

Разведка сланцевых “лакомых кусков” Exploring for Shale ‘Sweet Spots’

Дэвид Бэмфорд, bamford_windward@hotmail.com

David Bamford, bamford_windward@hotmail.com

Сегодня и недели не проходит, как в «отраслевой прессе» объявляют об очередной международной «сделке» по разведке нестандартных запасов. Так, например, Exxon и Роснефть собираются начать разведку сланцев Баженовской свиты в России, Украина и Shell только что сообщили о соглашении на сумму 10 миллиардов долларов о разведке сланцевых запасов в этой стране(1), а Китай только что заявил о присуждении шестнадцати компаниям прав на разведку по 19 блокам сланцевого газа, через аукцион, начавшийся в сентябре прошлого года(2); Такое же изобилие больших чисел везде – взять, к примеру самые недавние заявления о мероприятиях по бассейну Аркаринга в Австралии (3).

Равным образом, популярные СМИ продолжают подчеркивать мнимые недостатки гидроразрыва, ссылаясь, например, на загрязнение водоносных горизонтов и потенциальные мини-землетрясения. И некоторые политики отвечают на эти «популярные» сомнения.

Разумеется, причиной такого обостренного интереса является революция в энергетике, имеющая место

Not a week seems to go by nowadays without an international ‘deal’ for the exploration for unconventional resources being announced in the ‘trade press’. So, for example, Exxon and Rosneft are about to start exploring the Bazhenov shale in Russia, Ukraine and Shell have just announced a \$10bn agreement for the exploitation of shale resources in that country(1), and China has just announced that it has awarded the exploration rights of 19 shale gas blocks, through an auction process which started in September last year, to 16 companies(2). Equally, big numbers abound – consider for example the most recent announcements concerning the Arckaringa Basin in Australia(3).

Equally, the popular media continues to focus on the supposed downsides of ‘fracking’ – alleged aquifer contamination and potential micro-earthquakes, for example. And some politicians then respond to ‘popular’ reservations.

Of course, this interest is all triggered by the energy revolution that is taking place in North America, especially in the USA. And the large amount of froth generated by

в Северной Америке, особенно в США. И вся эта шумиха, наведенная обсуждениями в СМИ, по моему скромному мнению, затмевает тот факт, что революция на самом деле подкреплена достаточным количеством «старомодных» геолого-геофизических факторов. Существует огромное количество данных, особенно скважинных данных – буровых журналов, проб, керн – доступных почти для каждого плеча, а также корреляция литологии с «присыпкой» из нефтяной геохимии и обширных знаний о традиционной исторической добыче.

media coverage is, in my humble opinion, obscuring the fact that the revolution is in fact underpinned by some good 'old fashioned' geoscience. This is driven by the huge amount of data, especially well data – logs, cuttings, cores – available in almost every play, then lithology correlation with a sprinkling of petroleum geochemistry, and extensive knowledge of conventional, historical, production.

This poses two interesting and related questions, I believe. Will this approach actually translate into the international arena, especially in plays where there is relatively less

data, and if Yes, do most companies have the geoscientists who would be capable of carrying out.

But first we have to pose a simpler question.

