

### Список литературы

1. Кряквин Д.А. Результаты капитального ремонта скважин на месторождении Медвежье в 2007 году // Результаты проведения геолого-технических мероприятий: Материалы совещания ведущих специалистов предприятий ОАО «Газпром» (Кисловодск, 18-22 февраля 2008 г.) - М.: ИРЦ Газпром, 2008.- С. 40-47.
2. Кустышев А.В. Некоторые закономерности капитальных ремонтов газовых скважин на месторождениях Западной Сибири // Известия вузов. Нефть и газ. 2007. № 3.- С. 12-17.
3. Кряквин Д.А., Кривенец Т.В., Кустышев А.В. Проблемы и пути их решения при выполнении КРС на Медвежьем месторождении // Геология, география и глобальная энергия. 2009. № 4.- С. 249-252.
4. Пат. 2373377 РФ. Е 21 В 33/138, С 09 К 8/467. Способ ликвидации межколонных газопровывлений в скважине / А.В. Кустышев, Д.А. Кряквин, Н.Е. Щербич, А.В. Немков, Д.А. Кустышев и др. (РФ).- № 2008110664, Заяв. 19.03.08; Опубл. 20.11.09, Бюл. № 32.

### Сведения об авторе

**Кряквин Д.А.**, аспирант, Тюменский государственный нефтегазовый университет, зав. сектором ООО «ТюменНИИгипрогаз», тел.: 8 (3452) 286-697

**Kryakvin D.A.**, post-graduate student, Tyumen State Oil and Gas University, head of sector of the Limited Liability Company "TyumenNIIGiprogas", phone: +7(3452) 20-09-89

УДК 622.27

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕНОМАНСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ

**В.В. Паникаровский, Е.В. Паникаровский, В.Н. Дубровский**  
(ООО «ТюменНИИгипрогаз», ООО «Газпром добыча Ноябрьск»)

*Призабойная зона, устойчивость пород-коллекторов, сжимаемость пород*

*Bottomhole zone, reservoir rocks stability, rock compressibility*

*Determination of rocks stability at development of Cenomanian deposits. Panikarovskii V.V., Panikarovskii E.V., Dubrovskii V.N.*

*It is shown that the problems of completion and operation of wells, the bottomhole zone of which is formed by poor cemented reservoirs, are resulted from the sand recovery into the borehole and formation of sand plugs and caverns which leads to impairment of reservoir filtration properties and to a production decline. These problems solution is related with a determination of the maximum permissible differential pressure drawdown in the poor cemented reservoir rocks accounting for their strength properties. Fig. 3, ref. 8*

**П**роблемы освоения и эксплуатации скважин, призабойная зона которых сложена слабосцементированными коллекторами, обусловлены выносом песка в ствол скважины и образованием песчаных пробок и каверн, что приводит к снижению фильтрационных характеристик пласта и падению дебита, поэтому без проведения предупредительных геолого-технических мероприятий дальнейшая эксплуатация таких скважин очень затруднительна.

Решение этих проблем связано с определением максимально допустимой депрессии на слабосцементированные породы-коллекторы с учётом их прочностных характеристик.

Исследования устойчивости пород-коллекторов при эксплуатации скважин показывают, что для большинства изучаемых пород нефтяных и газовых месторождений, уменьшение или увеличение объема пор пластов происходит в соответствии с законом

Гука:

$$\frac{\Delta V_{пор}}{V_o} = \beta_c \cdot \Delta P, \quad (1)$$

где  $\Delta V_{пор}$  – изменение объема пор исследуемого пласта, м<sup>3</sup>;  $V_o$  – объем элемента пласта, м<sup>3</sup>;  $\beta_c$  – коэффициент объемной упругости пористой среды, м<sup>2</sup>/н;  $\Delta P$  – изменение пластового давления, МПа.

По лабораторным данным  $\beta_c = (0,3-2,0) \cdot 10^{-10}$  м<sup>2</sup>/н [1].

