

Анализ и прогноз добычи нефти и развития инновационных технологий на сланцевых месторождениях США

Александр Маланичев, к.т.н., MBA, A_malanichev@list.ru

Приглашенный профессор школы бизнеса и международных компетенций МГИМО.

Развернутая аннотация

Добыча сланцевой нефти в США оказалась одним из определяющих факторов, которые привели к драматичному падению цен в 2014-2016 гг. Короткий инвестиционный цикл американской сланцевой индустрии превратил ее в новый регулятор цены на мировом рынке нефти, отодвинув ОПЕК на второй план. Таким образом, задача прогнозирования объемов добычи сланцевой нефти в США представляется весьма важной и актуальной, как для мировой, так и для российской экономики.

Объемы добычи нефти определяются несколькими группами факторов: геологическими, экономическими и регуляторными. К сожалению, в современной действительности, модели добычи нефти на крупных месторождениях или в рамках одного государства зачастую содержат одну из групп факторов и не учитывают остальные. В частности, существует ряд инженерно-геологических подходов к моделированию добычи с учетом исключительно геологических факторов. Суть моделей заключается в наборе гипотез относительно формы профиля добычи на протяжении жизни месторождения. Обычно это колокообразная кривая с той или иной формой несимметрии. Наиболее известным примером является кривая Хабберта, с помощью которой был удачно предсказан пик добычи в США.

Однако, эти подходы обладают рядом недостатков. Первое – у них слабое теоретическое обоснование. Профили добычи вводятся априорно, и с помощью математических процедур проверяется качество аппроксимации эмпирических данных. Второе – трудно указать научные работы, в которых показана связь этих кривых, например, с профилями добычи из отдельных скважин или другими микро-характеристиками месторождений. Третье – инженерно-геологические модели не учитывают экономические показатели, которые принципиальным образом влияют на динамику добычи. Одним из главных показателей является цены нефти, от которой напрямую зависят и объемы инвестиций и динамика добычи.

Если рассмотреть другую группу моделей – экономических, то в них чаще всего используются регрессионный анализ, и нет связи с геологическими факторами. Кроме того, динамика добычи сланцевой нефти является сравнительно молодым и динамично развивающимся явлением (статистика по добычи в США берет начало с 2007 г.). Возможно, поэтому в современно научной литературе ощущается недостаток описания качественных моделей прогнозирования добычи на сланцевых месторождениях. Это пока является уделом банковских аналитиков и сотрудников консалтинговых компаний.

В настоящей работе впервые сделана попытка ликвидировать перечисленные недостатки традиционных моделей, описывающих добычу нефти. Это было достигнуто за счет введения обобщенного дифференциального уравнения динамики добычи сланцевой нефти. Уравнение введено из простых соображений сохранения материального баланса нефти. Оно является уравнением первого порядка и, в зависимости от гипотез относительно его коэффициентов, позволяет учитывать разные факторы добычи нефти (геологические, технологические и экономические). Показано, что кривая Хабберта является частным решением этого уравнения. Таким образом, предложенное дифференциальное уравнение позволило получить следующие новые научные результаты:

1. **Прогноз динамики роста производительности буровых установок на сланцевых месторождениях в США.** В традиционных отраслях распространение технологических инноваций, обеспечивающих рост производительности обычно описывается S-образными логистическими кривыми. В настоящей работе показано, что динамика производительности буровых установок может быть описана колоколообразной кривой. Следовательно, производительность может не только расти, но падать. Это может происходить из-за истощения месторождений, выработки наиболее эффективных участков добычи, а также переуплотнения сетки скважин из-за чего теряется эффективность дальнейшего бурения новых скважин. Анализ эмпирических данных показывает, что пик производительности, также как и добычи сланцевой нефти в США, может быть достигнут в 2022 г. Кроме того, получена оценка извлекаемых запасов.
2. **Упрощенную формулу для оценки объемов добычи сланцевой нефти от цены WTI.** Цена введена в один из эмпирических коэффициентов уравнения за счет эконометрической оценки связи между количеством буровых установок и ценой

нефти. Полученная формула объема добычи в зависимости от цены нефти была использована при анализе стратегии Саудовской Аравии, которая заключается в выборе объема добычи, оптимизирующего прибыль. Модель рациональной стратегии Саудовской Аравии опубликована в отдельной научной работе.

3. **Прогноз добычи нефти на сланцевых месторождениях в США.** Было установлено, что цена WTI опережает добычу на 3-4 месяца. Это объясняется задержкой в принятии инвестиционного решения о бурении и заканчивании скважин, а также временем выполнения этих операций. Таким образом, можно говорить о высокой точности прогнозов добычи нефти на квартал вперед, которая определяется статистическими характеристиками модели и не зависит от допущений по быстро меняющимся экзогенным параметрам.

4. **Показать связь с моделями снижения добычи на отдельных скважинах.**

Предложены несколько спецификаций моделей добычи сланцевой нефти исходя из возможных профилей снижения добычи из отдельных скважин. С помощью аналитического преобразования показано, что эти модели являются решением предложенного дифференциального уравнения. Показано, что численные решения этих уравнений дают очень близкие и приемлемые для прогнозирования объемов добычи сланцевой нефти результаты.

Таким образом, новизна настоящей работы заключается в том, что разработан концептуально новый подход к описанию добычи нефти на сланцевых месторождениях США на основе предложенного дифференциального уравнения. Уравнение имеет ясный смысл сохранения баланса нефти для рассматриваемого месторождения или группы месторождений с однородными свойствами. Практически важные результаты получены в результате анализа аналитических и численных решений этого уравнения. В частности, показано, что используемые классические инженерно-геологические модели добычи нефти являются частными решениями данного уравнения.