

С. Л. ЗАКС

**ВЛИЯНИЕ ПОРОДЫ И СВЯЗАННОЙ ВОДЫ НА ВЕЛИЧИНУ
ДАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДА СИСТЕМЫ НЕФТЬ — ГАЗ В ОДНОФАЗНОЕ
ГАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ**

(Представлено академиком С. И. Мироновым 29 VIII 1952)

В Институте нефти АН СССР под руководством чл.-корр. М. А. Капелюшникова с 1945 г., и особенно с 1950 г., изучались условия перехода системы нефть — газ в однофазное газовое состояние при температурах и давлениях, отвечающих пластовым.

Вначале эти исследования проводились в отсутствие пород-коллекторов и связанной воды, всегда содержащейся в них в тех или иных количествах. Между тем, для решения вопросов, связанных с использованием явлений обратного испарения и конденсации в различных областях нефтяного дела, важно знать, влияют ли нефтемещающие породы-коллекторы и находящаяся в них вода на переход системы нефть — газ в однофазное газовое состояние и в какой степени. Вопрос о влиянии этих двух факторов на $P_{кр}$ в литературе совершенно не освещен.

Таблица 1
Характеристика исследованных нефтей
различных месторождений

Нефть	d_4^{20}	Мол. вес	Содерж. в %		Выход фракций в %	
			серы	смола силикагелевых	до 200°	до 300°
А	0,7998	130	0,12	1,5	71,0	88,0
В	0,8957	207	—	10,0	23,0	51,0
В	0,8348	190	0,16	5,8	28,0	46,0
Г	0,8256	176	0,74	8,6	35,0	50,0
Д	0,8756	242	1,8	20,0	18,0	38,0

Нами были изучены критические условия растворов ряда отечественных нефтей в пентане, характеристика которых приводится в табл. 1. В качестве твердой фазы служили: кварцевый песок фракции 0,50—0,25 мм; мелкозернистый, сильно глинистый песок; девонский нефтеносный песчаник из Туймазов; глина монтмориллонитовая, минералы (кварц, кальцит и полевой шпат) различных фракций от 0,5—0,25 мм до 0,105—0,88 мм, а также силикагель фракции 1—0,5 мм. В качестве «связанной воды» были взяты дистиллированная вода, а также пластовые воды некоторых нефтяных месторождений.

Опыты проводились при комнатной температуре по методике и в аппаратуре, ранее разработанным в Институте нефти. Сущность этой методики заключается в многократном измерении, по мере повышения давления и концентрации газа в изучаемой системе, емкости конденсатора, находящегося в бомбе. Конденсатор помещается поочередно то в газовую, то в жидкую фазу системы. При достижении однофазного состояния смеси емкость конденсатора в обоих положениях бомбы становится одинаковой, что указывает на одинаковость диэлектрической проницаемости, а следовательно, и на однофазность системы. Порода, сухая или увлажненная, помещается в специальный патрон, перфорированный с торцов, укрепленный на противоположном конденсатору конце бомбы.

Таблица 2

Влияние горных пород и силикагеля на условия перехода системы нефть—пентан—метан в однофазное газовое состояние, $T=20^{\circ}$

Нефть	Твердая фаза	$P_{кр}$, ат	$\frac{V_{нефть}}{V_{пентан}}$
А	—	250	0,5
	Силикагель	230	0,5
	Песок мелкозернистый глинистый	250	0,5
	Глина монтмориллонитовая	250	0,5
Б	—	450	0,28
	Силикагель	300	0,28
В	—	450	0,28
	Силикагель	270	0,28
Г	—	385	0,28
	Силикагель	250	0,28
	Песок кварцевый	272	0,28
Д	—	380	0,28
	Кальцит	275	0,28
	Полевой шпат	263	0,28
	Песок из Д	270	0,28

Газовым компонентом в данной серии опытов служил природный газ, представляющий собой метан, содержащий до 3% азота.

Применявшиеся нами нефти не содержали присутствующих им наиболее легких фракций. Переход таких нефтей в газовое состояние, судя по литературным данным, потребовал бы применения давлений порядка 1000 ат и выше. Так как аппаратура не позволяла применять давлений свыше 600 ат, то для облегчения перевода нефтей в

однофазное состояние к нефти добавлялся изопентан в соотношении

$$\frac{V_{нефть}}{V_{пентан}} = 0,28. \text{ Следует заметить, что добавка пентана в известной мере}$$

оправдывается тем, что в естественных условиях, поскольку пластовая нефть содержит более легкие фракции и в пластовом газе часто содержатся гомологи метана и CO_2 , система нефть—газ в пластовых условиях может переходить в однофазное состояние при давлениях ниже 1000 ат.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что система нефть—метан переходит в однофазное газовое состояние в присутствии горных пород и силикагеля при значительно меньших давлениях, чем в отсутствие их. Иногда это понижение давления достигает 40%. Только для легкой нефти А эффект от введения породы был незначительным. Эта нефть отличается от других нефтей весьма малым содержанием смол. Влияние породы объясняется ее адсорбирующим действием по отношению к асфальтово-смолистым соединениям нефти, т. е. порода изменяет состав жидкой фазы.

