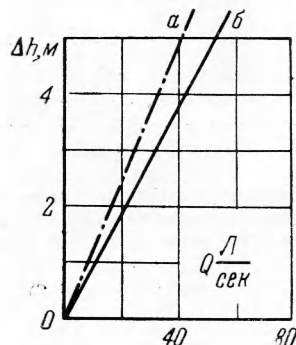


С решениями § 1 корреспондируют данные натуральных исследований, проведенных автором на строящемся лучевом водозаборе в Татарии. На фиг. 6 приведены результаты опытных откачек одиночной горизонтальной скважины длиной 15 м, диаметром 200 мм, заложенной в водоносном пласте мощностью 5.0 м перпендикулярно к контуру питания и результаты вычислений по формуле (1.23) при осредненном коэффициенте фильтрации 63.5 м/сутки.

Фиг. 6. Результаты натуральных исследований, проведенных на строящемся в Татарии Куктякинском опытно-эксплуатационном лучевом водозаборе (а — по данным опытных откачек, б — по формуле (1.23))



В заключение автор благодарит Н. Н. Веригина, под руководством которого проведены изложенные в статье исследования.

Поступила 2 I 1961

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сосси G. Sul calcolo di pozzi a raggiera. L'Energia Elettrica. Milano, 1953, t. XXX, N 7.
2. Полубаринова - Кочина П. Я. Задача о системе горизонтальных скважин. Archiwum mechaniki stosowanej, Warszawa, 1955, t. VII, zeszyt 3.
3. Полубаринова - Кочина П. Я. О наклонных и горизонтальных скважинах конечной длины. ПММ, 1956, т. XX, вып. 6.
4. Абрамов С. К., Бабушкин В. Д. Методы расчета притока воды к буровым скважинам. М., Госстройиздат, 1955.
5. Чулков Н. А. Взаимодействие лучевых горизонтальных фильтров в шахтном колодце. Ж. Водоснаб. и санитарн. техн. М., Госстройиздат, 1960, № 6.

#### К МЕХАНИЗМУ ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ВОДОЙ В ДВУХСЛОЙНЫХ ПЛАСТАХ

И. А. Сафаров

(Москва)

Формирование устойчивого водонефтяного контакта в пористых средах описано в работах [1,2,3].

В предлагаемой работе исследовано влияние высоты слоев и скорости вытеснения на процесс формирования устойчивого водонефтяного контакта в пористых средах. Экспериментально установлено, что устойчивое перемещение водонефтяного контакта в слоистых пористых системах не нарушается при изменении скорости в некотором диапазоне значения скоростей вытеснения, который изменяется с изменением соотношения мощностей.

Обнаруживается, что полнота вымывания нефти из слоистого пласта при устойчивом продвижении водонефтяного контакта зависит от скорости вытеснения.

Эксперименты проводились на двух прозрачных моделях двухслойной пористой среды, изготовленных из гидрофильного кварцевого песка различного фракционного состава для каждого слоя. Отношение высот слоев в моделях равнялось  $h_1 / h_2 = 1$  и  $h_1 / h_2 = 1/2$ , где  $h_1$  и  $h_2$  — соответственно высоты более и менее проницаемых слоев. Отношение проницаемостей  $k_1$  и  $k_2$  соответствующих слоев было равно:  $k_1 / k_2 = 7.3$  ( $k_1 = 5.83$  дарси,  $k_2 = 0.8$  дарси). Моделью нефти служил неполярный керосин вязкостью 1.3—1.4 сантипуаз и плотностью  $\rho = 0.78 \text{ г/см}^3$ . Связанная вода не моделировалась. Эффект гравитации в проведенных опытах был оценен и оказался пренебрежимо малым.

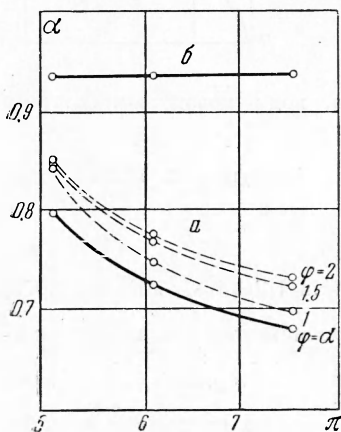
Визуальные наблюдения процесса вытеснения модели нефти водой показали, что равномерное перемещение поверхности водонефтяного контакта не нарушается, если скорость вытеснения не превосходит определенного предела. На моделях с  $h_1 / h_2 = 1$  и  $h_1 / h_2 = 1/2$  устойчивое перемещение фронта не нарушалось при изменении скорости