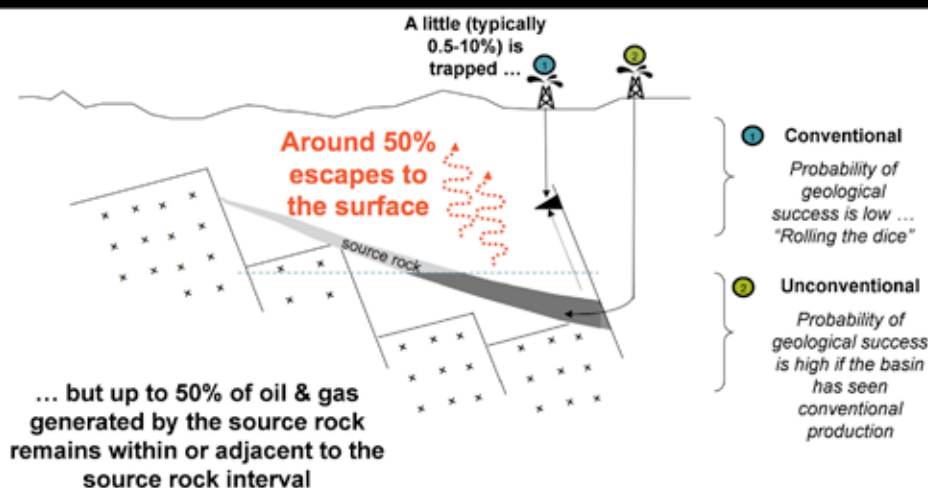
Why Does This Work at All?

Most geoscientists will be aware that the key idea behind shale gas and shale oil exploration is that not all the hydrocarbons generated by a source rock are expelled from that source rock and find their way into conventional traps or to the earth's surface. However, understanding how much hydrocarbon a source rock might generate and then what proportion has migrated away compared with what proportion has stayed in, or very close to, the source rock itself demands significant insights in petroleum geochemistry – a much neglected science in seismic-dominated oil & gas companies.

Kimmeridge Energy has researched this topic extensively, taking a 'mass balance' approach. Their conclusions are summarized in the sketch on the left:

Using their global dataset of petroleum system mass balance calculations, they estimate that typically

The Relationship Between Conventional and Unconventional



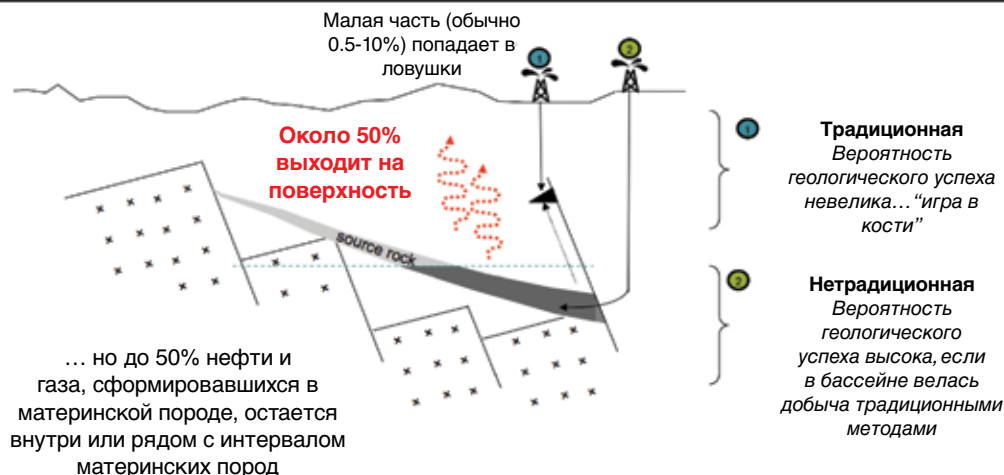
The key risk to unconventional exploration is not so much finding the oil and gas, it is understanding if it can be produced at commercial rates



Source: Kimmeridge Energy

1

Отношение между традиционной и нетрадиционной разведкой



Основной риск нетрадиционной разведки не в том, будут ли обнаружены нефть и газ, но в том, можно ли их будет добывать в промышленных масштабах



Source: Kimmeridge Energy

1

Отсюда, я считаю, вытекают два интересных и взаимосвязанных вопроса. Перейдет ли этот подход на международный уровень, особенно для плеев, по которым имеется сравнительно немного данных и если да, то найдутся ли в большинстве компаний геологи и геофизики, способные решить возникающие задачи.

around 50% of hydrocarbons generated remain within the source rock, and that:

- » A significant amount is often trapped in closely associated lithofacies
- » Combined, the source rock and adjacent strata typically present the largest continuous accumulation of

hydrocarbons in a given basin

» Basins that have seen significant production of oil & gas from conventional fields are often the best places to look for new unconventional plays, as we can be 100% sure that at least one prolific source rock exists

» Their estimates for recoverable unconventional resources in the largest global onshore basins show a potentially enormous prize that could equate to or exceed the amount of oil and gas discovered in onshore conventional fields

What is the Opportunity?

