

## НЕФТЕГАЗОВАЯ НАУКА И ПРАКТИКА XXI ВЕКА: НОВЫЕ ИДЕИ И ПАРАДИГМЫ

Н.П. Запивалов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,

e-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras.ru

В нефтегазовой науке XXI века преобладают идеи современной нелинейной динамики с ее концепциями хаоса и самоорганизации.

Установлено, что углеводороды имеются во всех слоях земной коры, а также предполагается их наличие в космосе. Имеется много различных достаточно авторитетных точек зрения на генезис углеводородов [1-2].

Нефть добывается уже длительное время, поэтому автор предлагает иной подход, не согласующийся с классической органической гипотезой происхождения нефти. Хотя именно он впервые в Западной Сибири в 1958 г. на основе изучения опорных скважин в марьяновской-бажендовской свите (верхняя Юра) выделил нефтематеринскую толщу (геохимическая пачка А). Этому была посвящена кандидатская диссертация. Но сейчас у автора другая парадигма, не предполагающая приверженности какой-либо одной концепции генезиса нефти.

«Путь к Истине лежит через непрерывно заседающий в тебе трибунал Мысли» (Олжас Сулейменов).

Создать общую теорию нафтидогенеза практически невозможно. Выделение региональных нефтематеринских толщ в качестве единого и обязательного источника нефтегазообразования является некорректным.

А. Леворсен еще в прошлом веке пришел к выводу, что нефтематеринские толщи никакого отношения к практике поисково-разведочных работ не имеют. Он утверждал [3]: «Проблема происхождения нефти и газа теряет в какой-то мере свое значение в качестве обязательной предпосылки для постановки поисковых работ. Причиной является то, что нефть и нефтеподобные УВ обнаружены почти во всех неколлекторских породах. Количество остаточной нефти [микронепти], находящейся в рассеянном состоянии в этих породах, превышает все разведанные запасы нефти и газа на земном шаре. Следовательно, нет необходимости искать особые материнские породы» (С. 488).

Различные виды палеорекопструкций по существу являются виртуальными и вряд ли могут считаться уверенными ориентирами для выбора перспективных нефтегазовых объектов, поскольку любая флюидопородная система подвергается вторичным,

наложенным процессам. Особенно важно учитывать метасоматоз. Поэтому мы имеем дело с молодыми залежами и современными фильтрационно-емкостными параметрами пласта. Их преобразование может быть быстротечным. Принципы возрастной аналогии и методика расчетов категориальных запасов по эталонам не отвечают требованиям достоверности решения задач нефтяной геологии. Н.А. Еременко и Дж. Чилингар [4] утверждали, что за очень короткое геологическое время коллектор может стать крышкой, а крышка – коллектором.

Скопления нефти и газа обнаружены во всех типах пород и во всех стратиграфических горизонтах на суше и в акваториях. Фактически мы живем в углеводородной цивилизации. По существу, наша планета является единым нефтяным полигоном.

Мифы о «пике нефти» [5] опровергнуты новыми доказательствами и фактами [6-7]. Скопления углеводородов могут быть открыты в самых неожиданных местах и условиях. Темпы и объемы добычи нефти и газа, а также цены зависят от различных природных, техногенных и рыночных флуктуаций, включая многие антропогенные факторы. Век углеводородной цивилизации никогда не закончится. Это подтверждается наличием и открытием новых разнообразных источников углеводородов (традиционных и нетрадиционных), а также созданием инновационных методов и технологий их добычи и утилизации.

Нефтегазонасыщенный пласт представляет собой целостную взаимосвязанную систему: породы (минералы) + флюиды (нефть, газ, вода). Нефтяная залежь – это «живая» флюидопородная система, поэтому ее жизнь подчиняется законам спонтанной саморегуляции. Следует сосредоточить научную мысль и практические усилия на изучении и управлении «жизнью» месторождений. Необходимо учитывать, что эта «жизнь» зависит от многих градиентных факторов в быстротечном режиме. Нефтяная залежь может сформироваться, расформироваться и вновь образоваться. Поэтому многие скопления нефти и газа являются молодыми.

Есть веские основания считать критическим порогом устойчивого состояния флюидонасыщенной системы в процессе разработки месторождения величину депрессии на пласт 5-8 МПа [8]. Это значение является практически универсальным и применимо для всех типов коллекторов.

Флюидодинамические системы (залежи, месторождения) являются по многим параметрам очаговыми, вероятнее всего, фрактальными объектами с неравномерной продуктивностью.

В первом приближении динамика состояний углеводородных месторождений может описываться эволюционным уравнением вида

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{Z}(\mathbf{p}, \mathbf{a}, t),$$

где  $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_k)$  – выбранный набор динамических величин, характеризующих состояние системы,  $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_l)$  – набор параметров системы,  $t$  – временная переменная,  $\mathbf{Z}$  – оператор, скорее всего, нелинейный, действующий на  $\mathbf{p}$  и универсальный для всех (или для достаточно представительного класса) месторождений, который должен быть определен на основании эмпирических закономерностей развития углеводородных скоплений.

