

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ВЛАЖНОГО ПЕСКА

Л.Д. Лившиц, Л.М. Перник

Институт динамики геосфер РАН, Москва.

Вестник ОГГГГН РАН № 5 (15) 2000 т.1

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/5-2000/hydroterm24

Экспериментально исследовалась проницаемость по воздуху при малых числах Рейнольдса несвязной пористой среды, содержащей жидкость, смачивающую твердую фазу. В дополнение к распространенным представлениям, показано, что, при одинаковой пористости, коэффициент проницаемости K_G для газа во влажной среде больше, чем в сухой.

Транспорт газа в пористой среде, содержащей жидкую фазу, играет важную роль в процессах, относящихся к многим областям науки и техники. В природе он существенен для процессов в твердых оболочках (дегазации Коры и Мантии, рудообразования, рециклировании в зонах субдукции) взаимодействия последних с гидросферой (например, в рифтовых зонах), биотой (на различных уровнях) и далее с атмосферой (выход газов из почвы). Из-за своей сложности явление изучается главным образом путем прямого эксперимента. Численные модели, как правило, ограничиваются геометрически упорядоченными системами и слабыми потоками.

Общее заключение по многим работам состоит в том, что жидкость в поровом пространстве создает дополнительное сопротивление движению газового потока, вследствие сужения жидкого сечения и необходимости барботирования газа сквозь вязкую жидкость.

Цель настоящей работы - дальнейшее исследование влияния частичного заполнения порового пространства в несвязной среде смачивающей ее жидкостью на транспорт газа при малых числах Рейнольдса (Re).

В качестве модельной среды использован кварцевый песок. Зерна песка имеют округлую форму, их преимущественный размер 0.25-0.35 мм. Песок подвергался предварительной промывке и сушился при температуре выше 100 °C.

К заданной навеске песка добавляли определенное количество воды и тщательно перемешивали с тем, чтобы получить ее равномерное распределение в объеме. Хорошая воспроизводимость опытов показывает, что такая практика дает удовлетворительные, в этом смысле, результаты.

Проницаемость измеряли при одномерном установившемся течении газа в пределах соблюдения закона Дарси. Опыты проводили при продувке воздуха снизу вверх в цилиндрических сосудах. Расход измеряли ротаметром, а давление - водяным манометром. Скорость потока (отнесенная ко всей площади сечения цилиндра) была порядка 0.01 м/с, градиент давления ~10 Па/м, $Re \leq 0.1 \div 1$.

Содержание воды варьировали от ~5 до ~70 % объема порового пространства сухого твердого скелета. При ~40 % и выше увеличение расхода воздуха приводит к выносу воды в верхние слои образца и на поверхность с резкими и невоспроизводимыми изменениями его эффективной проницаемости. Насыщенный водой песок приобретает признаки консолидированной трещиновато - пористой среды, в которой вода течет преимущественно по созданной ею же системе трещин, газовая фаза теряет непрерывность, а ее движение становится неустойчивым с чертами присущими двухфазному (барботирование - в основном по отдельным каналам и в пристеночном слое и др.). С прекращением подачи воздуха, вода с поверхности уходит.

Ниже 40% вода ведет себя как остаточная жидкость: захват и захлебывание не наблюдаются, течение воздуха является устойчивым. В этой области, при одинаковых значениях пористости, K_G в смоченной среде в 1.4-1.5 раза выше, чем в сухой. Если вода занимает менее ~20 % пористого пространства, то K_G не только не уменьшается от ее присутствия, но может даже возрастать. В порядке обсуждения этих результатов, которые скорее следует считать предварительными, заметим, что вода в первую очередь смачивает более узкие, неактивные зоны порового пространства, а сокращение живого сечения, по-видимому, компенсируется изменением механизмов скольжения газа по смоченным стенкам и увеличением гидравлического радиуса системы каналов (в гексагональной упаковке одинаковых сфер он имеет максимум при заполнении примерно 20 % самых узких участков).