

УДК 622

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРАБОТКИ СЕНОМАНСКИХ
ЗАЛЕЖЕЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING UPON THE PRECISION OF PREDICTION
OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE WEST SIBERIA CENOMANIAN
DEPOSITS DEVELOPMENT

А. О. Лысов, С. Л. Голофаст, А. В. Красовский

A. O. Lysov, S. L. Golofast, A. V. Krasovskiyy

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень,
ООО «ТюменНИИгипрогаз», г. Тюмень,*

*Ключевые слова: коэффициент пористости; коэффициент проницаемости;
уплотнение породы; погрешность в определении фильтрационно-емкостных свойств;
гидродинамическая модель; газовая залежь*

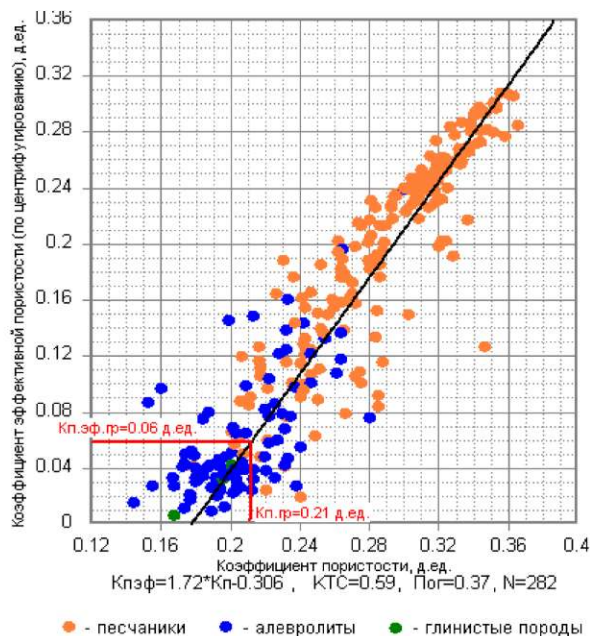
Key words: *porosity coefficient; permeability coefficient; rock compaction; reservoir properties determination errors; hydrodynamic model; gas deposit*

Одной из основных задач при проектировании и управлении разработкой месторождений природного газа является оценка величины начальных геологических и дренируемых запасов. На основе данной оценки создаются геологические и гидродинамические модели, планируются уровни отборов, составляются проекты разработки и обустройства месторождения. Требования к достоверности и точности методов подсчета запасов и исходных данных для них постоянно возрастают. Расхождение величин запасов газа, подсчитанных объемным методом и по данным истории разработки, составляет 5–20 % по сеноманским залежам Западной Сибири [1].

Одной из причин расхождения является погрешность в определении пористости. Проанализируем причины появления погрешности при определении средней пористости при подсчете запасов. Следует отметить, что со времени проведения пересчетов запасов по большинству уникальных и крупных газовых залежей имеет место существенное уточнение применяемой для этого методики. Так, например, замеры пористости, значения которой использовались при пересчете, были выполнены при атмосферном давлении. Однако в пласте на скелет породы действует эффективное давление, величина которого определяется разностью пластового и горного давлений. На момент времени, когда выполнялся пересчет, исследования зависимости пористости и проницаемости от эффективного давления по сеноманским отложениям не проводились. Подобные исследования керна одного из месторождений Западной Сибири свидетельствуют о том, что в реальном диапазоне изменения ФЕС коллекторов величина коэффициента пористости в нагруженном состоянии варьируется, и изменение его значения составляет 0,01–0,02 д. ед. [2]. Фактически даже такое незначительное изменение рассматриваемого коэффициента приводит при пересчете к существенному (~ на 2,4 %) снижению запасов для дренируемых коллекторов и свидетельствует о необходимости коррекции в определении граничного значения пористости.

Обоснование нижних пределов пористости и проницаемости коллекторов по керну в большинстве случаев осуществляется экспериментально-расчетным методом [1], который основан на сопоставлении коэффициентов эффективной пористости ($K_{эф}$) с коэффициентами пористости и абсолютной газопроницаемости (рис. 1).

Рис. 1. Зависимость коэффициента эффективной пористости от коэффициента пористости по данным керна



Граничные значения коэффициента пористости $K_n^p = 21\%$ определены при величине эффективной пористости $K_{n\text{эф}}^p = 6\%$, но исследования проводились в атмосферных условиях, и, следовательно, для пластовых условий значение коэффициента K_n^p составит $21 \cdot 0,976 = 20,496\% \approx 20\%$.

