



Оценка напряженного состояния карбонатных пород среднего карбона в нефтяной скважине Ивинского месторождения Республики Татарстан

Зиганшин Эдуард Ришадович, институт геологии и нефтегазовых технологий КФУ



Карбонатные отложения Республики Татарстан обладают большим потенциалом для добычи углеводородов



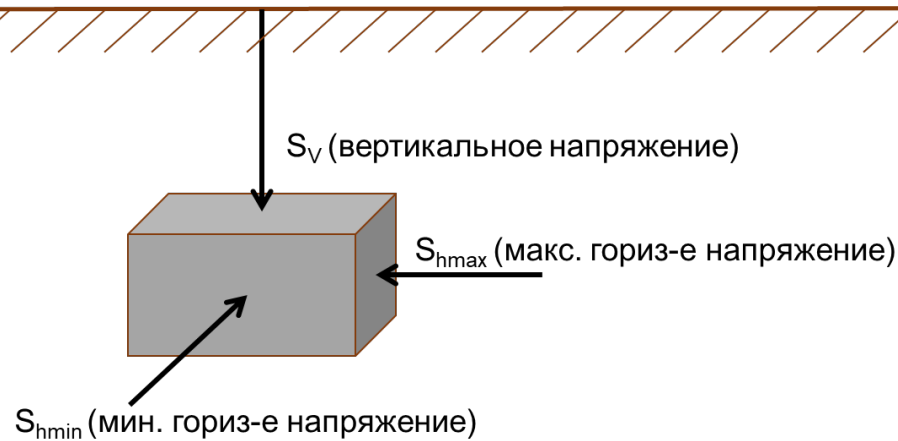
Одним из наиболее эффективных методов увеличения нефтеотдачи в скважинах является метод гидроразрыва пород (ГРП)



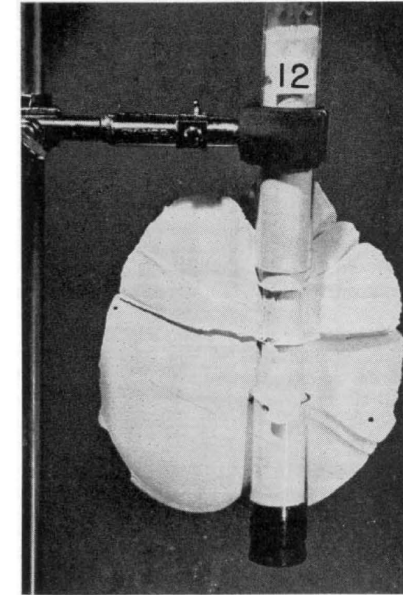
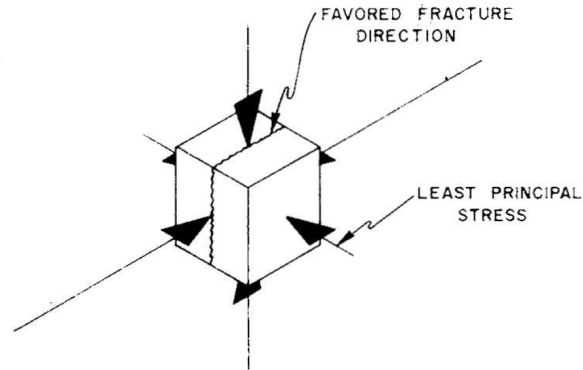
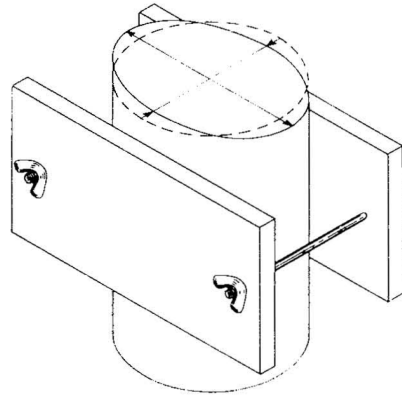
В ряде случаев технология ГРП оказывается малоэффективной из-за сложности строения пустотного пространства карбонатов и их низкой изученности



Необходимы знания напряженного состояния пластов и их геомеханические характеристики

