чем в традиционных залежах АПП. Поиск и разведка жильных залежей УВ [16], их разработка и ГДИС, геолого-гидродинамические и сейсмические исследования высокоамплитудной (~ 1500 м) трещиноватости, как например, Белый Тигр во Вьетнаме или растущие запасы (1:10) и дебиты импульсного характера на рифе ДЗфм Южно-Орловского месторождения Жигулевской дислокации подтверждают приведенное соотношение (см. рис.).



1 - древнее ВНК₁, 2 - альпийское ВНК₂, 3 – современное, уплотненное ДПП, 4 - биогерма рифа, 5 - Бузулукская впадина, 6 - Мухановско-Ероховский прогиб, 7 - постседиментация, 8 - тектоническая трещиноватость, 9 - геодинамическая неотрещиноватость, 10 – узлы уплотнения, 11 - разуплотнения, 12 - разуплотнения Жигулевского горста; 13 – динамическая структура фундамента Жигулей, ТПП – трещиноватое поровое пространство (ПП), АПП – абсолютное ПП, ДПП – динамическое ПП (доманикиды доманика), 10 (1), 20(2), 80(3) – диаграмма балансовых запасов ТПП (1), АПП (2) и технически извлекаемых запасов ДПП (3) (ресурсы).

Рис. Неотектоника этапов развития трещиновато - поровых коллекторов динамического порового пространства Жигулевской дислокации

Примеры гармонического, эволюционного характера построения геологических структур уплотненных запасов демонстрирует высокоамплитудная регматичная трещиноватость уплотненных карбонатов поровой структуры доманикитов и аллохтонов древнейшего доманика Поволжья. Аширов К.Б. [7] еще в прошлом веке теоретическим объемным методом подсчитал их запасы, величиной более триллиона тонн. ТРИЗ Поволжья Предуралья и Жигулевской дислокации, в частности, как и Баженовской свиты, отличаются от классических АПП высокоамплитудными энергетическими составляющими регматической высокопроницаемой структуры. В Камско-Кинельской системе прогибов открыты многочисленные рифы с вертикальными вбросами (более 100 м) высокопроницаемой, дисперсной трещиноватостью ДПП. Обнаружена

энергетическая структура облекания низкопроницаемых матричных блоков диффузионно-конвективного, температурно-аномального нефтегазонасыщения. Высокоамплитудные энергетические атрибуты подтверждены сейсмическими исследованиями и направлением выпотов нефтенасыщения и битумопроявления на сверхнизкопроницаемом керновом материале и ГИС.

Мобилистическая неотектоника трещиноватости. Обратимся к рассмотрению процессов пластичного деформирования и описанию на микроскопическом уровне. При установлении связи между приращениями действительных сдвигов и касательных напряжений для совокупности площадок скольжения, расположенных на множестве плоскостей одной ориентации, можно опираться на очень небольшое число допущений. Приращение среднего тензора деформации получается надлежащим суммированием деформаций, вызванных приращениями сдвигов на совокупности плоскостей всех ориентаций. Таким образом, устанавливается связь между «осредненным» описанием явлений в материале на полумикроскопическом уровне и данными экспериментов по испытанию образцов из этого материала.

Принимаем геометрию массопереноса типа луча Бесселя (Popkov V.I. et. al. [9]) или нормального порового распределения Гаусса. Действительные пластические сдвиги сосредоточены на площадках, параллельных системам плоскостей, где действуют главные касательные напряжения. Под регулярным упрочнением понимаем такой процесс пластического деформирования, при котором на каждом шаге догружения приращение деформации осуществляется путем многократного повторения однородных в среднем приращений действительных сдвигов. Представление о процессе регулярного блочного упрочнения и разуплотнения, естественно, приводит к некоторому закону подобия,

который выражается в том, что изменение среднего количества сдвигов на системах плоскостей любой ориентации (их плотности) выражается одной и той же функцией от изменения касательного напряжения на этих плоскостях.