Исследования сеноманского керна на сжимаемость почти отсутствуют по причине плохой сохранности образцов при извлечении. Одни из первых исследований по изучению влияния уплотнения породы сеноманской залежи на ФЕС на образцах керна, результаты которых представлены на рис. 2, были выполнены в 2010 г [3]. Коэффициент пористости данных образцов в стандартных условиях варьировался от 0,227 до 0,319. Керна сеноманских отложений характеризуется слабосцементированным состоянием. При насыщении такого керна водой в атмосферных условиях происходит набухание глинистых минералов, что особенно проявляется в пропластках с низкими ФЕС. Вследствие того, что для части образцов исследования были проведены по воде, величины их пористости оказались завышенными. Необходимо также отметить, что после извлечения керна претерпевает необратимые изменения — извлекаются флюиды, происходит его неупругая деформация и т. д. С увеличением фиктивного давления наблюдается общее уменьшение коэффициента сжимаемости, при этом параметры пористой горной породы нелинейно связаны со значительными изменениями величины пластового давления. Качественно это явление объясняется уплотнением среды, возрастанием площади контактов зерен и коэффициентов упругих смещений твердых частиц.

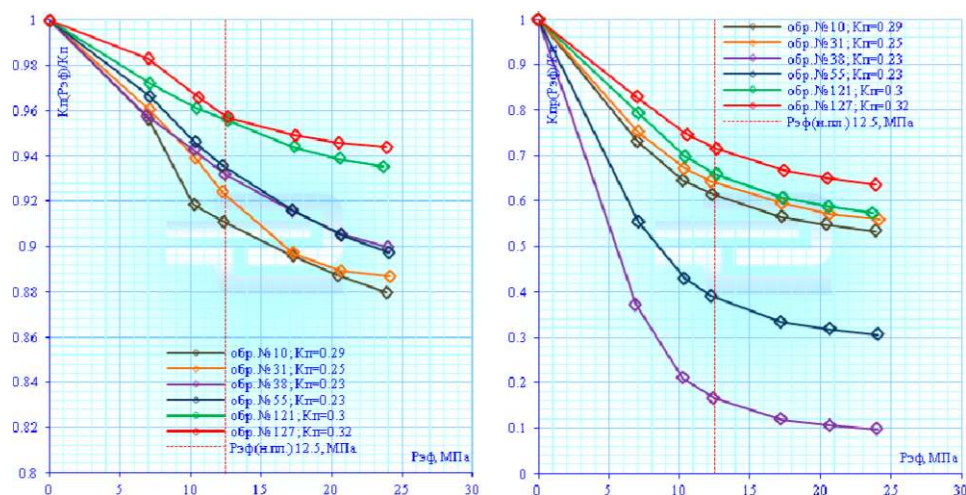


Рис. 2. Зависимость коэффициентов пористости: а) и проницаемости б) от эффективного давления

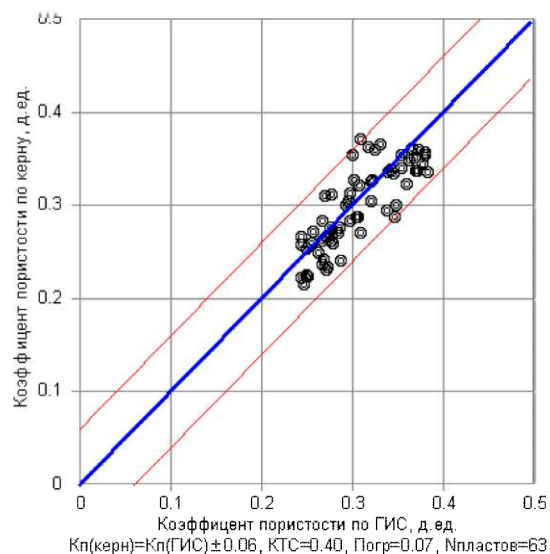
Исходя из полученной осредненной зависимости, доля коллекторов, которые при пластовых условиях будут иметь значение пористости ниже граничного, возрастет и составит $21/0,936 = 22,4\%$. Следовательно, все коллекторы с пористостью 22,4% становятся неколлекторами при пластовом эффективном давлении.

Результаты экспериментальных исследований Фатта, М. М. Кусакова, Н. С. Гудок [4, 5] и ряда других авторов показывают существенную зависимость коэффициента проницаемости от величины давления, причем изменение данного коэффициента происходит гораздо в большей степени, чем порового объема. Выполненные в работах Д. В. Кутовой и А. Т. Горбунова [6, 7] исследования трещиноватых пород показали, что в ряде случаев отмечается затухание фильтрации вследствие смыкания трещин. Данный факт свидетельствует, что высокопроводимые поровые каналы (с проницаемостью породы в несколько Дарси) могут вести себя подобно трещинам и при падении давления резко терять свои фильтрационные свойства. Так, например, данные, представленные на рис. 2, позволяют сделать вывод, что коэффициент проницаемости K_{np} на одном

образце керна уменьшился \approx в 7 раз, и при начальном пластовом эффективном давлении его значение составило $\sim 15\%$ от проницаемости в стандартных условиях. По этой причине может происходить выключение из дренирования некоторого объема пород, определенных коллекторами при атмосферном давлении.