вытеснения в 1.5 раза. На фиг. 1, а и 2, а приведены зависимости «нефтеотдачи»  $\alpha = Q/V$  от безразмерного параметра

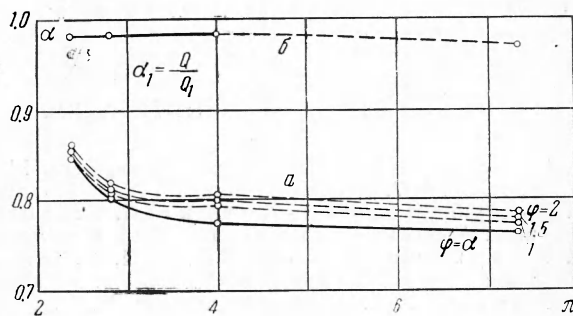
$$\pi_1 = \frac{\Delta P_k / h_2}{\Delta P / l}$$

Здесь  $Q$  — объем модели нефти, вытесненный за безводный период,  $V$  — поровый объем модели,  $\Delta P_k$  — разность капиллярных давлений в слоях,  $\Delta P$  — перепад давления между входным и выходным сечениями модели,  $l$  — длина модели.

Параметр  $\pi_1$  представляет собой отношение градиента капиллярного давления в поперечном направлении и градиента гидродинамического давления вдоль пласта и характеризует переток жидкостей между слоями. Так как градиент капиллярных давлений сохраняется постоянным во всех опытах, то изменение  $\pi_1$  соответствует изменению скорости вытеснения. Графики показывают, что в области устойчивого перемещения водонефтяного контакта с увеличением скорости вытеснения нефтеотдача несколько возрастает. Как показывают непосредственные наблюдения, это явление связано с увеличением полноты вытеснения из более проницаемого слоя.



Фиг. 1



Фиг. 2

Увеличение полноты вытеснения из пласта в целом подтверждается экспериментами, результаты которых обработаны следующим образом. Если объем  $Q$  отнести к объему  $Q_1$ , извлеченному к моменту прокачки через модель объема жидкости, равного  $1.5V$ , то  $\alpha_1 = Q/Q_1$  в области устойчивого движения водонефтяного контакта сохраняет постоянное значение. Это иллюстрируется графиками на фиг. 1, б и 2, б.

Графики фиг. 1, а и 2, а показывают, что при всех скоростях в области устойчивого движения нефтеотдача больше  $h_1/h_2 = 1/2$ , чем при  $h_1/h_2 = 1$ . Указанное увеличение нефтеотдачи объясняется изменением относительных высот слоев пласта, точнее относительным увеличением мощности менее проницаемого слоя. Отметим, что с изменением соотношения мощностей значение предельной скорости устойчивого перемещения фронта при прочих равных условиях несколько смещается. Так, если при значениях  $h_1/h_2 = 1$  наиболее полному вытеснению нефти из пласта соответствовало значение  $\pi_1 = 5.10$ , то при  $h_1/h_2 = 1/2$  это значение становится примерно в два раза меньше  $\pi_1 = 2.35$ , т. е. предельная скорость равномерного перемещения фронта увеличивается в два раза. Вероятно, такое увеличение предельных скоростей объясняется также влиянием изменения соотношения высот слоев пласта. В обоих случаях имеется одно значение  $\pi_1$ , т. е. предельной скорости вытеснения, при которой получается наиболее полное вытеснение нефти водой из пористой среды. Это можно видеть из графиков на фиг. 1, а и 2, а.

Пунктирные кривые на приведенных графиках соответствуют нефтеотдачам моделей для различных значений  $\phi = Q_0/V$  ( $Q_0$  — объем жидкости, прокачанной через пористую среду); эти кривые показывают, что после обводнения по мере увеличения объема прокачанной жидкости нефтеотдача пористых сред несколько возрастает.

Поступила 2 VII 1961

#### ЛИТЕРАТУРА

- Егорова И. И., Оганджянц В. Г. Моделирование процессов вытеснения нефти из слоистых пористых сред. Изв. АН СССР, ОТН, Механика и машиностроение, 1960, № 3.
- Егорова И. И., Оганджянц В. Г. Об устойчивости водонефтяного контакта в слоистых пористых средах. Докл. АН СССР, 1960, т. 134, № 1.
- Richardson I. G. and Perkins. A Laboratory Investigation of the Effect of Recovery of Oil by Water Flooding. «Petroleum Technology», IV-57, vol. 9, No 4, p. 114—121.