УДК 553.98(476)

**Р.Е. Айзберг**

*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ «СЛАНЦЕВЫХ» УГЛЕВОДОРОДОВ**

Актуальность изучения скоплений нетрадиционных «сланцевых» углеводородов (УВ) обусловлена очевидным прорывом к высокоперспективным объектам глобального регионального и локального уровней, которые открывают новые горизонты выявления углеводородного потенциала недр. Это связано, прежде всего, со значительными успехами США в использовании новейших технологий при поисках и добыче газа, легкой нефти и конденсата из низкопроницаемых (0,1‑0,001 миллидарси (мД)) пород и существенными результатами в изучении широкого круга геологических проблем, связанными с вещественными, структурно-текстурными, геохимическими особенностями нетрадиционных УВ-резервуаров, генетическим многообразием условий генерации и сохранения диспергированных УВ в микро- и наноколлекторах [Айзберг, 2010]. В этой связи нельзя согласиться ни с одной из полярных позиций некоторых геологов и экономистов, согласно одной из которых проблематика «сланцевых» УВ несостоятельна в научном отношении и «газосланцевый» бум устроен американцами с целью обмана всего прогрессивного человечества, а в соответствии с другой альтернативной позицией огромные объемы «сланцевых» газа и нефти в ближайшее время заменят во многих странах импорт углеводородов из традиционных источников. Для выявления углеводородного потенциала низкопроницаемых сланцево-глинистых (shale reservoirs), а также плотных (tight reservoirs) карбонатных и кремнеземных пород представляется несомненной важность их изучения на основе новых теоретических, методологических и технологических подходов.

Скопления «сланцевых» УВ представляет собой непрерывные слабо кластеризованные нефтегазоносные системы, приуроченные к обширным ареалам распространения низкопроницаемых полуколлекторов в сланцевато-глинистых, карбонатных и кремнеземных формациях. Коллекторские свойства резервуаров «сланцевых» УВ определяются микро- и наноразмерностью пустотного пространства. Оно характеризуется непрерывной дискретной газонефтенасыщенностью в виде газовых пузырьков, сорбированного или окклюдированного состояния газовых включений, микрокапсул нефти (аналогия с «микронефтью» в определении проф. Н. Б. Вассоевича). Эталонные скопления «сланцевых» УВ в нефтегазоносных формациях непрерывного типа (continuous-types) *обычно не имеют предопределенной связи со структурными (тектоническими) ловушками. В подобных скоплениях УВ отсутствуют подошвенные воды или единый контакт с ними, резко нарушена гидродинамическая связь дискретных включений УВ внутри микро- и наноразмерных пор и трещин.* При использовании фрекинг-методов многостадийного гидроразрыва полуколлекторы «работают» как традиционные коллекторы, что позволяет извлекать газ/нефть из низкопроницаемых микро- и наноколлекторов. Изучение всех этих проблем – новое направление нефтегазовой геологии.

Разработка малоподвижных или неподвижных дискретных включений УВ в низкопроницаемых резервуарах осуществляется на основе бурения L-образных субгоризонтальных скважин и фрекинг-методов многостадийного гидравлического разрыва пластов. Подготовка поисков скоплений «сланцевых» УВ основана на использовании модернизированных технологий сейсморазведки и других геофизических исследований, позволяющих достаточно полно прогнозировать особенности строения, литологии, распределения разнотипных коллекторов в природных низкопроницаемых резервуарах.

Освоение в США газоносных скоплений в низкопроницаемых резервуарах привело к существенному расширению понятийной базы применительно к геологическим особенностям нетрадиционных источников УВ. Нельзя не отметить, что при «разработке» новых понятий в англоязычной литературе были использованы не вполне однозначные термины для определения источников УВ сырья – преимущественно глинистых резервуаров (natural gas/oil of shale reservoirs) и плотных резервуаров (gas/oil of tight reservoirs). Терминологическая путаница усилилась при неадекватных сопоставлениях и переводе с английского языка на русский. Термин «сланцевый газ/нефть» по существу является сленгом, не раскрывающим сущностное геологическое определение глинистых (т.н. «сланцевых»), а также терригенных (кремнеземных) и карбонатных резервуаров с низкой (менее 0,1 мД) проницаемостью пород, вмещающих дискретные УВ образования.

С целью обобщенной постановки проблемы, устранения неоднозначного понимания центрального звена в источниках «сланцевых» УВ и их более точного определения, целесообразно использовать термин «углеводороды низкопроницаемых пород», «углеводороды микро- и наноколекторов» или, согласно А. Е. Лукину [Лукин, 2011] – «углеводороды гидрокарбопелитов» (последнее определение – применительно к глинистым, черносланцевым породам).