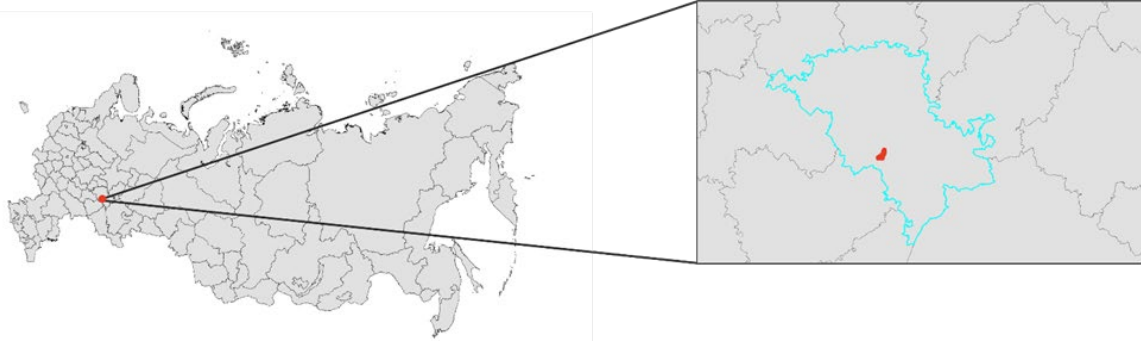


Координатная система, соответствующая главным напряжениям, является единственной, где напряжения сдвига обращаются в нуль и три главных напряжения S_1 S_2 S_3 полностью описывают поле напряжений. В такой координатной системе мы имеем диагональный тензор напряжений; таким образом, главные напряжения соответствуют собственным значениям тензора напряжений, а ориентация главных напряжений соответствует направлениям их собственных векторов:



- Работа Хуберта и Вилли [Hubbert, Willis, 1957] представила вполне убедительные физические аргументы в силу того, что трещина гидроразрыва будет распространяться перпендикулярно направлению минимального горизонтального напряжения.

Объект исследования



- Нефтяная скважина, которая расположена в западной части Южно-Татарского свода (Республика Татарстан)
- Продуктивным интервалом являются породы верейского горизонта среднего карбона в интервале 920 – 970 м. Выше залегают породы каширского подъяруса, а ниже – породы башкирского яруса.

Вертикальное напряжение



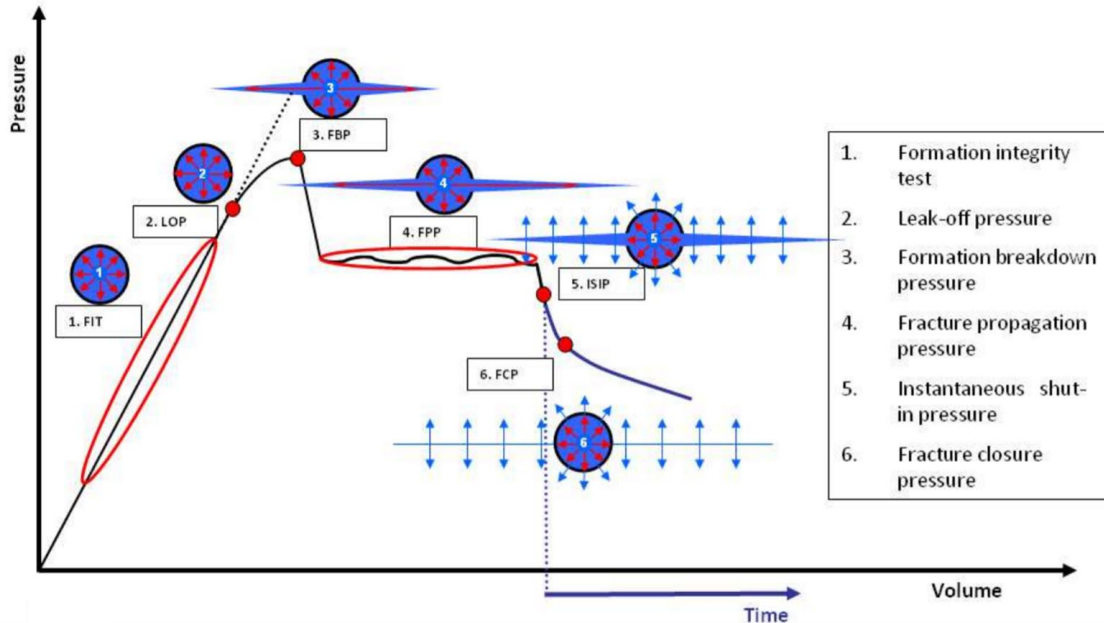
Величина вертикального напряжения определялась путем интегрирования плотности горных пород (ρ_b) по глубине и применением следующего уравнения

$$\sigma_v(Z_{TVD}) = \int_0^{Z_{TVD}} \rho_b g dz$$

Вертикальное напряжение на глубине 965 м $S_v=21.7$ МПа.

(плотность вышележащих пород равна $2,3 \text{ г/см}^3$)

Минимальное горизонтальное напряжение



Величина минимального горизонтального напряжения определялась по результатам проведенного ГРП.

Минимальное горизонтальное напряжение равно давлению закрытия трещины на забое с учетом реального пластового давления.

Минимальное горизонтальное напряжение



По результатам проведенного мини-ГРП давление закрытия трещины на забое равно **Sh'=9,95 МПа**.