Л.М. Марморштейном [2] проведены исследования упругих характеристик горных пород по скорости распространения упругих волн в горных породах с помощью двух датчиков – продольного и поперечного. Полученные результаты свидетельствуют о зависимости упругих характеристик исследуемых пород от давления и хорошо согласуются с данными других исследователей [3]. Установлено, что статическая сжимаемость существенно больше динамической и значительно уменьшается с ростом давления. А.Х.Мирзаджанзаде, И.М. Аметов и др. установили, что прочность пород является их важнейшей характеристикой при различных видах деформации. Предел прочности пород зависит от многих факторов, в том числе от пористости, характера и вида цементирующего материала [4, 5].

А.И. Булатов и др. определяют допустимую депрессию на пласт в зависимости от устойчивости призабойной зоны, которая выражается формулой [6]:

$$\Delta P_z \leq \sigma_{сж} - 2(\nu P_r - P_{пл}), \quad (2)$$

где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности породы пласта на сжатие с учетом его изменения при насыщении породы фильтратом раствора, МПа;  $P_r$  – вертикальное горное давление, МПа;  $\nu$  – коэффициент бокового распора.

Сеноманская продуктивная толща характеризуется значительной неоднородностью литологического состава и представляет переслаивание песчано-алевролитовых и глинистых пластов. Отложения сеномана почти не коррелируются.

Фильтрационно-емкостные свойства горной породы зависят от литолого-минералогического состава скелета и цемента породы. Скелетная часть терригенного коллектора представлена по гранулометрическому составу зерен. Породы, сложенные мелкоалевритовой фракцией 0,01 – 0,05 мм, почти не проницаемы для газа, а содержание в них воды – более 80 %. Мелкодисперсная фракция от 0,01 до 0,05 мм присутствует в терригенных породах и ухудшает их проницаемость.

Показания геофизических исследований (ГИС) также зависят от фракционного состава зерен, слагающих породу. Алевритовые породы характеризуются более высокими значениями цементации и повышенной гамма-активностью по сравнению с хорошо отсортированными песчаниками.

Глинистые минералы, формируя цемент терригенных пород, определяют их фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС). Увеличение содержания глинистого цемента приводит к ухудшению ее ФЕС.

Физико-химическая характеристика глинистых минералов и их объемное содержание в породе оказывают существенное влияние на прочностные характеристики породы, а для условий разработки месторождений определяет значение депрессий, прилагаемых к разрабатываемому пласту.

Для определения глинистости пород по данным ГИС используют комплексы радиоактивных методов: ГК, НТК, ГГКП, потенциалы собственной поляризации ПС. В этом случае мерой глинистости является содержание фракции меньше 0,01 мм.

Представлены зависимости между остаточной водонасыщенностью и пористостью для сеноманских отложений на Ен-Яхинском и Песцовым месторождениях, где снижение значений пористости связано с увеличением водонасыщенности (рис. 1, 2).

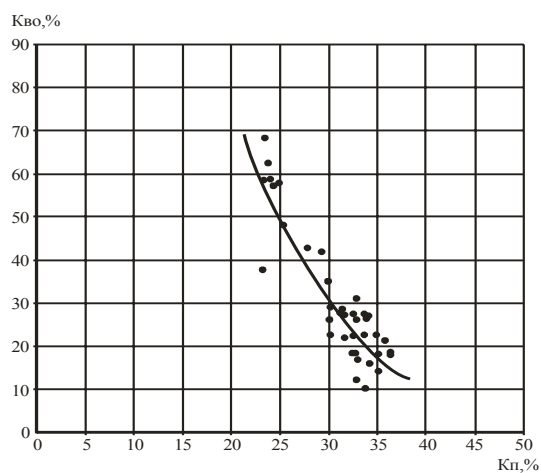


Рис.1. Зависимость коэффициента остаточной водонасыщенности от коэффициента пористости сеноманских отложений Ен-Яхинского месторождения:

