

Ю. С. ШИЛОВ, Ф. А. МАКАРЕНКО

**РОЛЬ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИИ
И РАЗРУШЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 24 VI 1974)

Значение диффузионных процессов в разрушении газовых залежей оценивалось многими исследователями, ореолы диффузионного рассеивания углеводородов вокруг залежей используются в качестве поисковых критериев (^{2, 4, 5, 7, 9}). Прямые методы обнаружения залежей углеводородов также основаны на рассеивании газов (^{1, 9, 10}). Менее выяснено влияние диффузионных процессов на формирование залежей углеводородных газов, причем не ясна в этом вопросе не только количественная сторона, но и принципиальная возможность роста залежей за счет этих процессов. Вместе

Таблица 1

Диффузионный поток метана через площадь 1000 км²

Горизонт (глубина), м	Коэфф. диффузии, см ² /сек	Градиент концентр., см ³ /см ³ ·см	Расход потока метана, м ³ /год	Колич. метана, перешедшего в струйную миграцию, млн м ³ /млн лет
1800	1,3·10 ⁻⁸	3,5·10 ⁻⁶	14,3	16,4
3400		7,5·10 ⁻⁶	30,7	30,7
5000		1,5·10 ⁻⁵	61,4	50,3
5600	3·10 ⁻⁷	2,8·10 ⁻⁵	114,7	
1800		3,5·10 ⁻⁶	330,8	367,9
3400		7,5·10 ⁻⁶	708,8	708,7
5000	5·10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁵	1417,5	1228,5
5600		2,8·10 ⁻⁵	2646	
1800		3,5·10 ⁻⁶	5512,5	6300
3400	5·10 ⁻⁶	7,5·10 ⁻⁶	11812,5	11812,5
5000		1,5·10 ⁻⁵	23625	20475
5600		2,8·10 ⁻⁵	44100	

Таблица 2

Оценка времени различной дегазации пластовых вод нефтегазоносных провинций

Критерий Фурье	Мощность пород (H), км	Относит. концентр. метана		Время дифф. рассеивания, млн лет
		$\alpha=0,8 H$	$\alpha=0,5 H$	
0,06	3,0	} 0,44	0,85	35
	5,0			95
	10,0			350
0,4	3,0	} 0,17	0,33	228
	5,0			630
	10,0			3540
1,5	3,0	} 0,01	0,02	857
	5,0			2380
	10,0			9500

с тем имеющиеся данные по градиентам концентрации метана в верхних слоях литосферы ⁽¹²⁾ и изменение растворимости метана с глубиной в недрах основных нефтегазоносных провинций с учетом конкретных термобарических и гидрогеохимических условий ^(11, 14) позволяют надежно решать и эти задачи.

В недрах Западной Сибири характерные изменения роста растворимости метана в пластовых водах устанавливаются для глубин 1800; 3400; 5000 и 5600 м ⁽¹²⁾. Здесь для этих

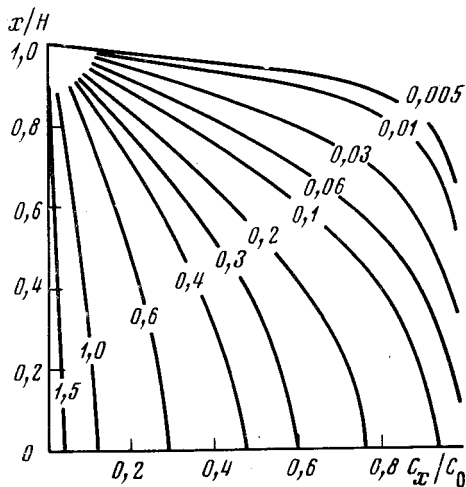


Рис. 1. Понижение относительной концентрации вещества при диффузионном истощении недр. H — мощность осадочного покрова провинции; x — высота над подошвой осадочных пород; C_0 — начальная концентрация вещества; C_x — концентрация вещества на высоте x во время t ; числа на кривых — значения критерия Фурье

Таким образом, устанавливается созидательная роль диффузионных процессов в молодых нефтегазоносных провинциях.

По материалам табл. 1 можно также оценить критерии «старения» провинций. По нашим расчетам, Западно-Сибирская провинция начнет «стариться» в момент, когда на глубине 5,6 км диффузионный поток на площади в 1 км² станет меньше 2,65 м³/год. «Старение» провинций, по условиям диффузионного накопления метана, начинается с глубоких частей, когда на меньших глубинах (5000 м и выше в данном случае) продолжается формирование залежей, т. е. «старение» провинций — длительный период, разновременный для разных глубин.