Гармонические горные макропроявления регматичной трещиноватости связаны с геодинамикой сдвиговой неотектоники собственных геофизических ритмов, сейсмической эмиссии и последующей реологической разгрузки напряжений по гидродинамическому потоку. Многомасштабная структура трещиноватости эволюционно проходит все возможные состояния вещества. Единожды образовавшись, трещина никогда не пропадает, меняя свое вещественное состояние: от практического вакуума геофизических полей при новообразовании разлома - к газо-, флюидонасыщенному и упруго-пластичному минерально-концентрированному, рудному заполнению. Примером геофлюидодинамики развития трещиноватых коллекторов горной породы являются альпийские новообразования Жигулевской дислокации и Западного Предуралья, впрочем, как и Восточного, где блоками термической, аномальной локализации трещиноватости выступают высокоамплитудные горсты Юры.

Жигулевская дислокация Предуралья - район высокоамплитудных высокопроницаемых и одновременно блочно уплотненных коллекторов интенсивно восходящих глубинных фильтрационных потоков, проявившихся на рубеже альпийской фазы:

- тепловой поток в три раза выше среднего;
- толщина литосферы уменьшается с 200 до 60 км;
- температура границ Конрада, Мохо повышается на 300° и 600°;
- повышенный термодинамический потенциал разуплотнения литосферы ускоряет тектонические процессы;
- тепловые потоки разлома поднимаются вверх, разогревая породы

верхней мантии, базальтового, гранитного слоя;

- породы разогреваются, размягчаются, теряют прочность, коэффициент прочности приближается к 0,5 - растрескиваются и разуплотняются;
- последняя фаза тектогенеза – альпийская; неогена – активное поднятие;
- залежи подверглись динамическому воздействию и были вытеснены с образованием современного ВНК;
- идут процессы релаксации геодинамических напряжений неотектонической разгрузки минерализованных глубинных вод повышенного геотемпературного режима, геохимических аномалий вторжения избыточной упругой энергии геосейсмической эмиссии.

Показателями геодинамических процессов деструкции являются масштабы ориентировки и упаковки агрегатов вещества. Аномально высокие растущие запасы, дебиты и давления разработки, геофизические и сейсмические исследования параметрических скважин и кристаллического фундамента Волго-Уральской НГП подтверждают блоковое расчленение коллекторов:

- границами блоков тектонических структур служат разломы;
- интенсивная трещиноватость идет от фундамента;
- трещиноватость развивается при динамических воздействиях разгрузки поровых давлений.

Многомасштабные коллектора Предуралья, так же Западной и Восточной Сибири, представляют сложнопостроенную разноориентированную глубокопроникающую структурную мозаику тектонических нарушений осадочного стратиграфического разреза палеотектонического геофизического развития различных полей и блоков геогидродинамически смежных взаимодействий [1].

В работах [22, 33 - 38] представлены аналитическая и численные многомасштабные модели диффузионной фильтрации нефте-, газо- и конденсатных месторождений с учетом состояния вещества и поровой

деформации в зависимости от числа Рейнольдса и других безразмерных параметров подобия. Одними из чисел подобия сопряжения состояний вязкости и упругости выступают капиллярные числа, которые позволяют создать трехуровневые многомасштабные контакты геофлюидодинамики терригенного равновесия фронта вытеснения от макромасштабов до микромасштабов нефтегазовых месторождений и газоконденсатных залежей. Первый уровень системной параметризации зафиксирован в законе Дарси, второй уровень – во второй теореме Эйлера, третий, сопряженный, – в виде аналитических решений уравнения сохранения количества движения Дарси-Стокса-Попкова для насыщенного деформируемого порового пространства стока скважин и ГРП.

Выводы. Проведено теоретическое обоснование создания и необходимости полномасштабного внедрения в НГО РФ новой феноменологической гетерогенно-равновесной объемной модели геомеханики структурированной постседиментации диагенеза коллекторов массива горных пород с учетом геофизической синергии ритмов петромиграции и комплекса сейсмологической, тектонофизической, геологической и дополнительной геофизической информации.

Представлены дополнительные комплексированные исследования изменения напряженно-деформированного состояния горного массива и скважины в процессе подземной разработки, получены поля напряжений для крупномасштабных объектов Жигулевской дислокации и Предуралья.

Главным выводом этой работы является следующее: разработанные лабораторные, математические и промысловые методы испытаний и моделирования районированного флюидонасыщения горных пород сделали процесс миграции природных частиц по потоку предсказуемым и управляемым для того, чтобы помочь восстановлению извлечения нефти и газа НГО РФ.