$$y = 678 e^{-0,1044x} \quad R^2 = 0,782$$

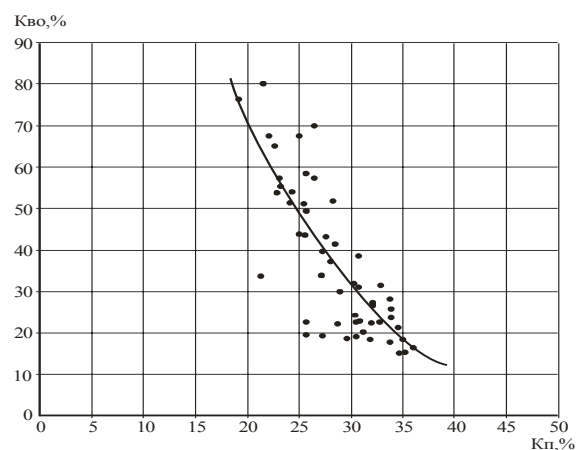


Рис. 2. Зависимость коэффициента остаточной водонасыщенности от коэффициента пористости сеноманских отложений Песцового месторождения:

$$y = 505,46 e^{-0,0959x} \quad R^2 = 0,6694$$

По другой зависимости (рис. 3), характеризующей сеноманские пласты Каменно-мысского месторождения, установлено, что снижение значений пористости происходит с увеличением глинистости пластов, следовательно, рост водонасыщенности сеноманских отложений обусловлен возрастанием объёмной глинистости.

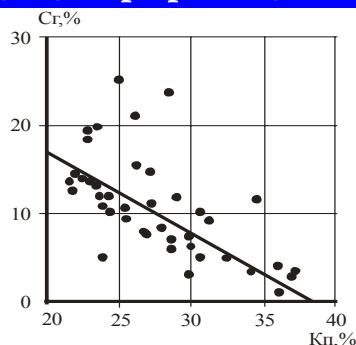


Рис. 3. Зависимость коэффициента объемной глинистости от коэффициента пористости сеноманских отложений Каменномысского месторождения:

$$C_g = -0,899K_p + 0,352 \quad R = 0,83$$

Результаты разработки сеноманских залежей подтверждают данные выводы, что увеличение водонасыщенности пород происходит при возрастании глинистости коллектора, которая в конечном итоге определяет устойчивость слабосцементированных пород сеномана.

При анализе разработки сеноманских газовых залежей Уренгойского и других месторождений установлено, что повсеместно разрабатываются коллекторы с  $\rho_n > 18$  Ом·м,  $K_p > 29,0$  %,  $K_g = 68,0$  %, слабо вовлекаются в разработку глинистые коллекторы с  $\rho_n > 12$  Ом·м,  $K_p > 27,6$  %,  $K_g > 62,0$  %. Низкопроницаемые заглинизированные коллекторы отрабатываются обычно через высокопроницаемые породы [7, 8].

Как показали специальные исследования разведочных скважин, вскрывших сеноманские отложения на Уренгойском, Ямбургском, Медвежьем, Комсомольском, Вынгапуровском и других месторождениях, разрушение призабойной зоны пласта (ПЗП) в случае вскрытия пород-коллекторов сеномана происходит при депрессиях от 0,07 до 4,70 МПа.

По данным исследований В.В. Масленникова и В.К. Федорцова установлена корреляционная зависимость между допустимой забойной депрессией  $\Delta P$ , при которой происходит разрушение ПЗП от удельного электрического сопротивления (УЭС) газонасыщенных пород  $\rho_n$  [8]:

$$\Delta P = -0,539 + \frac{1,54146}{\lg \rho_n}, \quad (3)$$

где  $\Delta P$  – депрессия, прилагаемая к пласту, МПа;  $\rho_n$  – удельное электрическое сопротивление газонасыщенного пласта, Ом·м.