Кроме того, абсолютная погрешность в определении пористости оценена в последнем подсчете запасов в размере $\sim 6\%$ (рис. 3). Если при учете данной погрешности поровый объем корректируется в большую сторону ровно на 6% , то учет ее при коррекции в меньшую сторону может привести к тому, что величина пористости может оказаться ниже ее граничного значения для той породы, которая была определена коллектором.

*Рис. 3. Погрешность
в определении коэффициента
пористости*



Представленные выводы применимы для любых аналогичных по условиям залегания газовых залежей и могут использоваться при адаптации моделей на историю разработки.

Отсутствие детальной информации о геологическом строении пласта в межскважинном пространстве и на периферии, наряду с методикой интерпретации ГИС залежи и погрешности инструментальных замеров, определяет ошибки подсчета начальных запасов газа. Замеры фильтрационно-емкостных параметров в отдельных точках пласта, ввиду неоднородности среды, не позволяют достоверно определить величины параметров в межскважинном пространстве. Осреднение подсчетных параметров при выполнении работ по подсчету запасов газа вносит дополнительную неопределенность. В связи с этим использование данных контроля за разработкой (добыча, давление, подъем ГВК) для адаптации фильтрационной модели позволяет уточнить начальные запасы газа.

В заключение необходимо отметить, что все описанные выше факторы оказывают существенное влияние на величину погрешности при определении пористости и согласуются между собой. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- замеры пористости необходимо производить в условиях максимально приближенных к пластовым, так как в противном случае в расчет изначально закладывается ошибка;
- на погрешность, возникающую при подсчете запасов, оказывает влияние ряд технологических и геологических факторов, часть из которых на настоящий день не поддается корректному учету;
- при адаптации гидродинамической модели на историю разработки следует учитывать погрешности в определении пористости и проницаемости по исследованиям керна.

Список литературы

1. Крылов Г. В., Лапердин А. Н., Маслов В. Н. Совершенствование методов геологического изучения, анализа и проектирования разработки газовых месторождений севера Западной Сибири. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005. – 392 с.
2. Драцов В. Г., Трухин В. Ю., Кондратьева Л. А., Закуражнова И. А. и др. Пересчет запасов газа сеноманской залежи Ямбургского месторождения (по состоянию изученности на 01.01.2008). ООО «ЦНИП ГИС». – М., 2008. – 379 с.
3. Обобщение ранее выполненных исследований и проведение дополнительных петрофизических, литолого-минералогических исследований керна сеноманской залежи Ямбургского НГКМ: Отчет о НИР (промежуточ.) / ООО «ТюменьНИИгазпрогаз»; Руководитель А. Г. Борисов. – Тюмень, 2013. – 59 с.
4. Fatt I. Compressibility of Sandstones at low to Moderate Pressures. Bull. Amer. Assoc. of Petrol. Geolog. vol. 42, No. 8, August, 1958. – P. 1924-1957.
5. Кусаков М. М., Гудок Н. С. Влияние внешнего давления на фильтрационные свойства нефтесодержащих пород // Нефтяное хозяйство. – 1958. – № 6. – С. 40-47.
6. Кутовая Д. В. Влияние внешнего давления на фильтрационные свойства трещиноватых пород и раскрытие трещин // Нефтяная и газовая промышленность. – Киев. – 1962. – № 1. – С. 34-35.
7. Горбунов А. Т. Вопросы разработки нефтяных месторождений, представленных трещиноватыми коллекторами. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: ВНИИнефтегаз, 1963.

Сведения об авторах

Лысов Андрей Олегович, аспирант, Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, e-mail: LysovAO@tngg.ru

Голофаст Сергей Леонидович, д. т. н., профессор, Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)488111, e-mail: tras-ser@inbox.ru

Красовский Александр Викторович, к. т. н., зам. генерального директора, ООО «ТюменьНИИгазпрогаз», г. Тюмень, e-mail: Krasovskiyi@tngg.ru

Information about the authors

Lysov A. O., postgraduate, Tyumen State Oil and Gas University, e-mail: LysovAO@tngg.ru

Golofast S. L., Doctor of Engineering, professor of Tyumen State Oil and Gas University, phone: 8(3452)488111, e-mail: trasser@inbox.ru

Krasovski y A. V., Candidate of Science in Engineering, Deputy General Director of LLC «TyumenNIIGiprogas», e-mail: Krasovskiyi@tngg.ru