Такой вид имеют уравнения динамики механических систем, жидкостей и газов, классических физических полей, атомных систем, галактик и пр., где они являются основой успешного исследования самых сложных процессов и явлений.

Наиболее эффективным представляется построение натуральных флюидодинамических моделей на основе фактических данных, отраженных в уравнениях переноса и баланса углеводородных масс и сопутствующих компонентов. Это особенно важно для подтверждения закона о критическом пороге состояния нефтегазонасыщенных систем, эмпирически равном 5–8 МПа депрессии на пласт.

Все еще остается нераскрытой «тайна» большой нефти в глубинных комплексах Западной Сибири из-за геологической неопределенности классического термина «фундамент». Этот марафон длится уже более 50 лет. А.А. Трофимук называл палеозой «золотой подложкой Западной Сибири». Много творческих усилий и практических дел автор посвятил данной проблеме [9].

Задача скорейшего масштабного промышленного освоения сугубо прогнозных нефтегазовых ресурсов российских арктических акваторий имеет существенные трудности в обозримой перспективе XXI века. Геологи помогут решить некоторые геополитические задачи, но не более того. Между тем огромная заполярная сухопутная территория Западной Сибири – это совсем другая, почти решенная задача.

Можно складывать легенды о баженитах и сланцевой нефти в Западной Сибири, но чрезмерных надежд на них, видимо, возлагать не стоит. Согласно недавним

исследованиям [10], отложения баженовской свиты по своей геохимической специализации относятся к формации металлоносных черных сланцев; баженовская свита, по сравнению со средними данными для черных сланцев мира, более чем в 3 раза обогащена U, Zn, Sr, Ba и в 1,5 раза – As, Co и Tb. Содержание урана в породах колеблется от 2 до 171 г/т, при среднем – 40,9 г/т. Ориентировочно можно оценить ресурсы этого металла в исследуемом районе на уровне 3 млрд т.

Возникает не праздный вопрос: может быть, из западно-сибирских баженигов добывать уран и другие металлы, хотя бы в отдельных перспективных районах (может быть, вместе с нефтью).

В настоящее время в мире повсеместно осуществляется форсированная коммерческая добыча легкоизвлекаемой нефти всеми доступными сверхинтенсивными методами. Запасы остаточной нефти к настоящему моменту составляют 55–70%. Чтобы добывать эту остаточную (трудноизвлекаемую) нефть из продуктивных пластов, нужно применять новые идеи и технологии.

В научных исследованиях, в прогнозах, поисках, разведке и разработке месторождений следует ориентироваться на установление зон (очагов) с активным градиентным флюидным режимом. Методов и технологий таких инновационных процедур сейчас достаточно, включая высотные и космические съемки. Рекомендуются, например, методика ДФМ [11] и технология спектрального анализа микросейсм (SAM) [12]. Эти технологии позволяют четко выявлять высокопродуктивные очаги в процессе разведки и разработки нефтяных месторождений.

В процессе освоения нефтегазовых месторождений и особенно в период их активной (форсированной) разработки необходимо применять реабилитационные циклы, способствующие быстрому восстановлению энергии пласта и фильтрационных свойств, а также образованию новых объемов углеводородных масс. В итоге это обеспечит длительную жизнедеятельность объекта, высокую конечную нефтеотдачу, соблюдение экологических стандартов, а также существенную экономию труда и капитала.

Многие скважины, отдельные зоны и месторождения по разным причинам подлежат ликвидации. Необходима временная консервация этих объектов для осуществления реабилитационных циклов [13-14], после чего станет возможна их повторная эксплуатация (например, в Мексиканском заливе, Северном море, Западной Сибири и др.). Эта идея подтверждена в недавней статье И.А. Дьячука [15]. Однако

механизмы переформирования залежей по принципу капиллярно-гравитационной сегрегации несколько упрощены. Природные процессы намного сложнее.

Особый интерес представляют доломиты в карбонатных толщах, образованных за счет позднего метасоматоза. Наноразмерные метасоматические процессы увеличивают не только пористость, но и проницаемость, способствуют образованию хороших и часто высокодебитных карбонатных коллекторов. Можно инициировать ускоренный техногенный процесс метасоматической доломитизации и создавать или обновлять высокопродуктивные очаги на месторождении [16-18].

Необходимо в различных нефтегазовых районах организовать научно-технологические полигоны, аналогичные полигону GBRN (Global Basin Research Network) у побережья вблизи штата Луизианы, где расположено гигантское месторождение в Мексиканском заливе. Если это слишком затратно или трудно по каким-либо другим причинам, то нужно иметь хотя бы по одной научно-исследовательской скважине на каждом разрабатываемом месторождении.

Нужны постоянные наблюдения в непрерывном режиме за изменениями в самом флюидонасыщенном пласте. Омар Хайям утверждал: «Чтобы избежать одной ошибки, надо сделать тысячу наблюдений и тысячу измерений».

Можно напомнить, что в Кольской сверхглубокой скважине (12 262 м) многие априорные геологические и геофизические модели оказались неподтвержденными.