Again, I am grateful to Kimmeridge Energy for the map.

What follows from this is that it is possible to rank shale plays around the world, and here I have been able to draw on extensive work from Kimmeridge Energy themselves, Alliance Bernstein (who have access to large amounts of data and offer insightful analyses) and also a recent paper by Rystad Energy. All of these companies presented at a recent *Finding Petroleum* Forum(4).

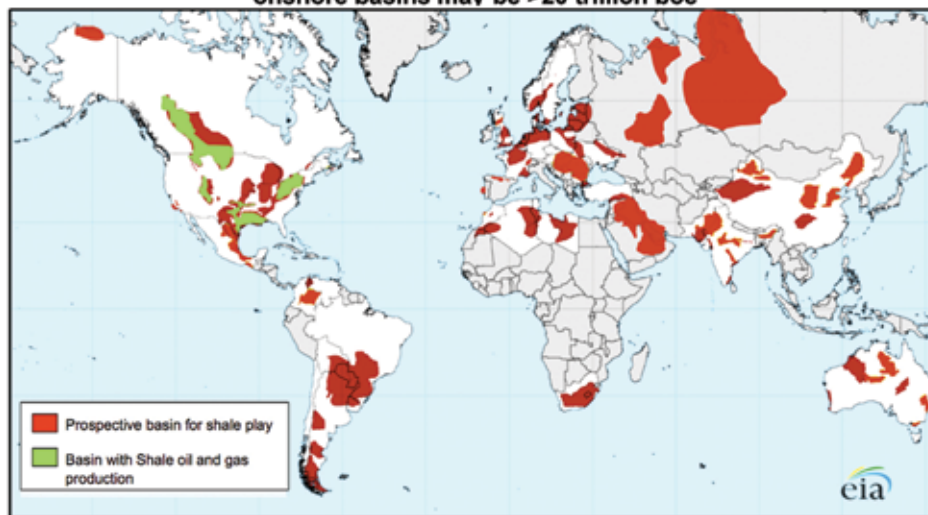
Well over 250 shale formations, worldwide outside North America, have been evaluated and reported on, with some

countries having more than 10 candidates, others only one. To highlight just two regions:

In the FSU, Russia, Kazakhstan, Turkmenistan and Ukraine

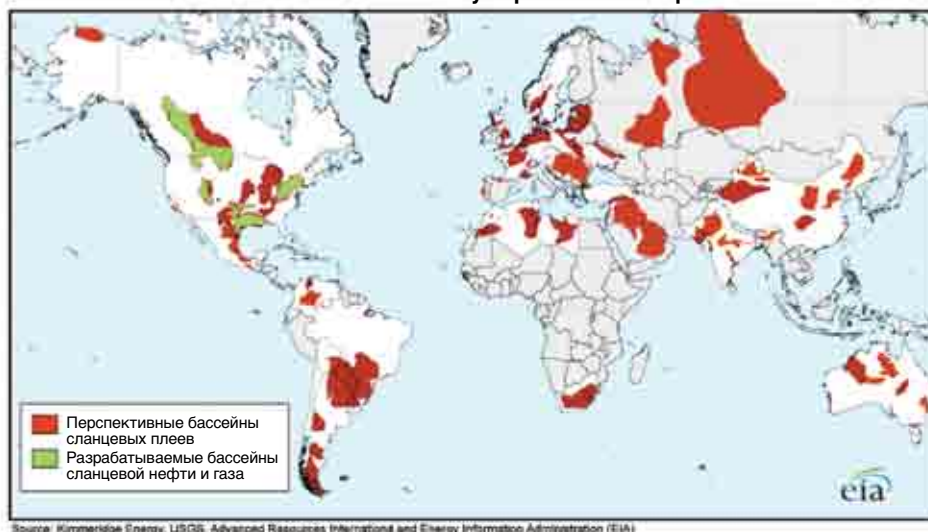
Defining the Global Opportunity Set

Our research suggests that estimated in-place unconventional resources for onshore basins may be >20 trillion boe



