УДК 622.276.4

Н.И.СЛЮСАРЕВ, К.Ю.БЕЛЮГОВ, А.И.УСОВ
Санкт-Петербургский горный институт

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОДУКТИВНОСТИ СКВАЖИН

Основная задача исследований заключалась в подборе рецептур тампонажных составов, обеспечивающих формирование конструкций забоев скважин в продуктивном пласте искусственными фильтрами с заданными свойствами. Несмотря на актуальность этой проблемы, специальных тампонажных материалов для этих целей не создано. В качестве сырьевого компонента для вяжущего вещества опробован полиуретановый гидрофильный предполимер, отверждающийся только в присутствии воды. В качестве растворимых наполнителей использованы соли, не содержащие гидратной воды, а наполнителем служил строительный песок. Прочностные характеристики были установлены по напряжению сжатия при деформации в 10 %, предел прочности и проницаемости – в зависимости от компонентного состава по диаграмме Гиббса – Розембаума.

Показано, что проницаемость тампонажного камня повышается с ростом объема размываемого вещества, а при равном объеме размываемого вещества проницаемость снижается с увеличением доли наполнителя, однако прочностные свойства мало изменяются.

Проведенные исследования свидетельствуют о технической возможности создания конструкции забоев с заданными параметрами прочности, проницаемости и смачиваемости при вскрытии неустойчивого нефтяного пласта.

The main purpose of researches was encompass byed to guard rope of the mud formulations a sealing of structures ensuring formation of designs of working faces of wells in a productive seam by simulated filters with given properties. Looking on a urgency of this problem of stuffs, special a sealing, for these purposes is built. As a raw component for cementitious matter is tested polyurethane hydrophylic before polymer baked directly only at the presence of water.

As solvable filling materials the salts not keeping waters of hydration were used, and the filling material was served by building sand. The strength properties were determined on compressive stress up to value 10 % of value of deformation. Structural limit and permeability from a component structure were determined on a component structure of a Gibbs – Rozembaum.

Is established, that the permeability a sealing of a rock is increased with growth of eroded material, and at an equal volume of eroded material the permeability is reduced with increase of a filling material, however strength properties change a little.

The conducted researches testify to technical feasibility of creation of a design of working faces with given parameters of strength, permeability and wettability at dissecting a unstable oil seam.

Принципиальные технические решения для разработки технологии принимаются на базе формулирования концепции, которой предшествуют стадии анализа состояния вопроса и научно-исследовательские работы. В концепции должны быть отражены и требования к качеству. А.В.Файгенбаум предложил концепцию, согласно которой эффективная система для повышения качества должна осуществляться для того, чтобы вывести продукцию на более высокий экономический уровень.

Если нефтяная компания следует принципу «качество прежде всего», то ее доходы со временем возрастут и прибыль позволит и в дальнейшем улучшать качество. К сожалению, многие компании действуют на основе приоритета прибыли и заинтересованы только в снижении затрат.

Одним из актуальных решений проблемы повышения качества строительства и продуктивности скважин является создание гидродинамически совершенной системы связи скважины с пластом с избирательной фазовой проницаемостью, что, в конечном счете, определяет не только эффективность буровых работ, но и качество гидродинамических исследований при оценке запасов углеводородов и получение наиболее достоверных сведений о режимах продуктивных горизонтов и способах их регулирования системами разработки.

Характерным решением этой проблемы в отечественной практике и за рубежом является формирование искусственных фильтров непосредственно в зоне продуктивного горизонта с заданными в соответствии с конкретными условиями параметрами предела прочности и коэффициента фильтрации. Роль искусственного фильтра выполняет высокопроницаемый тампонажный камень, образующийся в результате твердения доставленной в продуктивную зону скважины специальной смеси, состоящей из вяжущего вещества (В), размываемого вещества (Р) и наполнителя (Н).

Фильтрационные нагрузки зависят как от проницаемости фильтров, так и перепада давления. Допустимые напряжения на внутренней поверхности фильтра должны удовлетворять условию

$$\sigma_{сж} \geq 2R_н^2 p \frac{1}{(R_н^2 - R_в^2)},$$

где $\sigma_{сж}$ – допустимое напряжение на сжатие материала фильтра, Па; $R_н$ и $R_в$ – наружный и внутренний радиусы фильтра, м; p – давление на наружную поверхность фильтра, Па.

Несмотря на актуальность проблемы создания совершенной гидродинамической связи продуктивного пласта со скважиной с помощью искусственных фильтров, специальные тампонажные материалы для этой цели не созданы.

Тампонажные цементы, широко применяемые для изоляционных работ в нефтяных скважинах, не обеспечивают необходимой прочности фильтра после формирования в нем пор. Поэтому в качестве сырьевого компонента для вяжущего вещества опробован полиуретановый гидрофильный предполимер, особые свойства которого состоят в том, что продукт отверждается в течение 3-15 мин только в присутствии воды в широком диапазоне составов и обладает повышенной адгезией ко всем типам горных пород.

В качестве растворимых наполнителей использовались соли, не содержащие гидратной воды и химически инертные по отношению к полимерам, а наполнителем служил строительный песок различных фракций. Для изменения смачиваемости использовались нетоксичные примеси органических соединений.