Разнообразные виртуальные модели (геохимические, сейсмические, математические и др.) не могут достоверно отражать динамику жизни месторождения. Известный специалист по математической статистике профессор Джордж И.П. Бокс отмечал, что, в сущности, все модели неправильны, но некоторые из них бывают полезными» («All models are wrong but some are useful») [19].

Это же четко показал Сяо-Хуи Ву (старший консультант по вопросам моделирования и применения компьютерных технологий в науках о Земле нефтегазовой компании ExxonMobil). В своей работе «Как прогнозировать производительность пласта в условиях геологической неопределенности в нескольких масштабах?» (2015 г.) он утверждал, что снизить источник неопределенности можно, сократив числовые ошибки и ошибки моделирования на основе полевых данных.

Геофлюидодинамический мониторинг земных глубин резко отстает от космического мониторинга. Это отставание может оказаться фатальным для цивилизации!

### **Рекомендации для практической реализации в ближайшей перспективе:**

В настоящее время следует сосредоточиться на рациональной разработке действующих месторождений с целью щадящей выработки остаточной (трудноизвлекаемой) нефти (Improved Oil Recovery), а также на обнаружении новых, в том числе вторичных углеводородных скоплений по всему стратиграфическому разрезу (включая глубинные горизонты и различные породно-флюидные ассоциации) в районах с развитой многоплановой инфраструктурой.

Если этого не сделать, то огромные массы утвержденных остаточных запасов нефти останутся в недрах Западной Сибири до следующих открытий уже ранее открытой нефти.

Для решения всех этих и многих других проблем нужен весь могущественный потенциал российской науки. Недропользование должно быть научно обоснованным.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Молчанов В.И., Гонцов А.А.* Моделирование нефтегазообразования. Новосибирск: ОИ ГГМ, 1992. 246 с.
2. *Баренбаум А.А.* Научная революция в проблеме происхождения нефти и газа. Новая нефтегазовая парадигма // Георесурсы, 2014. № 4 (59). С. 3-9.
3. *Леворсен А.* Геология нефти и газа // Под ред. Н.Б. Вассоевича, М.К. Калинин. М.: Мир, «Науки о земле», 1970. Т. 22. 638 с.
4. *Еременко Н.А., Чилингар Г.В.* Геология нефти и газа на рубеже веков. М.: Наука, 1996. 176 с.
5. *Hubbert M.K.* Nuclear energy and the fossil fuels // Drilling and Production Practice. American Petroleum Institute, JUNE 1956.
6. *Klare M.* Peak oil is dead // Oil and Maritime. June, 2014. P. 36-38.
7. *Yergin D.* There Will Be Oil // The Wall Street Journal. September 17. 2011.
8. *Запивалов Н.П.* Динамика жизни нефтяного месторождения // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321, № 1. С. 206-211.
9. *Запивалов Н.П.* Как искать и осваивать нефтяные месторождения в палеозойском фундаменте Западной Сибири (научная концепция, опыт, методика, рекомендации) // Томское отделение СНИИГГиМС: 30 лет на службе Томской геологии: Сб. науч. тр. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2002. С. 157-165.

10. *Рихванов Л.П.* и др. Минералого-геохимические особенности баженовской свиты Западной Сибири по данным ядерно-физических и электронно-микроскопических методов исследований // Известия Томского политехнического университета. 2015. Т. 326, № 1. С. 50-63.
11. *Писецкий В.Б.* Прогноз флюидодинамических параметров бассейна по сейсмическим данным. Екатеринбург: УГГГА, 2011. С. 12.
12. *Ведерников Г.В.* Прогноз залежей углеводородов по характеристикам микросейсм: избр. статьи. Новосибирск: Изд-во «Свиньин и сыновья», 2012. 202 с.
13. *Запивалов Н.П.* Пять неотложных мер нефтедобычи Западной Сибири // Эко: всероссийский экономический журнал. 2015. № 5. С. 111-117.
14. *Беднаржевский С.С., Запивалов Н.П., Смирнов Г.И.* Реабилитационные циклы нелинейной динамики нефтегазовых месторождений как основа повышения их продуктивности // Наука и бизнес: пути развития. 2015. № 4 (46). С. 27-31.
15. *Дьячук И.А.* К вопросу переформирования нефтяных месторождений и пластов // Георесурсы. 2015. № 1 (60). С. 39-45.
16. *Запивалов Н.П.* Инновационные технологии в разведке и разработке нефтегазовых месторождений на основе новой геологической парадигмы // Георесурсы. 2014. № 1 (56). С. 23-28.
17. *Запивалов Н.П.* Метасоматическая доломитизация и нефтегазоносность карбонатных пород (наноэффекты образования вторичных высокопродуктивных коллекторов) // Наука и технологии в России. 2009. Т. 88, № 2. С. 31-39.
18. *Поспелов Г.Л.* Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск: Наука СО, 1973. 356 с.
19. *Box G.E.P., Draper N.R.* Empirical Model Building and Response Surfaces. John Wiley & Sons, New York, NY, 1987. 424 p.