

Влияние плотности сетки скважин на нефтеотдачу

М.Т. Абасов
(Институт геологии НАН Азербайджана),
С.Н. Закиров (ИПНГ РАН)

В связи со столетним юбилеем академика Александра Петровича Крылова в статье [1] и в докладе на международной научной конференции, проведенной в Москве в ноябре 2004 г. Институтом проблем нефти и газа РАН, мы постарались отразить его основные творческие достижения. Там же отмечено, что он и его коллеги иногда подвергались жесткой критике в некоторых вопросах теории и практики разработки месторождений нефти. Одно из главных обвинений школы Александра Петровича состояло в использовании разреженных сеток скважин на Ромашкинском и других месторождениях. По мнению оппонентов, это негативно отразилось на величине коэффициентов извлечения нефти (КИН).

Ниже мы постараемся показать несостоятельность этой критики.

Проблема влияния плотности сетки скважин (ПСС) на КИН была одной из ключевых в научной дискуссии прошлого века. Однако именно благодаря этой проблеме дискуссия оказалась многоплановой, так как охватила множество насущных вопросов отечественной нефтедобычи, возникавших сначала в связи с освоением месторождений Урало-Поволжья, а затем Западной Сибири.

Проблема ПСС – КИН и раньше, и в настоящее время практически для каждого нефтяника, научного работника или промышленника очевидна в том смысле, что чем больше скважин на месторождении, тем больше должен быть КИН. Такой качественный вывод не вызывает особых возражений и в настоящее время. Примеров из практики, подтверждающих данный тезис, более чем достаточно. Приведем лишь некоторые из них [2, 3].

На одном из опытных участков Арланского месторождения спустя несколько лет разработки сетку скважин уплотнили в 2 раза – с 22,5 до 10,2 га/скв. При бурении уплотняющих скважин вскрытые отметки водонефтяного контакта (ВНК) оказались на начальном уровне [2]. Другой пример – из подвижнической деятельности А.М. Григоряна [3] в «Бориславнефти». На участке Мариам продуктивный пласт ямны разрабатывался скважинами, расположенными на расстоянии 30-80 м друг от друга, в течение 40 лет (с 1914 г.). К 1957 г. дебиты скважин по нефти составляли от 0,1 до 2 т/сут. Многозабойные скважины, пробуренные между ними, вступали в эксплуатацию с дебитами от 15 до 28 т/сут каждая. При этом высокий дебит, многократно превышающий дебит соседних скважин, сохранялся годами и имел более пологую динамику снижения, чем у обычных скважин.

Публикации в области установления зависимости КИН от ПСС продолжают, включая и 2005 г.

Нередко некая идея или принцип оказывает сильное влияние на направленность научно-технического прогресса, развитие какого-либо научного направления. Так, в газовой промышленности до настоящего времени используется принцип подготовки газа к дальнейшему транспорту. Он представляется весьма разумным, так как устраняет возможность конденсации по трассе газопровода паров воды и конденсата с соответствующими негативными последствиями. Однако поэтому газоперерабатывающих заводов и установок в СССР, а теперь и в странах СНГ почти на два порядка меньше, чем в США, а важные для нефтехимии этан и пропан-бутановые фракции уносятся с газом и сжигаются его потребителями.

Аналогично идея доминирующего влияния ПСС на КИН оказалась очень «живучей», однако анализ проблемы показывает ее очевидную неконструктивность, поскольку она, по существу, приводила к одностороннему направлению в увеличении КИН – уплотнению сетки скважин. Прошедшая дискуссия показала, что универсальной зависимости КИН - ПСС нет. Немалое число исследователей, видя неуниверсальность зависимости КИН - ПСС, прибегли к методам корреляционного анализа. Отдельные авторы в число значимых факторов включали разные параметры. Тем не менее, коэффициенты корреляции оказывались не очень высокими. Не случайно, что соответствующие корреляционные зависимости особенно не прижились в теории и практике нефтедобычи. А главное, что наряду с большим разнообразием природных физико-геологических условий на указанную зависимость сильно влияет используемая в соответствующее время и в каждом конкретном случае своя технология нефтедобычи.

Таким образом, в настоящее время исходят из положений, что КИН зависит от физико-геологических, технологических и экономических факторов [4].

Заслуживает внимания при этом построение зависимостей КИН от удельных запасов нефти, приходящихся на одну скважину. Во-первых, показатель удельных запасов учитывает в определенной мере трехмерность распределения запасов в пласте. Во-вторых, он отражает такие важные параметры, как толщина пласта, коэффициенты пористости, нефтенасыщенности и др. Поэтому не случайно, что Александр Петрович в своих работах неоднократно подчеркивал важность параметра удельных запасов нефти как для теории, так и для практики нефтедобычи. Другое важное обстоятельство заключается в следующем. Удельные геологические запасы в немалой степени несут в себе информацию и об удельных извлекаемых запасах нефти, приходящихся на скважину.

Именно этот показатель играет важную роль при установлении недропользователем требуемого числа скважин для разработки, уровней отбора нефти и ПСС.