Определение глобальных возможностей

Наши исследования показывают, что предварительно оцененные запасы в недрах континентальных бассейнов могут превышать 20 триллионов бнэ



Но сначала стоит задать более простой вопрос.

Почему оно вообще работает?

Большинство специалистов в области геологии и

К МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКЕ

ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА РОССИИ И СНГ – 2013

24 мая 2013, Москва



5 ПРИЧИН ПОСЕТИТЬ КОНФЕРЕНЦИЮ

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ К ЛИДЕРАМ: ведущие мероприятия отрасли, ежегодно проходящие при поддержке компании «Газпром»

КЛЮЧЕВОЙ МОМЕНТ: открытый доступ к перспективному, технологичному и успешному опыту ведущих российских и международных компаний мира по освоению шельфовых месторождений

200+ ДЕЛЕГАТОВ ЕЖЕГОДНО: представители высшего управленческого звена (руководство компаний-операторов или профильных подразделений)

МАКСИМУМ ОБЩЕНИЯ: дискуссии, круглые столы и другие интерактивные формы заседаний, а также широкие возможности для неформального общения с представителями ведущих российских и мировых игроков отрасли

ПОСТОЯННЫЕ УЧАСТНИКИ: крупнейшие компании-операторы на российском шельфе – Газпром, Роснефть и Лукойл

10

лет ведущему мировому проекту ежегодной производимой при поддержке ОАО «Газпром»

200+

ведущие игроки отрасли

20+

авторитетный и инновационный сектор

20

лет успешной работы ИРПИ в сфере организации и проведения отраслевых форумов и конференций

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

- Государственная политика недропользования на шельфе в России и за рубежом
- Экономические и нормативно-правовые аспекты освоения месторождений на шельфе
- Текущее развитие и планы реализации крупнейших российских шельфовых проектов
- Освоение шельфа южных, арктических и дальневосточных морей: опыт реализации проектов, проблемы и пути их решения
- Инновационные технологии и оборудование для шельфовых нефтегазовых проектов
- Развитие промышленности и транспортной инфраструктуры шельфовых проектов

ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА НА ШЕЛЬФЕ РОССИИ И СТРАН СНГ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ДО 2020 ГОДА



- Текущие планы и будущие проекты, а также планы их реализации или сортировки
- Информация о намерениях отдельных игроков выйти или войти в проекты
- Прогнозы на период 2012-2020 годов добычи по отдельным проектам (в секторе и акватории) в разрезе возможных сценариев
- Прогнозы на период 2012-2020 годов объемов разведочного и эксплуатационного бурения в разрезе секторов и акваторий, проектов, игроков и возможных сроков выполнения буровых работ
- Прогнозы на период 2012-2020 годов относительно потребности в буровых установках и добычных платформах в разрезе морских акваторий и проектов

МЕДИА-ПАРТНЕРЫ

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МЕДИАПАРТНЕР: **НЕФТЬ**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ МЕДИАПАРТНЕР: **интерфакс**ОФИЦИАЛЬНЫЙ МЕДИАПАРТНЕР: **Neterra.RU**ГЛАВНЫЙ ОТРАСЛЕВОЙ МЕДИАПАРТНЕР: **OGX****АКАДИ****АКАДИ****ГАЗПРОМ ПРесс****ПравоТЭК****ГЕОИНФОРМАРК****ИНТЕРРА****Нефть****FORUMER****OGX Eurasia****НЕФТЕСЕРВИС****ОФЕРА****ТЕРИТОРИЯ НЕФТЕГАЗ****ROGTEC****WorldOil****WorldOil****MurmanskshelfInfo****НИЖНИЙ**+7 (495) 502 54 33
+7 (495) 778 93 32

