

Г. А. МАКСИМОВИЧ
ПОРИСТОСТЬ ГЕОСФЕР

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 4 VIII 1942)

Пористость или отношение объема пустот к объему породы определяет глубину проникновения воды и газов в земную кору. Накопившиеся при гидрогеологических, инженеро-геологических и нефтяных исследованиях данные позволяют вычислить как пределы изменения, так и среднюю пористость различных пород и составленных ими геосфер.

Ниже приводится таблица пористости пород по геосферам, вычисленная на основании около десяти тысяч определений. В таблице приведена цифра $>2\ 572$, так как во многих работах, использованных при ее составлении, не указывается число определений, на основании которых выведены пределы пористости и средние. Накопление новых данных позволит в дальнейшем уточнить цифры средней пористости геосфер и составляющих их пород, как это было с кларками в геохимии.

Геосферы и оболочки, слагающие земную кору, могут быть разделены по отношению к воде на гидрофильные и гидрофобные. Гидрофильными мы называем те геосферы, которые благодаря наличию значительных пустот являются коллекторами подземных вод. Это пелосфера, педосфера, кора выветривания и стратисфера. Гидрофобные оболочки почти не содержат подземных вод в жидкой фазе благодаря почти полному отсутствию пустот. Это метаморфосфера и более нижние оболочки.

Пелосфера наименее изучена в отношении пористости. Для глинистых илов последняя доходит до 90 %. Пористость убывает по мере увеличения толщи илов, под влиянием давления (¹). В среднем для глинистых илов пелосферы она может быть принята 0,5.

Очень мало данных о пористости песчаных илов, которая еще меньше. В среднем пористость пелосферы составляет около 0,5. Данные о пористости педосферы весьма многочисленны. Если число определений показано более 50, то только потому, что нет указаний (²), на основании скольких тысяч образцов почв Северной Америки выведены пределы пористости и средние. Нижняя часть коры выветривания характеризуется средней пористостью 0,45 для лёсса и лёссовидных суглинков и 0,35 для песков, покровных суглинков и глин.

Породы стратисферы могут быть разделены на 4 основные группы. Первая составлена сверхкапиллярными и капиллярными коллекторами гравитационных вод. Это пески, песчаники, а также и пористые известняки и доломиты. Рыхлые пески обладают такой же средней пористостью, как и пески коры выветривания. Пористость уплотненных песков 0,25. Кайнозойские и мезозойские песчаники обладают средней пористостью 0,20, а палеозойские 0,1–0,12. Меньшая пористость палеозойских песчаников объясняется не только большей их метаморфизацией и цементацией, но и тем, что образцы брались из песчаников более удаленных от прежнего берега, более тонкозернистых. Более крупнозернистые песчаники в складчатых областях либо превращены в кварцит метаморфосферы, либо денудированы.

Пористые известняки и доломиты обладают средней пористостью 5 %. Это оолитовые, кавернозные, брекчиевидные и им подобные разности.

Вторую группу пород стратисферы составляют субкапиллярные коллектора воды – глинистые породы. Собранные данные позволяют предварительно наметить отличие в пористости глин платформ и складчатых областей. Для первых она в среднем 40 %. для вторых 20 %.

Глинистые породы платформ, подвергшиеся меньшему давлению, более пористы. Данные эти необходимо проверить на большем материале.

Третью группу пород стратисферы составляют плотные породы – известняки, гипсы, ангидриты и соль. Пористость их невелика – 3 % в среднем для плотных известняков и гипсов, и 1 % – для ангидритов. Гидрофильность их проявляется в способности при проникновении воды по трещинам размываться с образованием пустот.

Наконец, четвертую группу составляют различные органогенные породы. Мала пористость угля и значительна для мела, опоки и инфузурной земли.

Метаморфосфера, представляющая измененные породы стратисферы, является наиболее верхней из гидрофобных оболочек. В результате давления, поры здесь почти исчезли, а заполняющие их воды либо вошли в состав водных минералов, либо поднялись по трещинам. Имеющиеся определения пористости относятся в значительной степени к породам метаморфосферы в зоне выветривания. Средние данные составляют 4 % и 1 % в зависимости от зоны метаморфизма. Таким образом, роль воды в жидкой фазе в метаморфосфере ничтожна.

Пористость пород гранитосферы и базальтосферы составляет в среднем для эффузивов 2 %, интрузивов 1 %.

Таким образом, пористость геосфер изменяется от 0,5–0,55 пелосферы и педосферы до 0,01 и меньше для гранитосферы и базальтосферы. Пористость поверхностных геосфер является одной из их геофизических характеристик. Она определяется положением геосферы в земной коре и зависит от термодинамических условий. Этим объясняется убывание средней пористости геосфер от педосферы по направлению к ядру.