К вопросу КИН отношение недропользователя и государства очень редко совпадают, т.е., по существу, расходятся. Государству не должно быть безразлично, какие КИН будут достигнуты на разрабатываемых на его территории месторождениях. КИН представляет собой интегральный, важный для страны показатель. Он позволяет судить о степени эффективности реализованной системы разработки на качественном и количественном уровнях. В то же время намного важнее знать причины низкого КИН на данном конкретном месторождении. Поэтому с неизбежностью приходится обращаться к формуле А.П. Крылова:

$$\text{КИН} = K_{\text{выт}} \cdot K_{\text{охв}}$$

где $K_{\text{выт}}$, $K_{\text{охв}}$ - коэффициент соответственно вытеснения и охвата.

Эта простая формула дает возможность на микро- и/или макроуровне выявлять причины неудовлетворительно-го извлечения запасов нефти на рассматриваемом месторождении, а следовательно, реализовать меры по увеличению КИН при сложившейся системе разработки.

Сегодня многие вводимые в разработку в России месторождения характеризуются низкой проницаемостью, и, к сожалению, недопустимо низкими $K_{\text{выт}}$. Так, на ряде месторождений он заметно ниже 0,5.

Вводимые в настоящее время в разработку месторождения нефти обычно отличаются низкими коллекторскими свойствами, высокими термобарическими условиями и довольно мало-вязкими нефтями. При этом коэффициент вытеснения по воде не превышает 0,5. Следовательно, здесь вода является неблагоприятным рабочим агентом, тем более, что соответствующие коллекторы заглинизированы. Однако при использовании газовых методов $K_{\text{выт}}$ может стремиться к единице вследствие благоприятных термобарических условий. Эти методы позволяют реализовать процесс вытеснения, приближающийся к смешивающемуся вытеснению.

Таким образом, приведенная формула ясно указывает на ближайшие перспективы отечественной нефтедобычи. Очевидно также, если при построении зависимости КИН - ПСС использовать данные по месторождению, где $K_{\text{выт}} \leq 0,5$, то соответствующая точка явно будет «выпадать» из общей тенденции. Другими словами, с ориентацией только на заводнение государству сегодня не следует соглашаться.

Итак, $K_{\text{выт}}$ может сильно влиять на КИН при фиксированной сетке скважин. В то же время $K_{\text{выт}}$ практически не зависит от ПСС. Поэтому не всегда убедительны предпринимавшиеся попытки найти связь КИН с ПСС. Вместе с тем нельзя полностью исключить действительно важный фактор – ПСС. Он может и должен учитываться, но только в результате построения и анализа зависимостей $K_{\text{охв}}$ – ПСС. Только через $K_{\text{охв}}$ плотность сетки скважин оказывает большое влияние на КИН. Это и является научной основой установления влияния ПСС на эффективность процесса извлечения нефти.

Если идти по этому пути, то упрощается проблема установления корреляционных зависимостей $K_{\text{охв}}$ от ПСС и геологических параметров и факторов, так как флюидальные параметры (соотношение плотностей и вязкостей, поверхностное

натяжение, капиллярное давление, термобарические условия и др.) учитываются при установлении корреляционной зависимости для $K_{\text{выт}}$ от этих параметров. Таким образом, недропользователь и государство имеют в своем распоряжении важный параметр - $K_{\text{охв}}$. Недропользователю он позволяет искать пути его увеличения, а для государства он является осязаемым контролирующим показателем.

Важная роль $K_{\text{охв}}$ обусловлена современной практикой нефтедобычи. Переход к рыночной экономике произошел при резком снижении контрольных функций со стороны государства. Это определило довольно широкую распространенность выборочной отработки запасов, что противоречит закону «О недрах». К сожалению, это одна из причин длительной тенденции снижения среднего по России КИН: с 41-42 % в 70-80-х годах прошлого века до нынешних 36 %.

Достижения научно-технического прогресса (НТП) не дают оснований для снижения КИН. Одно из важнейших достижений НТП - это техника и технология горизонтального бурения. Несмотря на это, существуют странные технологические решения.

- ▶ Продолжают поступать в ЦКР проектные документы, в которых нефтяные оторочки предлагается разрабатывать на основе вертикальных скважин.

- ▶ То же отмечается для выработки запасов нефти из водо-нефтяных зон (ВНЗ).

- ▶ Аналогично вертикальными скважинами пытаются разрабатывать «тонкие» залежи нефти.

Это примеры добычи «легкой», дешевой нефти, т.е. выборочной отработки запасов. Нередко отсутствует желание извлекать нефть из ВНЗ при толщине нефтенасыщенного слоя 2 м и более. Действительно, добыча нефти с использованием вертикальных скважин здесь может не покрывать понесенные затраты. Однако ситуация меняется с точностью до наоборот, если залежи и ВНЗ с малыми нефтенасыщенными толщинами разрабатывать на основе горизонтальных добывающих и нагнетательных скважин [5]. Понятием выборочной отработки с очевидностью характеризуется реализация заводнения продуктивных пластов при низких $K_{\text{выт}}$ нефти водой.