Список литературы

1. Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго - Восточной Европы // М. - Наука. - 2005. - 340 с.
2. Лунев Б.В., Конторович В.А., Кожемякин И.Д., Лапковский В.В. Формирование ловушек для уникальных газовых месторождений на севере Западной Сибири в результате автокаталитического всплытия газонасыщенных пород // Петрофизика сложных коллекторов: проблемы и перспективы 2014. – М. ЕАГЕ Геомодель, 2014, - с. 318 - 326.
3. Нестерова Г.В., Ельцов И.Н., Киндюк В.А., Назаров Л.А., Назаров Л.А. Моделирование гидродинамических процессов в напряженно-деформируемой прискважинной зоне и геофизические приложения // Петрофизика сложных коллекторов: проблемы и перспективы 2014. - М. ЕАГЕ Геомодель, 2014, - с. 327 - 344.
4. Христианович С.А. Речная гидравлика. Теория фильтрации. Аэродинамика и газовая динамика. Горное дело. Теория пластичности. Энергетика // М.: МФТИ. - 2000, - 272 с.
5. Гужиков А.Ю. Геологическая информативность магнетизма керна и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин // Приборы и системы разведочной геофизики. - № 4(46). 2013, - с. 51 - 61.
6. Яковлев В.Н., Шумакова Е.М., Трегуб Н.В. Сейсмическая активность и геодинамика Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - Т. 16, - № 1. - 2014, - с. 27 - 34.
7. Аширов К.Б., Данилов В.И., Абрамова Л.М., Исаева В.Н. К вопросу о геологическом времени формирования месторождений Среднего Поволжья // Время формирования залежей нефти и газа. Под ред. Мирчинка М.Ф. и др. - М. Наука. -1976, - с. 241 - 247.
8. Kumar Varoon Agrawal, Steven Shimizu, Lee W. Drahushuk, Daniel Kilcoyne & Michael S. Strano. Observation of extreme phase transition temperatures of water confined inside isolated carbon nanotubes // Nature Nanotechnology November 2016 doi:10.1038/nnano.2016.254
9. Popkov V.I., Shterenberg A.M., Khamitov I.G. Sedimentary Tunnel-Type Basin Geomodel for the Hydrocarbons of the Volga-Urals Province or the new strong Solution of Navier-Stokes Equation for deformed porous Media // British Journal of Earth Sciences Research. - № 3(2). - 2015, - pp. 1 - 17.
10. Popkov V.I., Astafiev V.I., Shterenberg A.M., Khamitov I.G., Kolesnikov V.A, Popkova A.V. Global Hydrocarbon Energy Potential of Euro-Asia or Solution of Navier-Stokes Equation for Deformed Micro-Structure of the Earth's Porous Space // Modern Applied Science. № 9(9). 2015, - pp. 307 - 321.
11. Муслимов Р.Х. Переход от ресурсно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию нефтяной отрасли РФ. Проблемы и перспективы // Электронный научный журнал «Нефтяная провинция». -2016 - № 2.
12. Салаяев В.В., Ситдилов С.С., Нуйкин А.М., Арзамасцев Г.Г., Пильгун П.С., Сафин А.Ф., Гашимов Р.Р., Сусоев А.С., Груздов Д., Громовенко А., Капкаев А., Резанов И. Применение гравийной набивки в открытом стволе (ГНОС) в числе технических решений для успешного бурения и заканчивания ГС на пласт ПК₁ Северо-Комсомольского месторождения // SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition, SPE-181925-RU, - Moskov. - 2016.
13. Павлов А. Н. Геофизика. Общий курс о природе Земли // Издание второе, переработанное и дополненное. Учебн. СПб. РГТУ. 2011. - 370 с.

