

М. А. ЦВЕТКОВА

## О ВЛИЯНИИ УПЛОТНЕНИЯ РЫХЛЫХ ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ФИЛЬТРУЮЩИЕ ИХ СПОСОБНОСТИ

(Представлено академиком С. И. Мироновым 30 XI 1949)

При решении задач, связанных с рациональной разработкой нефтяных залежей, знание деталей строения нефтяного пласта является не только важным, но и необходимым. Среди параметров, определяющих физические свойства пласта, геометрия порового пространства и фильтрующие способности пород являются одними из главных. В ряде работ (1-3) уже приводилась методика определения этих свойств нефтеносных пород для случаев, когда первичная структура исследуемого образца породы не нарушена. В настоящей статье мы выскажем некоторые соображения о методике определения фильтрующих способностей рыхлых пород-коллекторов.

Необходимость исследования проницаемости рыхлых пород с нарушенной структурой вызвана тем, что при современных методах скоростного бурения отбор кернов бывает весьма неполным и в кернах аппарат (колонковые буры) попадают, главным образом, плотные породы. Слабо уплотненные и пористые песчаные и алевритовые породы, к которым обычно и приурочиваются промышленные подтоки нефти, в виде керна получаются редко; а в тех редких случаях, когда рыхлые нефтеносные породы и выносятся грунтоносом, их первичная структура обычно бывает нарушена.

Для получения относительных данных о проницаемости пород с нарушенной структурой в нашей лаборатории применяется методика искусственного уплотнения рыхлых песчаных и алевритовых пород.

Так как в естественных условиях породы нефтяного пласта всегда уплотнены и находятся под давлением как статическим, так и тектоническим, при изучении фильтрующих способностей рыхлых пород в условиях лаборатории возникает необходимость также уплотнять эти породы. Нам не известны работы, указывающие на оптимальные давления, при которых следует уплотнять исследуемые образцы пород.

В зарубежной и нашей отечественной литературе имеется ряд статей, в которых авторы пытаются установить зависимость между давлением и пористостью пород (4-6). Исследования И. А. Преображенского указывают, что такая зависимость существует; им даны кривые зависимости пористости сыпучих пород от давления (0—600 кг/см<sup>2</sup>).

Очевидно, что любая деформация, которая создает уменьшение пористости пород, влечет за собою и уменьшение их проницаемости.

Для создания обстановки, при которой образец рыхлой песчаной породы был бы близок к естественным условиям, в которых находятся породы нефтяного пласта, мы сообщали им влажность до 20%. Увлаж-

ненный образец помещался в стальной цилиндрический стакан высотой 4,5 см и диаметром 3,5 см и с помощью гидравлического пресса уплотнялся. Исследование фильтрующих способностей песков проводилось при уплотнении их при давлении 50, 100, 200, 300, 400, 500 и 600 кГ/см<sup>2</sup>.

Коллекция исследовавшихся пород представлена следующими образцами: рыхлые нефтеносные пески продуктивной толщи Аз.ССР, пески девонской системы нефтяных месторождений Саратовского района и моделированные кварцевые пески с размером частиц 0,13—0,16 мм; 0,2—0,3 мм; 0,3—0,4 мм; 0,4—0,5 мм.

Из опытов, которые проводились физиками (6) над испытанием пластических свойств минералов, нам известно, что кварц и многие другие

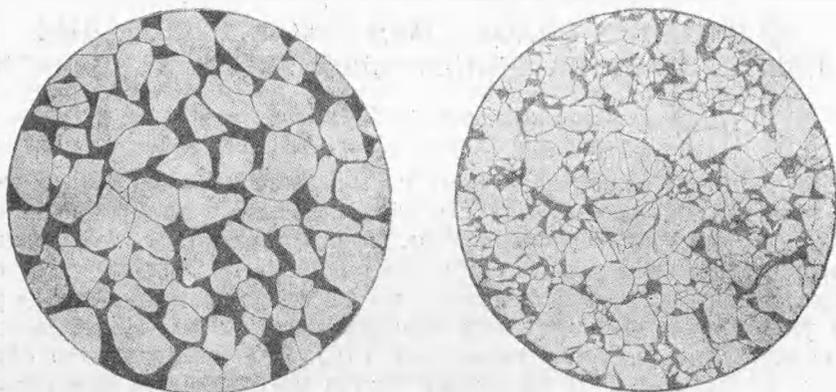


Рис. 1. Песок кварцевый,  $P_s = 25,2\%$ ; слева — уплотнение при 200 атм.,  $K = 30929$  миллиарды; справа — уплотнение при 500 атм.,  $K = 10169$  миллиарды

породообразующие минералы (полевые шпаты, кремнистые породы, пироксены и др.) не воспринимают пластических деформаций даже при очень больших давлениях, измеряемых многими тысячами атмосфер; казалось бы, что при давлениях, которые сообщаем мы в своих опытах, после небольшой деформации образца, связанной с более плотной «упаковкой» кластического материала, структура и фильтрующие свойства песка должны были бы оставаться практически постоянными. Однако результаты исследований проницаемости песков, а также изучение структуры пород под микроскопом до и после уплотнения их (табл. 1 и рис. 1) указывают, что в лабораторных условиях критические давления, при которых не нарушается физическая цельность минеральных зерен, оказываются сравнительно небольшими.