В традиционных резервуарах УВ вещественная матрица глинистых, плотных терригенных и карбонатных пород рассматривались как покрышки или полупокрышки (полуколлектора). В полуколлекторах УВ насыщают почти лишенные эффективной пористости породы, поэтому газонефтенасыщение имеет многофазно-дисперсный характер. Следует особо отметить, что в настоящее время в мире *не существует* единой методологии подсчета ресурсов УВ. Конкретные результаты подсчета традиционных (конвенциональных) и нетрадиционных (неконвенциональных) ресурсов УВ проводят раздельно. При этом в США Законом о газовой политике газом плотных формаций (tight gas formation, TGF) называют газ из резервуара с пластовой проницаемостью 0,1 мД и менее.

Острые дискуссии относительно генезиса скоплений УВ в низкопроницаемых резервуарах по своей направленности и аргументации близки к многолетним обсуждениям вопросов происхождения нефти и газа. И лишь отдельные исследователи выделяют центральное звено в этой проблеме – микро- и наноразмерность пустотного пространства пород низкопроницаемых резервуаров, литологический состав последних, степень метаморфизма рассеянного органического вещества. В частности, А. Е. Лукин [Лукин, 2011, 2014] обращает внимание на то, что при физических процессах в пласте размеры пустотного пространства и другие параметры матричной пористости и проницаемости в микро- и наноколлекторах определяют различие роли капиллярных сил в сравнении с обычными коллекторами. Модель формирования коллекторской емкости и УВ в квазизакрытых динамических системах глинистой формации Игл Форд на юге США за счет термодеструкции продуктов катагенеза ОВ и глин предложена В. А. Бочкаревым [Бочкарев, 2010]. Отмеченные данные позволяют сделать вывод о том, что *пространственные эффекты нефтегазообразования и нефтегазонакопления являются результатом проявления различающихся механизмов генезиса УВ в традиционных макроколлекторах (проницаемость выше 0,1 мД) и нетрадиционных микро- и наноколлекторах (проницаемость ниже 0,1‑0,001 мД).* В нетрадиционных коллекторах эти эффекты приводят к формированию непрерывных, слабо кластеризованных нефтегазоносных систем.

Представляются бездоказательными попытки связать генезис «сланцевых» УВ с горючими сланцами (ГС). Хотя генерацию УВ в осадочной толще (наряду с возможными глубинными эманациями УВ-газов) справедливо связывают с термодеструкцией как рассеянного органического вещества, так и концентрированного ОВ (20‑60 %) в виде ГС, нет никаких оснований придавать исключительное значение роли керогена горючих сланцев в газонефтеобразовании. В мире известны сотни мега- и мезоареалов распространения газонефтеносных комплексов, разобщенных в пространстве от ареалов размещения горючих сланцев.

В заключение следует отметить, что ресурсы УВ низкопроницаемых резервуаров представляют собой мощный резерв добычи газа и нефти на средне- и долгосрочную перспективу, который будет использован по мере существенного уменьшения запасов традиционных источников УВ. В настоящее время добыча УВ из низкопроницаемых микро- и наноколлекторов является достаточно дорогой даже в условиях весьма развитой инфраструктуры нефтегазовой промышленности США. При этом добыча «сланцевой» нефти по сравнению с другими нефтяными ресурсами обходится там дороже, чем «сланцевый» газ относительно традиционного газа. По оценке американских экономистов на середину 2014 г., когда мировая стоимость нефти составляла около $US 100 за баррель, для поддержания производства «сланцевой» нефти ее себестоимость должна была колебаться в диапазоне $US 50‑80 за баррель. Если вообще брать верхнюю границу стоимости «сланцевой» нефти, то ее можно сопоставлять со стоимостью более дорогих глубоководных проектов (безубыточный барьер для инвестирования этих проектов к середине 2014 г. находился в пределах $US 50‑90 за баррель). При мировых ценах на нефть ниже $US 50 за баррель инвестиции в разработку новых скоплений УВ из низкопроницаемых резервуаров убыточны. Применительно к Припятскому и некоторым иным старым нефтегазоносным бассейнам представляет экономический интерес разработка на эксплуатируемых месторождениях комбинированных залежей, включающих сопредельные по латерали и вертикали нефтенасыщенные объекты с традиционными макроколлекторами и нетрадиционными микро- и наноколлекторами (полуколлекторами) [Бескопыльный, Айзберг, 2012]. Такой подход позволит повысить коэффициент нефтеизвлечения в пределах давно эксплуатируемых месторождений.

Литература

*Айзберг Р.Е.* Природный сланцевый газ: проблемы изучения и добычи // Веды. 2010. № 28. С. 5.

*Бескопыльный В.Н., Айзберг Р.Е.* Углеводородный потенциал осадочно-породных бассейнов Беларуси // Доклады НАН Беларуси. 2012. Т. 56, № 2. С. 98‑102.

*Бочкарев В.А.* Модель формирования коллекторской емкости в глинистых сланцах на юге США // Зоны концентрации углеводородов в нефтегазоносных бассейнах суши и акватории. СПб. ВНИГРИ. 2010. С. 87‑92.

*Лукин А.Е.* Природа сланцевого газа в контексте проблем нефтегазовой литологии // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2011, № 3. С. 70‑85.

*Лукин А.Е.* Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине // Геофизический журнал, 2014. Т. 36. № 4. С. 3‑21.