Выборочная отработка запасов многогранна по своим истокам и проявлениям. В ряде случаев она трудноразличима. Особенно распространена практика выборочной отработки наиболее продуктивных зон пласта или наиболее продуктивных пластов и залежей. При этом на уме у недропользователя, видимо, простая мысль: пусть, когда обнаружат, заберут лицензию. В ряде случаев изъятие лицензии представляется им даже неким благом, поскольку, возможно, затраты на ликвидационные работы лягут на плечи незадачливого приемника-недропользователя. Законодательство в этом отношении недостаточно проработано. Выборочная отработка нередко проявляется в следующем недальновидном поведении недропользователя. Он ничего не делает на месторождении и не вкладывает ни рубля. Сколько ни притечет – все его.

Один из авторов недавно проводил экспертизу проектных документов по ряду небольших месторождений. Здесь недропользователь руководствовался принципом «ничего не делать, ни рубля не вкладывать». Однако экспертные оценки показали, что по этим месторождениям, при скромных усилиях и затратах, можно увеличить КИН в 1,5 - 2 раза.

Символом XX века были «одногорбые» зависимости годовой добычи нефти из месторождения от времени. Наступивший век может и должен стать временем «многогорбых» зависимостей, так как достижения НТП позволяют осуществлять соответствующую времени перестройку системы разработки. Она требует определенных усилий, капитальных вложений, но при этом отличается значительным приростом извлекаемых запасов нефти. Наличие «многогорбых» зависимостей также свидетельствует о том, что недропользователь думает о завтрашнем дне не только месторождения, но и страны [5].

Известно, что запретительными мерами трудно решать злободневные вопросы. В условиях рыночной экономики, при которой основное внимание уделяется прибыли, целесообразно в общих интересах возродить и развить принципы нравственного отношения к недрам от проектировщиков до ЦКР, недропользователей и Правительства.

В декабре 2004 г. ЦКР была рассмотрена и утверждена IV Генсхема разработки Ромашкинского месторождения. Приятно было слышать опытного специалиста, бывшего главного геолога «Татнефти», профессора Р.Х. Муслимова, который отметил, что решения I Генсхемы были щадящими для Ромашкинского месторождения. Именно поэтому затем шел безболезненный процесс ее совершенствования. О каких-то допущенных грубых ошибках речь уже не шла.

Опыт и уроки Ромашкинского месторождения вышли за пределы локального месторождения. Они сделали страну могучей. И не вина авторов I Генсхемы, что эти достижения не были по достоинству оценены и реализованы. С позиций

сегодняшнего дня можно утверждать: они заслужили добрую память.

Выводы

1. В настоящее время целесообразно изучение отдельно зависимостей $K_{\text{охв}}$ от ПСС, а также $K_{\text{выт}}$ от различных физико-геологических параметров коллекторов, флюидов и рабочих агентов.

2. Максимизация составляющих КИН – $K_{\text{выт}}$ и $K_{\text{охв}}$ на основе достижений НТП – путь увеличения КИН на отдельных месторождениях по стране в целом.

3. Применение изначально редких сеток скважин, закладывавшихся в проектах, выполненных под руководством А.П. Крылова, было во многом следствием развиваемой им и его коллегами идеи двухстадийного проектирования и разбуривания.

Список литературы

1. Абасов М.Т., Закиров С.Н. О творчестве академика А.П. Крылова (в связи с 100-летием со дня рождения)//Геология нефти и газа. - 2004. - № 5. – С. 27-29.
2. Сергеев В.Б. Влияние плотности сетки скважин на нефтеотдачу водонефтяных зон залежей Арланского месторождения//Нефтяное хозяйство. – 1985. - № 2. - С. 23-28.
3. Григорян А.М. Вскрытие пластов многозональными и горизонтальными скважинами. – М.: Недра, 1969. – 190 с.
4. Закиров С.Н. Анализ проблемы «Плотность сетки скважин – нефтеотдача». – М.: Изд. Дом «Грааль», 2002. – 314 с.
5. Новые принципы и технологии разработки месторождений нефти и газа/С.Н. Закиров, И.С. Закиров, Э.С. Закиров и др. – М.: Наука, 2004. – 520 с.



Дорогие друзья, сотрудники журнала «Нефтяное хозяйство»!

От имени компании Cisco Systems и от себя лично поздравить всех вас с юбилеем вашего издания.

«Нефтяное хозяйство» – старейшее из научно-технических и производственных изданий нашей страны, и 85 лет – это не просто дата. Это огромное богатство знаний, опыта, профессионализма – не случайно вот уже много лет именно «Нефтяное хозяйство» заслуженно считается ведущим изданием нефтегазовой отрасли.

Опыт плодотворного сотрудничества Cisco с журналом (мы регулярно принимаем участие в ежегодной конференции «Современные информационные технологии в нефтяной и газовой промышленности», которую организует «Нефтяное хозяйство»), подарил нам счастливую возможность работать с надежным, интересным, квалифицированным деловым партнером. Искренне желаем коллективу журнала больше актуальных тем для публикаций, дальнейшего успешного развития издания и, конечно же, здоровья и благополучия каждому сотруднику.

Вице президент Cisco Systems в России и СНГ
Роберт Эйджи