

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

© Г.М.Эфендиев, Э.М.Нагиев, 2011

К ОЦЕНКЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ И УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОД ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ БУРЕНИЯ СКВАЖИН**Г.М.Эфендиев¹, Э.М.Нагиев²***1 – Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А**2 – Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия
Az1010, Баку, просп. Азадлыг, 20*

В статье рассматриваются закономерности изменения физико-механических свойств горных пород (в частности, петрофизических характеристик и коэффициента Пуассона) геологических разрезов, определённые по технологическим данным бурения скважин. Анализу подвергались данные по скважинам месторождения Гюнешли, пробуренным на различных участках, полученные по результатам геолого-технологических исследований в процессе бурения и реализации соответствующей программы, позволяющей по отмеченным исследованиям оценить различные характеристики геологического разреза, в том числе и показатели физико-механических свойств горных пород (пористость, проницаемость, коэффициент Пуассона, твёрдость и др.).

Введение

Одним из основных вопросов в изучении геологических разрезов, представляющих интерес, является установление закономерностей изменения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), а также показателей механических свойств пород по разрезу и месторождению. Изучением изменения ФЕС пород с глубиной их погружения занимались различные исследователи. В процессе исследований производилось установление как характера изменения пород, так и изучение влияния тех или иных факторов на показатели рассматриваемых свойств.

Для различных месторождений были построены зависимости, которые подтвердили известную тенденцию снижения пористости и проницаемости пород по разрезу.

Изучение влияния фактора глубины на степень изменения фильтрационно-емкостных и механических свойств пород и специфики проявления этого процесса продолжается и по настоящее время, что позволило лучше понять закономерности поведения рассматриваемых параметров в различных типах разре-

зов (Икон и др., 2009; Абасов и др., 2007; Соич и др., 1997; Ирбэ, Шестакова, 1986).

Различие в геологических особенностях большинства месторождений обусловлено глубиной залегания объекта. С увеличением глубины на характер изменения фильтрационно-емкостных и механических свойств оказывает влияние наличие в разрезах зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД), что, в частности, характерно для большинства месторождений Азербайджана. Анализ корреляционной связи между поровым давлением и пористостью глинистых пород обеспечивает возможность прогнозирования зон аномально высоких давлений и их количественной оценки на основании прямых и косвенных измерений изменения пористости глин с глубиной. Основная процедура при этом заключается в том, чтобы установить тенденцию уменьшения значений пористости пород с глубиной в нормальных условиях, обнаружить и количественно оценить отклонения от этой тенденции в зонах АВПД. В настоящее время геолого-технологические исследования позволяют получать такую информацию в процессе бу-

рения, что в свою очередь обеспечивает возможность оперативного принятия решений, регулирования параметров бурового раствора для предотвращения нефтегазоводопроявлений и (или) обвалов глинистых пород непосредственно в процессе бурения. В связи с этим в последние годы наблюдается интенсивное усовершенствование методов и систем получения геолого-технологической информации в процессе бурения, которые позволяют на основе комплексной информации о режимных параметрах, параметрах бурового раствора, результатов анализа керна и шлама осуществлять контроль за процессом бурения скважин, оперативно решать задачи как геологического (выделение продуктивных пластов, зон аномально высоких пластовых давлений, литологическое расчленение разреза, оценка фильтрационно-ёмкостных характеристик пластов), так и технологического характера (Лукьянов, Стрельченко, 1997). Одной из важнейших деформационных характеристик горных пород является коэффициент Пуассона, играющий большую роль при расчёте значений давления гидроразрыва и позволяющий прогнозировать характер насыщения коллекторов на некотором расстоянии от скважины.