ElkanovaO@ip-nc.ru



www.ip-conferences.com

геофизики в курсе, что ключевая идея в разведке шельфового газа и нефти заключается в том, что не все углеводороды, сформировавшиеся в материнской породе, вытесняются из этой породы и находят свой путь в обычные ловушки или на земную поверхность. Однако, для понимания того, сколько углеводородов сформировалось в материнской породе, а затем какая часть их мигрировала по сравнению с тем, сколько осталось в самой материнской породе или же очень близко к ней, требуются значительные знания в области нефтяной геохимии – науки, в значительной степени пренебрегаемой в нефтегазовой отрасли, где доминируют сейсмические методы.

Компания Kimmeridge Energy провела подробное исследование этой темы, используя подход, основанный на массовом балансе. Их выводы приведены в схеме ниже:

Используя глобальный набор данных подсчетов массового баланса нефтеносных систем, компания оценила, что обычно около 50% сформировавшихся углеводородов остаются в материнских породах, а также:

- » Значительный объем зачастую оседает в тесно связанных литофациях
- » В совокупности, материнская и прилегающие породы, обычно составляют крупнейшее скопление углеводородов в отдельно взятом бассейне
- » Бассейны, где нефть и газ уже добывались из месторождений традиционного типа зачастую являются лучшими местами для разведки нетрадиционных плаев, поскольку есть 100% уверенность в существовании, по крайней мере, одной плодородной материнской породы
- » Компания оценила, что извлекаемые запасы нетрадиционных месторождений крупнейших бассейнов на суше потенциально огромны и могут сравниться или превышать запасы нефти и газа, обнаруженные на традиционных месторождениях на суше

В чем же возможность?

Вновь приношу благодарность Kimmeridge Energy за приведенную ниже карту.

Из этого следует, что мировые сланцевые плеи можно классифицировать, и здесь мне очень пригодились исследования самой Kimmeridge Energy, компании Alliance Bernstein (имеющей доступ к большому объему данных и предлагающей глубокий анализ), а также недавний отчет Rystad Energy. Все эти компании присутствовали на недавнем Форуме *Finding Petroleum*(4).

Итак, во всем мире, не включая Северную Америку, существует свыше 250 сланцевых образований, оцененных и заявленных, причем в

offer large (Bboe) potential, figuring in the 'top 20' countries outside North America, with key basins being West Siberia (Bazhenov shale; Jurassic & Cretaceous shales; Lower Toarcian shales); Volga-Urals (Domanik shale); Timon-Pechora (Domanik shale); Amu-Drayu (Jurassic shales).

Incidentally, Russia, Ukraine and Kazakhstan also figure in the 'top 12' countries by size of Coal Bed Methane reserves.

In the Asia-Pacific region, China, Indonesia, India and Australia offer large (Bboe) potential, figuring in the 'top 20' countries outside North America, with key basins being Tarim (Cambrian, Ordovician, Carboniferous, Jurassic shales); Junggar (Permian lacustrine shales); Sichuan (Cambrian, Silurian, Permo-Triassic, Jurassic shales); Ordos (Paleozoic → Mesozoic shales); Songliao (Cretaceous lacustrine shales); Cooper (Permian shales); Canning (Ordovician); KG (Permian shales); Cambay (Upper Cretaceous → Tertiary shales).

These same four countries also figure in the 'top 12' countries by size of Coal Bed Methane reserves.

So far so good – but how do we explore these plays?