Это подтверждается опытами с многократным использованием силикагеля со свежими порциями нефти (табл. 3). В этих опытах 1 г сили-

кагеля (фракция 1—0,5 мм) служил для четырех опытов, в каждом из которых использовалось 1,5 мл нефти.

Интересно было сопоставить эффективность влияния силикагеля на $P_{кр}$ нефти с влиянием предварительной обработки нефтей силикагелем при атмосферном давлении (табл. 4). На основании полученных результатов можно предпола-

Таблица 3

Влияние многократно использованного силикагеля в системе нефть Д—изопентан—метан

$$(T=20^{\circ} V_{\text{нефть}}/V_{\text{пентан}} = 0,28)$$

Твердая фаза	$P_{кр}$, ат
—	415
Силикагель	270
Тот же силикагель	
во 2-й раз	320
в 3-й "	350
в 4-й "	380

Таблица 4

Сравнение влияния силикагеля на $P_{кр}$ нефти с влиянием предварительной обработки нефти силикагелем при атмосферном давлении

Нефть	Твердая фаза	$P_{кр}$, ат
Б	—	450
	Силикагель	300
Та же нефть, очищенная 30% силикагеля	—	400
	Силикагель	270
В	—	450
	Силикагель	270
Та же нефть, очищенная 30% силикагеля	—	430
	Силикагель	270
Д	—	416
	Силикагель	270
Та же нефть, очищенная 30% силикагеля	—	360
	Силикагель	270

гать, что силикагель в условиях высоких давлений (до 500 ат) адсорбирует дополнительно какие-то компоненты нефти, которые обработкой при атмосферном давлении из нее не удаляются.

Для выяснения степени влияния минерального состава и размера частиц породы на $P_{кр}$ были взяты кварц, кальцит, полевой шпат фракций: 1—0,5; 0,5—0,25; 0,177—0,149 и 0,125—0,105 мм. Эти исследования показали, что природа этих минералов при одинаковых размерах частиц не имеет значения. Так например, критическое давление для системы нефть — *n*-пентан в присутствии одной и той же фракции различных минералов 0,5—0,25 мм колебалось в интервале 300—310 ат, а для фракции 0,177—0,149 мм — 280—290 ат. С уменьшением размера частиц $P_{кр}$ понижается.

Исследовалось также влияние увлажнения породы на $P_{кр}$. Количество воды, вводимой в породу, составляло от 24 до 64% объема пор в породе. Как показывают данные табл. 5, присутствие воды в породе вызывает повышение критического давления в системе нефть — пентан — метан на 10—40 ат, т. е. на 3—15%. Однако $P_{кр}$ остается все же меньше, чем в этой же системе в отсутствие породы. Определение водонасыщенности порошков по окончании опытов показало уменьшение содержания воды в них, из чего можно сделать заключение, что часть воды испарилась. Что вода действительно переходила в пар, следует из того, что по окончании опыта при снижении давления на поверхности патрона были обнаружены мелкие капельки воды и более крупные капли на нефти.

В конденсировавшейся воде содержится NaCl, что указывает на растворение его в водяных парах при высоком давлении. На возможность растворимости NaCl в парах воды указывает Шпильнер (1) и др.

Основные результаты проведенной работы следующие:

Таблица 5

Влияние увлажнения породы на $P_{кр}$
в системе нефть Д—пентан—метан

$$T = 18^\circ, V_{нефть} / V_{пентан} = 0,28$$

Порода	Вода	Водонасыщенность породы в % порового пространства	$P_{кр}$ ат.
—	—	—	415
Песок мелкозернистый, сильно глинистый	—	—	300
То же	Е	30,3	355
—	—	—	380
Песок кварцевый	—	—	320
То же	Е	47,0	330
Песок мелкозернистый глинист- тый	—	—	380
То же	Е	—	310
	—	53,3	350
Песчаник девонский из место- рождения Д	Д	64,0	310

Примечание. Вода сильно минерализована в основ-
ном хлористым натром.

1. Присутствие породы существенно понижает критические давления системы нефть — газ (до 42%). Влияние породы особенно сильно в случаях высокосмолистых нефтей.

2. Порошки минералов и пески, обладающие во много раз меньшей удельной поверхностью, чем силикагель, вызывают почти одинаковое снижение $P_{кр}$. Это дает основание предполагать, что в этом случае имеют место еще какие-то процессы, обусловленные высокими давлениями.

3. Присутствие связанной воды в породе несколько повышает $P_{кр}$ по сравнению с таковым для системы нефть — газ, в присутствии сухой породы.

4. Полученные результаты имеют значение для вопросов, связанных с эксплуатацией газоконденсатных месторождений, с увеличением нефтеотдачи путем закачки газов высокого давления в пласт и других вопросов нефтяного дела.

Поступило
4 VII 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ F. Spillner, Chem. Fabrik, 13, 405 (1940).