Анализ данных о проницаемости песчаных пород, подвергавшихся уплотнению при разных давлениях, а также изучение структуры исследовавшихся образцов уплотненных пород под микроскопом позволяет сделать следующие заключения.

1. В моделированных песках или в однородных кварцевых песках (девон Тепловки, продуктивная толща Апшеронского полуострова) наблюдается разрушение (раздавливание) отдельных зерен кварца и нарушение структуры породы (рис. 2) при давлениях в 350—400 кГ/см<sup>2</sup>. В образцах, уплотненных при давлениях свыше 400 атм., зерна кластического материала начинают разрушаться, и породы резко понижают свою проницаемость.

2. При испытании образцов полимиктовых песчаных пород, кластический материал которых представлен обломками глинистых минералов,

Коэффициенты проницаемости пород в миллиардах в зависимости от степени уплотнения

Петрографическая характеристика образцов	Место взятия образцов	Уплотнение пород в атм.						
		50	100	200	300	400	500	600
Кварцевый песок: фр. 0,4—0,5 мм фр. 0,3—0,4 » фр. 0,2—0,3 » фр. 0,13—0,16 »		—	40 527	—	30 929	14 003	10 169	—
		61 853	43 512	39 156	39 221	31 527	22 045	—
		31 620	33 893	29 206	22 126	—	15 055	7 443
		12 322	—	10 186	9 399	7 126	7 276	—
Песок мелкозернистый, кварцевый, продукт. толща, балаханская свита Аз. ССР	Кирмакинск. долина, обр. 1811	4 296	—	1 867	1 232	677	367	326
Песок среднезернистый, кварцевый, продукт. толща, балаханская свита	Кирмакинск. долина, обр. 1812	2 852	2 512	2 389	383	432	281	—
Песчаник среднезернист. полимиктов., продукт. толща, верхний отд.	Геогляр, обр. № 61	—	1 752	338	218	28	27	—
Песок кварцевый алевритовый	Тепловка	1 220	1 226	1 233	—	280	134	—

глинистых сланцев и других образований, воспринимающих при больших давлениях пластические деформации, критическое давление, при котором такие породы начинают резко менять свою структуру, оказы-

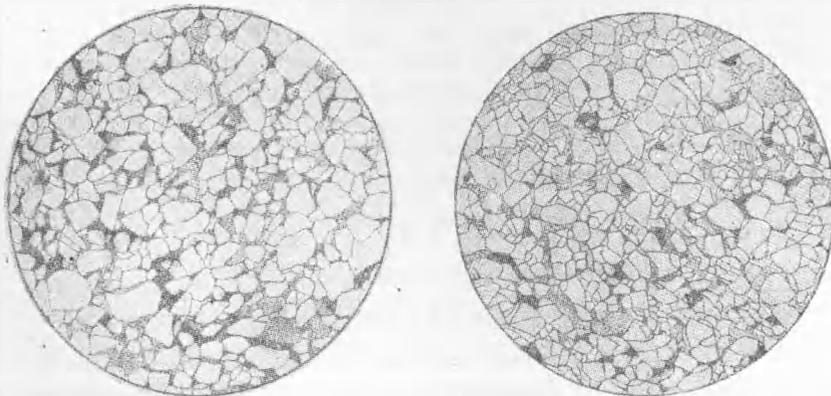


Рис. 2. Песок кварцевый,  $P_g = 7,4\%$ ; слева — уплотнение при 200 атм.,  $K = 18672$  миллиарды; справа — уплотнение при 600 атм.,  $K = 326$  миллиарды

вается более низким, чем давление, при котором деформируются мономинальные кварцевые пески; оно равняется 200—250 кГ/см<sup>2</sup>.

Величины давления 200—250 кГ/см<sup>2</sup> при уплотнении рыхлых песчаных коллекторов и принимаются нами как критические.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> П. П. Авдусин и М. А. Цветкова, ДАН, 20, № 2 (1938). <sup>2</sup> П. П. Авдусин и М. А. Цветкова, ДАН, 57, № 9 (1947). <sup>3</sup> П. П. Авдусин, Грязевые вулканы, изд. АН СССР, 1948. <sup>4</sup> L. F. Afny, Bull. Am. As. Petr. Geol., No. 14, No. 1, 1 (1930). <sup>5</sup> H. G. Botset and D. W. Reed, *ibid.*, 7 (1935). <sup>6</sup> П. П. Бриджмен, Усп. физ. наук, 21, в. 2, 247 (1939). <sup>7</sup> Н. А. Преображенский, Тр. Аз. НИИ, в. 5 (1932).