Рассматривая данную зависимость, удалось установить, что для зоны разрабатываемых запасов, УЭС должно превышать 18 Ом·м, а предельно допустимая депрессия колеблется от 0,1 до 0,5 МПа, среднее значение – 0,26 МПа. Для запасов, не вовлеченных в разработку при значении УЭС пласта более 8 Ом·м, допустимая депрессия принимается в пределах от 1,4 до 4,1 МПа, в среднем 2,45 МПа.

Режим постоянной депрессии следует устанавливать только в начальный период разработки. При отсутствии специальных исследований на вынос породы из различных типов пород-коллекторов, предельно допустимую депрессию можно определить при наличии в зоне фильтра выносимых частиц породы-коллектора при  $\rho_n > 18$  Ом·м. Для соблюдения режима разработки газовой залежи необходимо перфорировать один из пластов коллекторов, которые могут обеспечить планируемый дебит скважины.

Низкие значения УЭС обычно свидетельствуют о повышенном содержании воды в продуктивном пласте, а из опыта разработки залежей нефти и газа в слабосцементированных породах известно, что повышенное содержание воды приводит к потере устой-

чивости ПЗП. Если рассматривать отдельные нефтегазоносные пласты, то для них увеличение нефтегазонасыщенности снижает значение предельно допустимой депрессии.

Сопоставляя данные по удельным электрическим сопротивлениям и предельным допустимым депрессиям по скважинам, вскрывшим сеноманские отложения, установить зависимость между  $\Delta P = f(\rho_n)$  весьма затруднительно.

### Список литературы

1. Гиматулинов Ш.К. Физика нефтяного пласта. - М.: Недра, 1963. - 274 с.
2. Марморштейн Л.М. Петрофизические свойства осадочных пород при высоких давлениях и температурах. - М.: Недра, 1988. - 188 с.
3. Волерович М.П. Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах. - М.: Недра, 1975. - 210 с.
4. Мирзаджанзаде А.Х., Аметов М.М. и др. Физика нефтяного пласта. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. - 280 с.
5. Афанасьев Е.Ф., Зотов Г.А. Об устойчивости призабойной зоны. / Труды МИНХ и ГП, вып. 116, 1976. - С. 96.
6. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Макаренко П.П., Яремичук Р.С. Освоение скважин (справочное пособие) - М.: Недра, 1999. - 472 с.
7. Масленников В.В., Крылов Г.В., Маслов В.Н., Лапердин А.Н. Геолого-геофизическое моделирование малоамплитудных сеноманских газовых залежей Западной Сибири и концептуальные подходы к их освоению. - М.: ООО ИРЦ Газпром, 2000. - 243 с.
8. Масленников В.В., Федорцов В.К. Комплексное изучение выноса керна пород-коллекторов газовых скважин Севера Тюменской области. - М.: Недра, вып. 90 / Разведочная геофизика, 1980. - С.119.

### Сведения об авторах

**Паникаровский В.В.**, д. т. н., ведущий научный сотрудник лаборатории вскрытия продуктивных пластов и повышения продуктивности скважин ООО «ТюменНИИгипрогаз», тел.:(3452) 28-67-35

**Паникаровский Е.В.**, научный сотрудник лаборатории по эксплуатации и ремонту скважин, ООО «ТюменНИИгипрогаз», тел.:(3452) 28-66-97

**Дубровский В.Н.**, инженер, ООО «Газпром добыча Ноябрьск», г. Ноябрьск, тел.:(3452) 28-67-35

**Panikarovskii V.V.** Doctor of Technical Sciences, Leading scientific worker, Laboratory of producing formations drilling and wells productivity improvement, Limited Liability company «TyumenNIIGiprogas», phone: (3452) 28-67-35

**Panikarovskii E.V.**, scientific worker, Laboratory of wells repair and operation, Limited Liability company «TyumenNIIGiprogas», phone: (3452) 28-66-97

**Dubrovskii V.N.**, engineer, Limited Liability company «Gasprom добыча», Noyabrsk, phone: (3452) 28-67-35