В результате комплексного анализа в работе (Сорокин, Мегедь, 2002) установлено, что для газонасыщенных высокопористых песчаников коэффициент Пуассона $\nu < 0,24$. Для водонасыщенных песчаников коэффициент Пуассона изменяется в пределах $0,30 < \nu < 0,33$; для смеси флюидов (газ, нефть, вода) находится в пределах $0,24 < \nu < 0,30$. Водонасыщенные глинистые песчаники характеризуются значениями коэффициента $0,33 < \nu < 0,48$. В отмеченной работе, а также в работе (Эфендиев и др., 2005) статистическим путем исследованы зависимости коэффициента Пуассона от петрофизических характеристик пород Днепровско-Донецкой впадины и некоторых месторождений Азербайджана. Ввиду того, что обычно получаемые таким образом закономерности не являются в общем универсальными, такой анализ необходим с целью проведения расчетов по каждому рассматриваемому месторождению (или региону). По аномалиям коэффициента Пуассона, как отмечают исследователи, возможно также выделение зоны аномаль-

ных пластовых давлений. При этом в интервалах повышенного давления отмечаются высокие значения коэффициента Пуассона (0,35-0,45). В интервалах пониженного пластового давления отмечаются пониженные значения коэффициента Пуассона: $0,15 < \nu < 0,30$ (Сорокин, Мегедь, 2002). Кроме того, коэффициент Пуассона имеет важное значение при оценке давления гидроразрыва, механизм которого тесно связан с упругими характеристиками горных пород, в частности коэффициентом Пуассона.

В работе (Кулиев, 2000) получена теоретическая модель для расчета коэффициента Пуассона. В качестве основного фактора, влияющего на изменение коэффициента Пуассона, принято совместное действие напряженности среды, нелинейности деформирования и трехмерности волнового процесса в многофазных телах.

В целом, как показывает анализ, вопросы, связанные с изучением закономерностей изменения различных свойств горных пород, на протяжении многих лет находятся в центре внимания исследователей. Всё это имеет большое значение и позволяет добиться повышения качества вскрытия продуктивных горизонтов, скоростей проходки, а также эффективности поисков, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений.

Результаты исследований

В настоящей статье приводятся результаты статистического анализа данных о литолого-ёмкостных и упругих свойствах пород, слагающих геологический разрез, на примере месторождения Гюнешли. В таблице приведены значения петрофизических характеристик. Статистический анализ данных бурения скважин позволил установить закономерности изменения пористости и твёрдости пород с глубиной с внесением поправки на влияние градиента порового давления в условиях АВПД и их распределения по месторождению для отдельных стратиграфических подразделений, что в свою очередь обеспечит возможность обоснования геологических условий проводки скважин, уточнения технологических параметров и будет способствовать повышению эффективности принимаемых решений (Эфендиев, Нагиев, 2011). Коэффи-

коэффициент Пуассона оценивался по данным бурения скважин с помощью программы, которая позволяет оценить его наряду с другими характеристиками геологического разреза, а также результатам исследований керна-шламового материала. В результате корреляционного анализа построены зависимости коэффициента Пуассона от содержания глины и коэффициента пористости отдельно для песчаников и глин (рис. 1).

Путём сравнения данных, полученных по результатам ГИС и кернавым исследованиям, и расчётных данных по сигма-каротажу в результате применения статистических приёмов были откорректированы расчётные значения пористости и рассчитаны значения глинистости отдельно для песчаников и гли-

нистых пород (породы выделялись с помощью параметра сигма-каротажа, характеризующего литологические особенности). На рис. 2 показано изменение откорректированной пористости и соответствующей расчётной глинистости для глин и песчаников в отдельности с глубиной на примере одной из скважин месторождения Гюнешли. На этом же рисунке приведены d-экспонента и сигма-каротаж, где с помощью линии нормального уплотнения выделено начало зоны АВПД, соответствующее глубине 410-430 м. На самом деле с этого интервала плотность бурового раствора была увеличена до 1550 кг/м³, что согласуется с расчётными значениями градиента порового раствора.