14. Попков В.И., Штеренберг А.М., Шакшин В.П., Киреев И.И., Маньшин П.А. Опыт гидродинамического моделирования на месторождениях Волго-Уральского региона // Нефть. Газ. Новации. - Т. 9. - 2011, - с. 9 - 17.
15. Попков В.И., Штеренберг А.М., Гусев В.В., Митина Е.В. Об одном точном решении комплексирования ритмов мобилизации углеводородов, этапов разработки уплотненных коллекторов и выноса песка геологической эволюции // 12th EAGE Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2016. - Анапа, - pp. 350 - 358.
16. Попков В.И. Постседиментационный характер развития внутриплитных дислокаций как отражение импульсивности деформационных процессов // Geodynamics & Tectonophysics.- № 4(3), - с. 327 - 339.
17. Вячеслав Попков, Вадим Шакшин, Геннадий Воропаев. Блочная самоорганизация дефлюидизации Земли. Кластерная структура пространства времени // Palmarium Academic Publishing. Saarbrucken. Germany. - 2012. - 440 с.
18. Романов А.Е., Цаплин С.В., Болычев С.А., Попков В.И. Математическая модель тепломассопереноса в паронагнетательной скважине // Известия ВУЗов. Нефть и газ. - № 4. -2013, - с. 72 - 78.
19. Popkov V.I., Astafiev V.I. The Volga-Urals Province - Sedimentary Tunnel-type Geological Model of Reservoir Compaction and Complex Rheology Deformat // 2nd Conference on Forward Modelling of Sedimentary Systems. From Desert to Deep Marine Depositioned Systems. Trondheim, EAGE Norway 2016, - pp. 6 - 10.
20. Popkov V.I., Astafiev V.I. and Shterenberg A.M. Evolutionary topological synergy of rythms in mobilizing hydrocarbons in a porous deformation model of Zhiguli dislocation. 16th Inter'l Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. Vol. 1(2). Albena. Bulgaria, - 2016, - pp. 641 - 650.
21. Попков В.И., Хамитов И.Г., Зацепина С.В., Митина Е.В. Об одном точном решении геофизики и геомеханики мобилизации углеводородов деформируемых низкопроницаемых коллекторов // Российская нефтегазовая техническая конференция и выставка. SPE-182029-RU, - М, -2016, - 19 с.
22. Попков В.И., Зацепина С.В. Использование зависимости относительных фазовых проницаемостей от капиллярного числа в задачах трехмерного гидродинамического моделирования залежей нефти и газа // Математическое моделирование. - № 17:2. - 2005, - с. 92 – 102.
23. Попков В.И., Шакшин В.П., Хамитов И.Г., Попкова А.В. Системно-эволюционное моделирование самоорганизации блочной структуры порового пространства геосреды // 11th EAGE Inter'l Conf. on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects. - Kyiv. - 2012.
24. Попков В.И., Зацепина С.В., Хамитов И.Г., Шакшин В.П. Метод энергетического комплексированного сопряжения многомасштабного притока скважин SmartWell в сложноорганизованных коллекторах // SPE-166893-RU Конф. и выставка SPE по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике. AEE 2013. - М. - 2013.
25. Popkov V.I., Voropaev G.A. Determination of the energy characteristics of a viscoelastic cylindrical layer // Soviet Applied Mechanics. - № 21(10), -1985, - pp. 929 - 934.
26. Voropaev G.A., Popkov V.I. Energy and kinematic characteristics of wave propagation in a viscoelastic layered hollow cylinder // Soviet Applied Mechanics. - № 24(7), - 1988, - pp. 669 - 673.
27. Voropaev G.A., Popkov V.I. Propagation of axisymmetric waves in a hollow viscoelastic cylinder // Soviet Applied Mechanics. - 1989, - № 25(10), - pp. 973 - 976.
28. Попков В.И., Митина Е.В. У англичан ружья кирпичом не чистят или о роли системного подхода в науке и образовании // III межд. конф. «Современные