Finding the “Sweet Spot”

Kimmeridge Energy's analyses(4) show that the economics of a US shale play can vary considerably depending whether you are in the 'core' or 'non-core' of that play. Post-drill of course definition of what is 'core' or 'non-core' is relatively straightforward, especially when there is a huge data base with which to work – of well logs, cuttings, core, flow rates etc; the whole lends itself to statistical analysis. In a data-rich basin, this analysis may even be possible pre-drill; as Kimmeridge Energy put it “defining the core relies on mapping optimal convergence of various technical attributes”, for example mineralogy, depth, thickness, porosity, permeability, fracturing, TOC/RO, S1 for the 'target' shale.

I find that I question how many North American players will be able to successfully translate their US and Canada experiences to the international scene? Costs are likely to be higher almost anywhere on the planet outside North America and so defining the 'core' – the 'sweet spot' - of a shale play pre-drill will be absolutely critical; to do this, companies promising to succeed internationally will need access to key skills, perhaps especially in petroleum geochemistry, that have been neglected in the pursuit of offshore, especially deepwater, provinces.

Also, the amount of data, and perhaps especially its quality, will be significantly less than that typically found in the USA.

And if we believe in historical analogues, we can point to the relative failure 20-25 years ago of many companies,

11th April 2013

Swissotel Krasnye Holmy, Moscow
www.rdcr.net



A unique event addressing the key challenges facing Russian drilling contractors in 2013 and beyond.

Gold Sponsors



The Mobius Group is proud to announce the 1st Russian Drilling Contractor Roundtable (RDCR), to be held in Moscow on the 11th April 2013 at the Swissotel Krasnye Holmy.



Bringing the Industry Together

The RDCR will bring together professionals from the leading Russian drilling contractors with Russian and international suppliers of rig and drilling equipment, under one roof, to exchange information and best practices on the development and upgrading of Russia's drilling fleet.

Roundtable presentations, coupled with interactive feedback, will allow technology providers across multiple areas to meet and interact with regional drilling contractors, enabling increased business relationships, understanding of best practices and increased operational and field performance.

некоторых странах таких образований-кандидатов свыше 10, а в других – только одно.

Выделим лишь два региона:

В бывшем СССР, России, Казахстане, Туркменистане и Украине отмечается очень высокий потенциал (миллиарды бнэ); все эти страны фигурируют в «двадцатке крупнейших» стран по запасам за пределами Северной Америки. Ключевые бассейны региона – Западно-Сибирский (баженовские сланцы, юрские и меловые сланцы, сланцы нижнего тоара); Волго-Уральский (доманикские сланцы); Тимоно-Печорский (доманикские сланцы); Амударьинский (юрские сланцы).

Примечательно, что Россия, Украина и Казахстан также фигурируют в списке «крупнейших 12» стран по объемам запасов угольного метана.

В азиатско-тихоокеанском регионе, Китай, Индонезия, Индия и Австралия отличаются высоким потенциалом (миллиарды бнэ) и фигурируют в «двадцатке крупнейших» за пределами Северной Америки. Ключевые бассейны этого региона – Таримский (сланцы кембрия, ордовика, каменноугольного и юрского периода); Джунгарский (озерные сланцы пермского периода); Сычуаньский (сланцы кембрия, силура, перми-триасса, юры); Ордоский (сланцы палеозоя → мезозоя); бассейн Сонглиао (озерные сланцы мела); бассейн Кулер (пермские сланцы); бассейн Каннинг (ордовик); бассейн KG (пермские сланцы); Камбайский (сланцы верхнего мела → третичного периода).

Эти же четыре страны также фигурируют в списке «крупнейших 12» стран по объемам запасов угольного метана.

Что ж, до сих пор неплохо – но как разведывать эти плеи?