Фильтрационные свойства образцов исследовались на специальном стенде при различной предварительной водонасыщенности. В качестве фильтрующихся жидкостей использовались минерализованная вода, близкая к пластовой, и нефть Туймазинского месторождения пласта $Д_1$. Коэффициент проницаемости, являющийся динамической характеристикой пористой среды, согласно закону Дарси

$$K = Q\mu L / F\Delta p,$$

где Q – объемный расход жидкости, проходящий через образец породы, $м^3/с$; L – длина образца, м; F – площадь образца, $м^2$; Δp – перепад давления жидкости по длине образца, Па; μ – динамическая вязкость фильтрующейся жидкости (по экспериментам на вискозиметре), мПа·с.

Физико-механические свойства образцов тампонажного камня

Образец	Масса компонента, г				Коэффициент водопроницаемости, м/сутки	Прочность σ, МПа
	Полиуретановый предполимер	Растворимый накопитель	Песок	Вода		
1	20	50	40	20	8,81	0,96
2	15	60	30	20	25,92	0,43
3	10	60	50	30	16,22	0,41
4	10	20	60	20	3,58	0,50

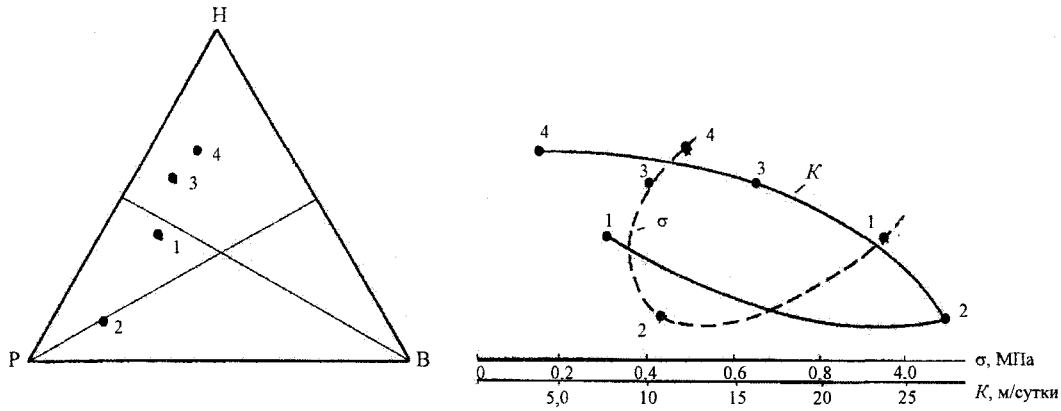


Рис.1. Диаграмма Гиббса – Розенбаума (*а*) и зависимость коэффициента фильтрации и прочностных свойств тампонажного камня от состава компонентов (*б*)

1-4 – образцы

Прочностные характеристики определялись по напряжению сжатия до получения 10-процентной деформации (см. таблицу). Полученные данные свидетельствуют, что прочностные характеристики тампонажного камня отвечают указанному условию.

Для исследования зависимости предела прочности и водопроницаемости от компонентного состава использовалась диаграмма Гиббса – Розембаума: равносторонний треугольник, где любой композиции тампонажного материала соответствует одна точка. Результаты экспериментов (рис.1) позволили установить следующие закономерности:

- по мере снижения содержания вяжущего вещества прочностные свойства тампонажного камня падают (участок 1-3 кривой σ);
- при равных долях вяжущего вещества прочностные свойства образца повышаются с ростом доли наполнителя (участок 3-4 кривой σ);
- проницаемость тампонажного камня увеличивается с ростом доли размываемого вещества (участок 1-2 и 4-2 кривой *K*);
- при одинаковой массе размываемого вещества проницаемость снижается с увеличением массы наполнителя (участок 2-3 кривой *K*).

Прочностные свойства во всех этих случаях изменяются несущественно.

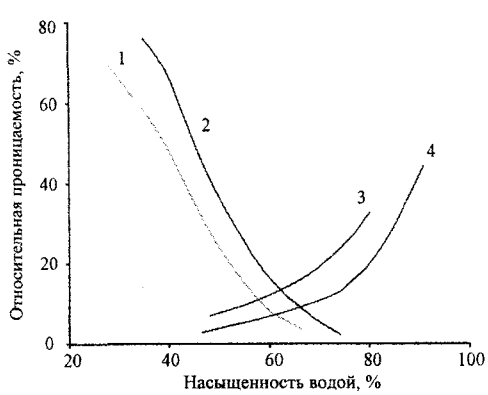


Рис.2. График зависимости относительной проницаемости для гидрофильной (кривые 1 и 3) и гидрофобной (кривые 2 и 4) поверхностей образца от насыщенности водой

Результаты исследования избирательной фильтрации минерализованной воды и нефти представлены на рис.2. При гидрофильной поверхности, когда смачиваемой жидкостью является вода, относительная проницаемость несмачиваемой фазы (нефти) и воды при водонасыщенности 40 % от объема пор составляет более 50 и менее 5 % соответственно. При гидрофобной поверхности, когда смачиваемой фазой является нефть, закономерность процесса сохраняется, т.е. относительная проницаемость смачиваемой фазы резко уменьшается.

Проведенные исследования подтверждают техническую возможность создания конструкций забоев с искусственными фильтрами, заданными параметрами прочности, проницаемости и смачиваемости пород, что позволит значительно повысить качество процесса заканчивания скважин и задавать условия фильтрации флюидов, увеличивать приток нефти к добывающим скважинам, отсекая воду, или увеличивать приемистость нагнетательных скважин при общем снижении энергетических затрат разработки.