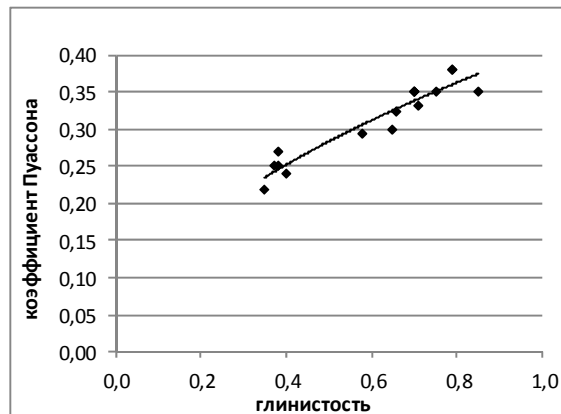
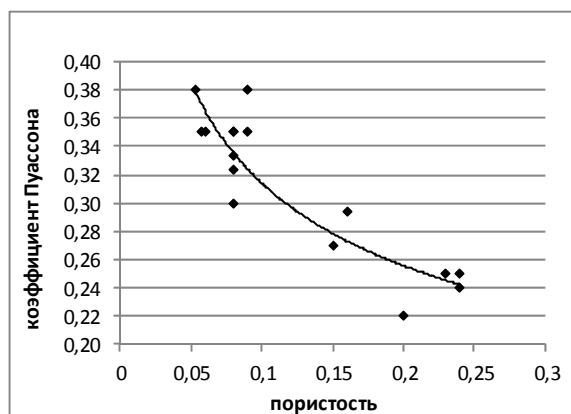
Средние литологические, ёмкостные и упругие характеристики разреза месторождения Гюнешли

Стратиграфический объект	Глубина, м	Горные породы		Глинистость	Плотность, г/см ³	Пористость	коэффициент Пуассона
		Литологич. состав	Сод., %				
1	2	3	4	5	6	7	8
Древнекаспийские отложения	147-380	глина	70	0,85	1800	0,09	0,35
		песок	20	0,1	1800	0,25	0,19
		песчаник	10	0,18	2000	0,15	0,28
Абшеронский ярус	380-610	глина	70	0,79	2000	0,09	0,38
		песок	15	0,15	1800	0,21	0,27
		песчаник	10	0,12	2300	0,18	0,24
		известняк	5		2000	0,2	
Акчагыльский ярус	610-700	глина	90	0,75	2000	0,08	0,35
		песок	10	0,18	1800	0,22	0,24
		вулк. пепел					
Сураханская свита	700-1850	глина	75	0,708	2200	0,08	0,333
		песок	25	0,35	1800	0,12	0,3
Сабунчинская свита	1850-2275	глина	65	0,66	2100	0,08	0,324
		глин. песчаник	15	0,381	2800	0,23	0,25
		песок	10	0,198	1600	0,25	0,179
		алевролит	10	0,44	2300	0,12	
Балаханская свита	2275-3400	глин. песчаник	45	0,35	2800	0,2	0,22
		глина	40	0,58	2000	0,16	0,294
		песок	10	0,18	1600	0,23	0,17
		алевролит	5	0,45	2300	0,17	
Свита перерыва	3400-3530	песчаник	35	0,24	2500	0,17	0,26
		песок	35	0,14	1800	0,265	0,18
		глина	30	0,7	2000	0,057	0,35

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
НКГ	3530-3700	глина	90	0,79	2000	0,053	0,38
		песок	10	0,3	1500	0,15	0,29
НКП	3700-3750	глин. пес- чаник	80	0,37	1800	0,24	0,25
		глина	20	0,38	1800	0,15	0,27
КС	3750-3970	глина	65	0,7	2000	0,06	0,35
		глинистый песчаник	15	0,4	2800	0,24	0,24
		песок	10	0,29	1800	0,16	0,3
		алевролит	10	0,42	2300	0,2	
ПК	3970-4070	песчаник	60	0,17	2600	0,23	0,22
		песок	30	0,18	1800	0,16	0,27
		глина	10	0,65	2000	0,08	0,3
КаС	4070-4100	глина	50	0,7	2000	0,08	0,35
		песок	25	0,2	2600	0,178	0,25
		песчаник	25	0,21	1800	0,18	0,25