В поисках «лакомого куска»

Анализы Kimmeridge Energy(4) показывают, что экономические показатели сланцевых плеей в США могут сильно варьироваться в зависимости от того, находитесь ли вы «в сердцевине» или «не в сердцевине» этого плея. Определение «сердцевины» или «не сердцевины» после бурения довольно понятно, особенно в тех случаях, когда для бассейна существует огромная база данных – буровые журналы, пробы, керн, дебит и т.д.; все это подвергается статистическому анализу. Для богатого данными бассейна такой анализ может проводиться даже до буровых работ; как сформулировала это Kimmeridge Energy “определение сердцевины зависит от картирования оптимальной сходимости различных технических показателей”, например, минералогии, глубины, мощности, пористости, проницаемости, трещиноватости, TOC/RO, S1 «целевых» сланцев. Я задаюсь вопросом, сколько из североамериканских игроков нефтегазового рынка смогут успешно перевести

with skills honed in the even then extremely, and relatively, data-rich USA and Canada, to succeed in international settings.

So whilst there has been a logical focus on exploitation issues in thinking about exporting the US ‘shale gale’ to the Rest of the World – whether the necessary drilling & completions equipment exist in the required numbers elsewhere, whether public and political opinion will support exploitation, whether the necessary supporting workforce and infrastructure exists – my focus is on whether we actually know how to explore for these so-called ‘resource plays’ in an international setting?

Can geophysics help, specifically seismic technology?

The immediate answer seems to be Yes; there have been several studies of the geophysical properties of shales with several recent examples prompted by the ‘shale gale’(5). It’s somewhat different from say mapping channel geometries in deep water clastic systems, and then predicting fluid fill and porosities from acoustic impedance or AVO, but it can be done.

Historical data also show that well productivity is a function of the induced fracture extent and how well the formation can maintain those fractures. ‘Frackability’, the propensity of the formation to fracture and maintain the fracture, is directly correlated with brittleness and thus an important additional requirement of predicting shale ‘sweet spots’ is to forecast brittleness, identifying the reservoirs tendency to fail under stress and then to maintain a fracture.

This takes us into a novel area. The generation of oil or gas in a source rock generates micro-fractures and these fractures will then evolve under the action of natural differential stress in the earth, typically acquiring a preferred orientation over geological time. These micro-fractures then control first of all the likely movement of hydrocarbons within and through the source rock and also the innate brittleness of the rock. These aspects of geomechanics must then be linked to our ability to interpret seismic data; the simple summary is that three component (3C) seismic data brings an ability to use shear waves (and sometimes P wave velocity) to map fractures, an ability which cannot be achieved with conventional seismic data(6).

So, in principle seismic could be used to find ‘sweet spots’.....if it were not for the prices charged by cable-using seismic contractors!

Thus, at least in my humble opinion, two key questions are – can we use non-seismic techniques to focus our efforts in a play into a relatively small area, and then use cable-less seismic technology to acquire (3C) 3D at a “not losing your shirt” cost?

свой опыт работы в США и Канаде на международную арену? Стоимость работ, вероятнее всего, будет выше почти везде на планете за пределами Северной Америки, поэтому определение «сердцевин» – «лакомого куска» сланцевого плеча еще до проведения бурения будет абсолютно необходимо; и, чтобы достичь этого, компаниям, нацеленным на международный успех, потребуется доступ к ключевым навыкам, вероятно, особенно в области геохимии нефти и газа, игнорируемой в погоне за морскими, особенно глубоководными, нефтяными месторождениями.

Кроме того, объемы данных, а возможно, и их качество, будет значительно ниже, чем обычно в США.

И, если верить в исторические аналогии, стоит указать на сравнительную неудачу многих компаний 20-25 лет назад преуспеть на международной арене, не смотря на отточенные навыки работы в уже тогда сравнительно и даже весьма богатых данными США и Канаде.

Поэтому в то время, пока в попытках экспорта «сланцевого бума» из США в другие страны мира, в центре внимания вполне логично были вопросы эксплуатации – наличие в этих странах достаточных объемов оборудования для бурения и заканчивания скважин, поддержит ли общество и политики такую эксплуатацию, существуют ли необходимые трудовые ресурсы и инфраструктура – мой вопрос заключается в том, знаем ли мы в действительности как вести разведку этих так называемых «богатых ресурсами плечей» на международной арене?