«Старение» газоносных провинций в целом в значительной мере определяется диффузионной разгрузкой недр в атмосферу или в гидрогеологические этажи с активным водообменом. Концентрация метана в пластовых водах может быть рассчитана из условия диффузионного истощения. Схема расчета приведена в работе С. И. Смирнова ⁽⁸⁾; она получена из второго закона Фика. Характер изменения концентрации метана в соответствии с этим решением показан на рис. 1 для нескольких значений критерия Фурье. Значения критерия Фурье определяются по зависимости $F_0 = D\tau/H^2$, где D — коэффициент диффузии ($5 \cdot 10^{-6}$ см²/сек.), τ — время (сек.), H — мощность осадочных пород провинции (см).

В табл. 2 и на рис. 1 помещены результаты расчетов относительной концентрации метана C_x/C_0 в газоносных провинциях с различной мощностью H осадочного чехла (3; 5 и 10 км) на высоте от подошвы толщи (x) 0,8 и 0,5 H при коэффициенте диффузии $5 \cdot 10^{-6}$ см²/сек.

Приведенные в табл. 2 расчетные данные свидетельствуют о различии

темпов и величин диффузионного перераспределения метана в недрах нефтегазоносных провинций в зависимости от мощности осадочного покрова в них и диффузионной проницаемости пород.

Результаты расчетов подтверждаются данными исследований газонасыщенности пластовых вод нефтегазоносных провинций. Ю. В. Мухин⁽⁶⁾ устанавливает закономерное изменение коэффициента насыщения вод растворенным метаном от молодых провинций (0,5–1,0) к герцинским (0,2–0,3) и байкальско-каледонским (0,1). Л. М. Зорькин⁽³⁾ повторяет основной вывод Мухина и отмечает, что относительная концентрация метана в пластовых водах молодых провинций равна 1, в каменноугольных и девонских пластах она менее 0,5, а в водах нижне- и допалеозойских не превышает 0,1–0,2.

Таким образом, накопленный региональный материал по газонасыщенности пластовых вод подтверждает диффузионное рассеивание метана, что позволяет подойти к строгим количественным оценкам действительных масштабов и темпов региональной миграции углеводородов, а также установить роль диффузионных процессов в формировании и разрушении залежей газа. В этой связи представленные оценки диффузионных процессов могут быть использованы при прогнозировании перспектив газонасыщенности недр неизученных провинций в целом или отдельных, еще не разбуренных глубоких горизонтов.

Всесоюзный научно-исследовательский институт природных газов

Поступило
20 XI 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Л. Антонов, Сб.: Геохимические методы поисков нефти и газа, 1954, стр. 39.
² И. Л. Антонов, Газ. пром., № 9, 1 (1963). ³ Л. М. Зорькин, Сов. геол., № 2, 87 (1969). ⁴ А. Л. Козлов, Формирование и размещение нефтяных и газовых залежей, 1959, стр. 164. ⁵ Ю. В. Мухин, Сов. геол., № 6, 20 (1966). ⁶ Ю. В. Мухин, Бюлл. МОИП, отд. геол., т. 40, № 4, 129 (1965). ⁷ В. П. Савченко, Тр. Всесоюз. н.-и. ин-та природн. газа, в. 42/50, 5 (1968). ⁸ С. И. Смирнов, Происхождение солености подземных вод седиментационных бассейнов, М., 1971, стр. 216. ⁹ В. А. Соколов, Процессы образования и миграции нефти и газа, 1965, стр. 276. ¹⁰ В. А. Соколов, Г. Г. Григорьев, Методика и результаты газовых геохимических нефтегазописковых работ, 1962, стр. 404. ¹¹ Ю. С. Шилов, Нефтегаз. геол. и геофиз., № 24, 14 (1970). ¹² Ю. С. Шилов, Ф. А. Макаренко, ДАН, т. 208, № 4, 932 (1973). ¹³ Ю. С. Шилов, Геол. нефти и газа, № 2, 25 (1974). ¹⁴ Ю. С. Шилов, Тр. Всесоюз. н.-и. ин-та природных газов, в. 46/54, 131 (1974). ¹⁵ Ю. С. Шилов, Изв. высш. учебн. завед., Геология и разведка, № 3, 76 (1974).