Глины



Песчаники

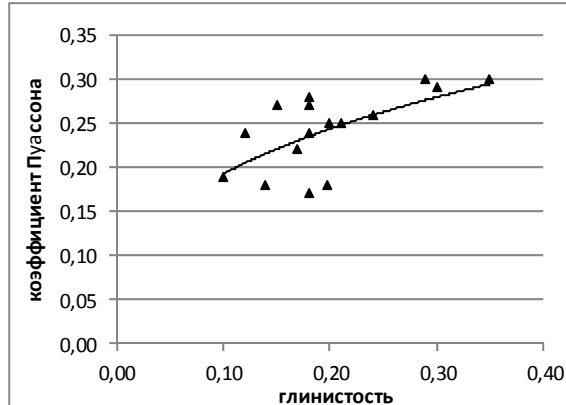
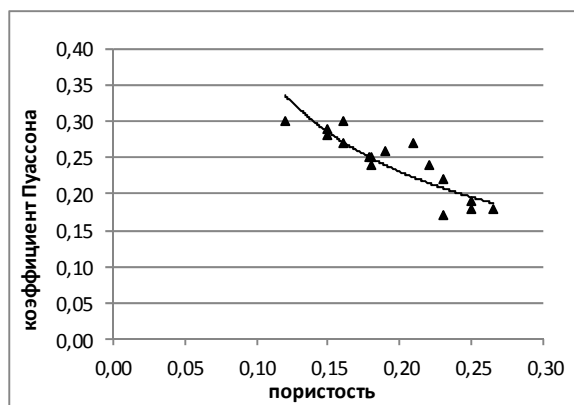


Рис. 1. Зависимость коэффициента Пуассона от петрофизических параметров глин и песчаников