- технологии подготовки кадров и повышения квалификации специалистов нефтегазового производства». Самара. - 2016, - с. 27.
29. Попков В.И., Митина Е.В. Геодинамическое моделирование порово-диффузионной разгрузки многомасштабных сложноорганизованных коллекторов // X Всеросс. науч. конф. с межд. уч. «Математическое моделирование и краевые задачи». - Ч. 2. Самара. - 2016, - с. 60 - 63.
 30. Попков В.И., Митина Е.В. Комплексированная геофизика мобилизации нефтенасыщенных коллекторов модели обобщенной вязкоупругости поровой деформации // Межд. научно-исследовательский журнал. - № 4-6(46). - 2016, - с. 111 - 114.
 31. Попков В.И. Структурно-феноменологическая аккумуляция ритмов постседиментации коллекторов Жигулевской дислокации // 5-е Кудрявцевские чтения по глубинному генезису нефти и газа. ЦГЭ. - Москва. - 2016.
 32. Астафьев В.И., Кахидзе М.Г., Попков В.И., Попкова А.В. Многомасштабное напряженно -деформированное состояние поровой геосреды, сопряженное с фильтрационным стоком скважины // Вестник СамГУ. - № 114(4). - 2013, - с. 54 - 75.
 33. Попков В.И., Шакшин В.П., Зацепина С.В. Гидродинамическое структурное моделирование макроскопических процессов нефтеизвлечения и новые технологии // Энергия развития. Научно-технический Вестник Роснефть. -№ 2. -2008, - с. 31- 35.
 34. Попков В.И., Зацепина С.В., Шакшин В.П. Полудискретная математическая модель гидродинамических процессов залежей нефти и газа // Известия Самарского НЦ РАН. -2007, - с. 125 - 133.
 35. Попков В.И., Шакшин В.П., Зацепина С.В., Попков К.В. Фильтрационный пограничный слой в задачах трехмерного гидродинамического моделирования нефтяных залежей // Известия Самарского НЦ РАН. -2007, - с. 43 - 51.
 36. Попков В.И., Ковалев А.А., Зацепина С.В., Шакшин В.П. Новые аспекты объемной фильтрации жидкостей в трехмерных гидро-динамических моделях // Известия Самарского НЦ РАН. -2005, - с. 83 - 92.
 37. Попков В.И., Зацепина С.В., Зацепин Н.Н., Попков К.В. Численные гидродинамические модели регулирования дренирования нефтегазовых залежей системой скважин // Известия Самарского НЦ РАН. - 2004, - с. 163 - 171.
 38. Попков В.И., Атапин В.Ф., Хмелевских Е.И. Оценка влияния низкопроницаемых прослоев коллектора на эффективность выработки запасов нефти с использованием трехмерных гидродинамических моделей месторождений // Известия Самарского НЦ РАН. -2002, - с. 114 - 120.
 39. Попков В.И., Митина Е.В. Геофлюидодинамика трещиновато-поровых уплотненных коллекторов. Сложная организация нефтематериковых пород и экономического успеха разработки доманикидов. Материалы V научно-технической конференции «Проблемы и опыт разработки ТРИЗ нефтегазоконденсатных месторождений», 24-25 ноября 2016 года, Горный Университет. - Санкт-Петербург. - 2016.
 40. Амурский Г.И., Степанов Н.Г. Зона тектонического разуплотнения самостоятельный объект разработки газового месторождения // Геология нефти и газа. № 05-06,- 1999.
 41. Как заставить в межскважинном пространстве образовываться целикам нефти? // Нефть и Газ. Форум Геологов и Инженеров> Нефтегазовый форум> Моделирование разработки месторождений нефти и газа – URL: <http://heriot-watt.ru/t2055.html>

Сведения об авторах

Попков Вячеслав Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра геологии и геофизики, кафедра разработки нефтяных и газовых месторождений, Самарский Государственный Технический Университет, г. Самара, Российская Федерация.

E-mail: popkov_vi@mail.ru

Штеренберг Александр Моисеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики и физики нефтегазового производства ГОУ ВО Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация

E-mail: ashter53@mail.ru

About the authors

V.I. Popkov, PhD (physics & math), Associate Professor, Chair of Geology and Geophysics, Oil and Gas Field Development, Samara State Technical University, Samara, Russian Federation.

E-mail: popkov_vi@mail.ru

A.M. Shterenberg, DSc, (physics & math), Professor, Chief of General Physics and Physics of Oil&Gas Industry Chair at Samara (Volga Region) State Technical University, Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Samara, Russian Federation.

E-mail: ashter53@mail.ru

Попков Вячеслав Иванович

443096, Российская Федерация,

г. Самара, ул. Дачная, 19, кв.13

Тел. 8 (846) 247 48 05, с.т. +7 9649846011

E-mail: popkov_vi@mail.ru