Начальное поровое давление на данной глубине было предположительно гидростатическим, и составляло 9,5 МПа.

На момент гидроразрыва поровое давление составляло 5,2 МПа.

Корректировка минимального горизонтального напряжения за период добычи выполнено по следующим формулам:

$$S_h = S'_h + \Delta S_h$$

$$\Delta S_h = \frac{\alpha(1-2n)}{(1-n)} \Delta P$$

$$\Delta P = P_{p,i} - P_{p,ГРП}$$

где n – коэффициент Пуассона, по результатам лабораторных данных на данной глубине он равен 0,26

α – коэффициент Био, в данном случае принят равным 1

$P_{p,i}$ – начальное пластовое давление, равное 9,5 МПа

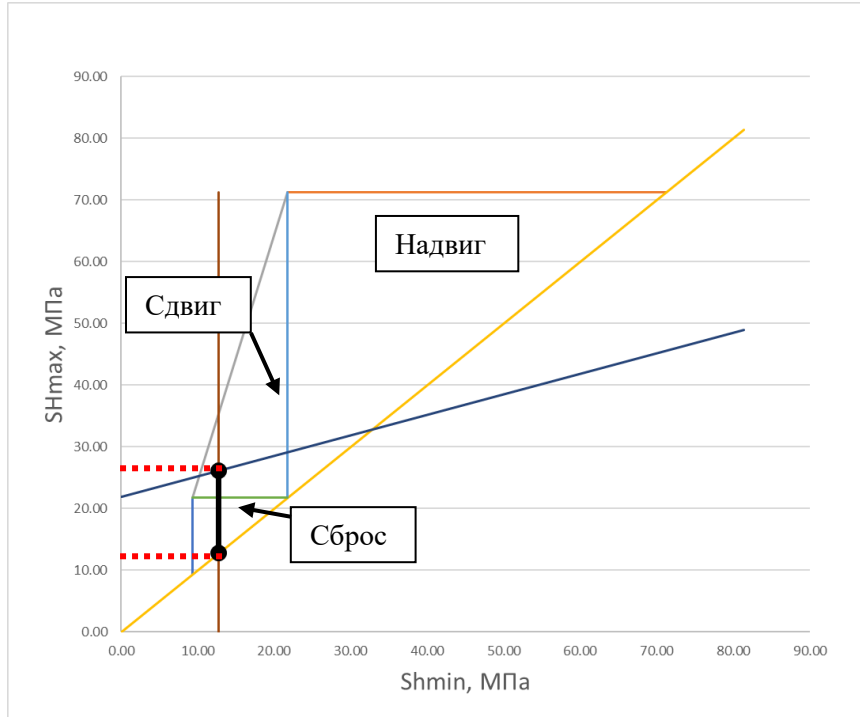
$P_{p,ГРП}$ – пластовое давление при ГРП, равное 5,2 МПа.

После введенных поправок минимальное горизонтальное напряжение на глубине 965 м равно $S_h=12,74$ МПа.

Максимальное горизонтальное напряжение



В данной работе предлагается оценить величину максимального горизонтального напряжения путем построения полигона напряжений, предложенную в работах [Zoback, Mastin, 1987; Moos, Zoback, 1990].



Границы напряжений рассчитаны по уравнению, представленному в работе [Jaeger, Cook, 1979]:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \left[(\mu_i^2 + 1)^{1/2} + \mu_i \right]^2$$

Согласно построенному полигону напряжений, скважина находится в условии сброса-сдвига, величина максимального горизонтального напряжения варьирует в диапазоне от 12,74 до 26,11 МПа.

Среднее значение максимального горизонтального напряжения равно 19,43 МПа.

Азимут максимального горизонтального напряжения



Достоверно оценить азимут напряжений можно либо по вывалам и техногенным трещинам на стенках вертикальной скважины [Wirput, Zoback, 1998], либо по данным анизотропии акустических волн [Endo, Brie, 1996].



В данной скважине были проведены исследования электрического микросканера. По результатам интерпретации направление техногенных трещин в башкирском ярусе равно в среднем 115 градусов, что соответствует направлению максимального горизонтального напряжения SH_{max} .

- На данном месторождении преобладает тектонический режим сброса-сдвига. $S_v > S_{Hmax} > S_{Hmin}$. Соответственно, трещина ГРП будет вертикальной.
- Азимут направления S_{Hmax} равен 115 градусов. Следовательно трещина ГРП будет распространяться в СЗ-ЮВ направлении.
- Если сравнивать напряженное состояние в верейском горизонте, каширском подъярусе и башкирском ярусе, то явных различий в величинах напряжений не наблюдается. Это говорит о том, что существенных «барьеров», которые могли бы ограничить рост трещины по высоте, не наблюдается. Для более точной оценки контраста напряжений необходимы современные данные пластовых давлений в различных интервалах.