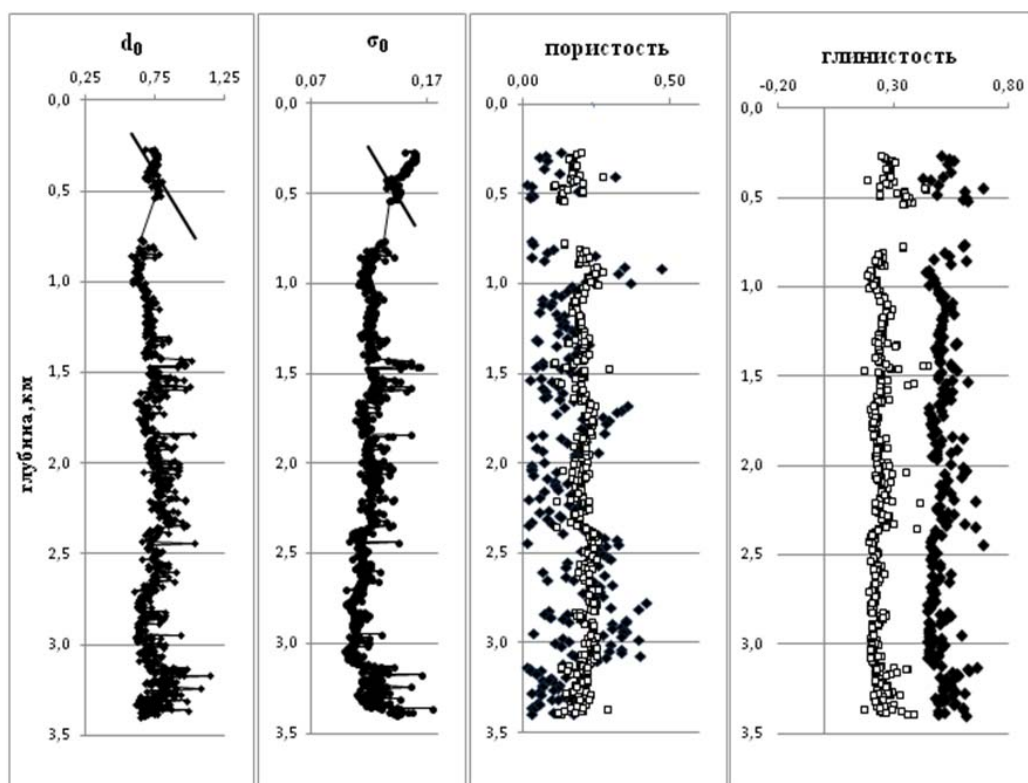


Рис. 2. d-экспонента, сигма-каротаж, изменение пористости и глинистости с глубиной

□ - песчаники
◆ - глины

Заключение

С помощью статистического анализа показана и реализована возможность оценки пористости и глинистости для глин и песчаников, слагающих разрез рассматриваемого месторождения, по технологическим данным, поступающим в процессе бурения скважин.

Получены зависимости коэффициента Пуассона от пористости и глинистости для глин и песчаников в отдельности по технологическим данным бурения скважин, которые показывают, что с ростом глинистости коэффициент Пуассона растёт, а с ростом пористости – снижается.

ЛИТЕРАТУРА

- АБАСОВ, М.Т., КОНДРУШКИН, Ю.М., АЛИЯРОВ, Р.Ю., КРУТЫХ, Л.Г. 2007. Изучение и прогнозирование параметров сложных природных резервуаров нефти и газа Южно-Каспийской впадины. Nafta-Press. Баку. 217.
- ИКОН, Е.В., КОНЮХОВ, В.И., МОРОЗ, М.Л. 2009. Закономерности изменения коллекторских свойств пород с глубиной их залегания во фроловской мегавпадине. В сб.: *Вестник недропользователя*, 20. /www.oilnews.ru/magazine/2009-20-04.html.

ИРБЭ, Н.А., ШЕСТАКОВА, Л.Ф. 1986. Закономерности изменения пористости и проницаемости осадочных пород Западной Сибири. *Труды ЗапСибНИГНИ*, Тюмень. www.oilnews.ru/magazine/2009-20-04.html.

КУЛИЕВ, Г.Г. 2000. Определение коэффициента Пуассона в напряженных средах. *Геофизика. Доклады АН РФ*, 370, 4, 534-537.

ЛУКЬЯНОВ, Э.Е., СТРЕЛЬЧЕНКО, В.В. 1997. Геолого-технологические исследования в процессе бурения. Нефть и газ. Москва. 688.

СОНИЧ, В.П., ЧЕРЕМИСИН, Н.А., БАТУРИН, Ю.Е. 1997. Влияние снижения пластового давления на фильтрационно-емкостные свойства пород. *Нефтяное хозяйство*, 9.

СОРОКИН, А.П., МЕГЕДЬ, Г.В. 2002. Петрофизические свойства резервуаров углеводородов в гетерогенной анизотропной среде по данным ПМ ВСП и ГИС. В научно-техническом вестнике *Каротажник*, 97, Тверь, 74-89.

ЭФЕНДИЕВ, Г.М., ДЖАФАРОВА, Н.М., БАБАЕВ М.С. и др. 2005. К оценке коэффициента Пуассона и давления гидроразрыва горных пород. В тезисах 5-й Международной научно-практической конференции *Освоение ресурсов трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей*, 3-6 октября, Геленджик, Краснодар, 19-20.

ЭФЕНДИЕВ, Г.М., НАГИЕВ, Э.М. 2011. Оценка и анализ закономерностей изменения показателей физико-механических свойств пород по технологическим данным бурения скважин. *Нефтяное хозяйство*, 11.