Поможет ли здесь геофизика, в частности, технологии сейсморазведки? Похоже, что моментальный ответ будет «да»; недавно было проведено несколько исследований геофизических свойств сланцев, что было вызвано «сланцевым бумом»(5). Эта задача несколько отличается от, скажем, картирования геометрии русел в кластических глубоководных системах с последующим прогнозом наполненности флюидами и пористости на основе акустического сопротивления или AVO, но все же, она выполнима.

Исторические данные также демонстрируют, что продуктивность скважины зависит от степени вызванной трещиноватости и насколько хорошо пласт может сохранять эту трещиноватость. «Разрываемость», предрасположенность пласта к образованию и сохранению трещиноватости, напрямую связана с хрупкостью и поэтому важным требованием для прогнозирования сланцевых «лакомых кусков» является прогнозирование хрупкости, определяющей склонность пласта к разрушению под давлением и последующим сохранением трещиноватости.

Здесь мы вступаем в новую область. Образование

нефти или газа в материнской породе создает микротрещины, которые затем эволюционируют под действием естественного дифференциального давления в земле, с течением геологического времени приобретая предпочитаемую пространственную ориентацию. Такие микротрещины затем контролируют, в первую очередь, вероятное передвижение углеводородов в материнских породах и сквозь эти породы, а также естественную хрупкость пород. Эти аспекты геомеханики необходимо сочетать с нашими возможностями интерпретации сейсморазведочных данных; проще резюмируя – трехкомпонентные (3К) сейсморазведочные данные дают возможность использования поперечных сейсмоволн (и иногда скорости продольной волны) для картирования трещин, т.е. того, чего невозможно достичь при использовании традиционных сейсморазведочных данных(6).

Поэтому, в принципе сейсморазведку можно использовать для поиска «лакомых кусков»..... если бы не заоблачные цены, выставляемые вооруженными кабелем сейсморазведочными подрядными компаниями!

Таким образом, по крайней мере, как мне кажется, ключевых вопросов два: можем ли мы использовать несейсмические методы для сосредоточения наших усилий в сравнительно небольшой зоне плеча, а затем уже использовать некабельные сейсморазведочные методы для получения (3К) трехмерных данных, которые не стоили бы нам «последней рубашки»?

Ссылки

1. http://www.rigzone.com/news/oil_gas/a/123778/Ukraine_Shell_to_Sign_10_Billion_Shale_Gas_Deal
2. http://www.rigzone.com/news/oil_gas/a/123607/China_Awards_Shale_Exploration_Rights_of_19_Blocks_to_16_Companies
3. http://www.oilvoice.com/n/Linc_Energy_confirms_shale_oil_potential_in_the_Arckaringa_Basin/a1e5f880978b.aspx
4. http://www.findingpetroleum.com/event/Developments_with_unconventionals/260f5.aspx
5. <http://tfe.geoscienceworld.org/content/30/3/332.abstract>
6. http://www.geoexpro.com/article/Reservoir_Dynamics_and_the_New_Geophysics/61d1026e.aspx

References

1. http://www.rigzone.com/news/oil_gas/a/123778/Ukraine_Shell_to_Sign_10_Billion_Shale_Gas_Deal
2. http://www.rigzone.com/news/oil_gas/a/123607/China_Awards_Shale_Exploration_Rights_of_19_Blocks_to_16_Companies
3. http://www.oilvoice.com/n/Linc_Energy_confirms_shale_oil_potential_in_the_Arckaringa_Basin/a1e5f880978b.aspx
4. http://www.findingpetroleum.com/event/Developments_with_unconventionals/260f5.aspx
5. <http://tfe.geoscienceworld.org/content/30/3/332.abstract>
6. http://www.geoexpro.com/article/Reservoir_Dynamics_and_the_New_Geophysics/61d1026e.aspx