Таблица
Пористость пород по геосферам

	Геосферы и оболочки	Группы	Породы (и илы)	Число определений	Пористость в %			Всего определений	Средняя пористость геосферы		
					максимальная	минимальная	средняя				
Гидрофильные	Пелосфера		Илы глинистые	>18	90,0	19,83	50,0	>18	0,5		
	Педосфера		Торф	>4	89,0	76,0	80,0	>54	0,55		
			Почвы	>50	65,0	43,75	55,0				
	Нижняя часть коры выветривания (гипопедосфера)			Пески	>267	48,0	17,33	35,0	>968	0,45	
				Лёсс, лёссовидные суглинки	>282	59,06	35,3	45,0			
				Покровные суглинки	>94	50,0	24,23	35,0			
				Глины	>321	55,0	18,30*	35,0			
				Известковый туф	>4	32,2	20,2	25,0			
	Стратисфера			I	Пески рыхлые	>54	50,9	26,4	>1337	0,30	
					Пески уплотненные	>46	29,5	11,2			25,0
					Песчаники кайнозоя и мезозоя	>683	42,0	2,231 (0,6)			20,0
					Песчаники палеозоя	>110	26,5	1,09			10,0–12,0
				II	Известняки пористые	>76	34,0	0,21			5,0
					Доломиты пористые	>9	33,0	1,5			5,0
				III	Глины платформ	>273	54,93	17,23			40,0
					Глины складчатых областей	28	50,8	10,4			20,0
				IVa	Плотные известняки	>7	6,9	0,2			3,0
					Гипс	>4	6,0	0,1			3,0
				IV	Ангидрит	>1	–	–			1,0
					Уголь	>2	–	–			4,0
Мел					>33	55,0	3,28	30,0			
Опока					>10	49,0	20,0	35,0			
			Инфузорная земля	>1	–	–	91,6				
Гидрофобные	Метаморфосфера		Сланцы глинистые	>14	10,0	0,49	4,0	>91	0,04		
			Сланцы кровельные	59	10,28	1,16	4,0				
			Сланцы кремнистые	>2	0,91	0,85	1,0				
			Мрамор	>7	6,0	0,11	1,0				
			Кварцит	>5	3,4	0,008	1,0				
			Гнейс	>2	2,4	0,3	1,0				
			Амфиболит	>2	1,1	0,9	1,0				
	Гранитосфера	1	Порфиры	>9	6,73	0,38	2,0	>75	0,01		
			Фонолит	>7	3,89	1,17	2,0				
			2	Гранит	>50	1,9	0,02			1,0	
	Базальтосфера	1	Сиенит	>7	2,8	0,5	1,0				
			2	Эффузивы	>19	6,0	0,6	2,0			
				Интрузивы	>10	2,0	0,65	1,0	>29	<0,01	
									>2572		

* Преуменьшено (на 5–10 %)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ L. F. Athy, Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 14 (1930). ² M. L. Fuller, U. S. Geol. Survey Water Supply Paper, 160 (1906).

ГЕОФИЗИКА

Г. А. МАКСИМОВИЧ

ПОРИСТОСТЬ ГЕОСФЕР

(Представлено академиком А. Е. Ферманом 4 VIII 1942)

Пористость или отношение объема пустот к объему породы определяет глубину проникновения воды и газов в земную кору. Накопившиеся при гидрогеологических, инженеро-геологических и нефтяных исследованиях данные позволяют вычислить как пределы изменения, так и среднюю пористость различных пород и составленных ими геосфер.

Ниже приводится таблица пористости пород по геосферам, вычисленная на основании около десяти тысяч определений. В таблице приведена цифра > 2572 , так как во многих работах, использованных при ее составлении, не указывается число определений, на основании которых выведены пределы пористости и средние. Накопление новых данных позволит в дальнейшем уточнить цифры средней пористости геосфер и составляющих их пород, как это было с кларками в геохимии.

Таблица
Пористость пород по геосферам

	Геосферы и оболочки	Группы	Породы (и илы)	Число определений	Пористость в %			Всего определений	Средняя пористость геосферы	
					максимальная	минимальная	средняя			
Гидрофильные	Пелосфера		Илы глинистые	>18	90,0	19,83	50,0	>18	0,5	
	Педосфера		Торф Почвы	$\begin{matrix} >4 \\ >50 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 89,0 \\ 65,0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 76,0 \\ 43,75 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 80,0 \\ 55,0 \end{matrix}$	>54	0,55	
	Нижняя часть коры выветривания (гипопедосфера)	Пески			>267	48,0	17,33	35,0		
		Лёсс, лёссовидные суглинки			>282	59,06	35,3	45,0	>968	0,45
Покровные суглинки				>94	50,0	24,23	35,0			
	Глины			>321	55,0	18,30*	35,0		0,35	

* Преуменьшено (на 5—10%)

	Геосферы и оболочки	Группы	Породы (и илы)	Число определений	Пористость в %			Всего определений	Средняя пористость геосфер
					максимальная	минимальная	средняя		
Гидрофильные	Стратисфера		Известковый туф	>4	32,2	20,2	25,0		
		I	Пески рыхлые	>54	50,9	26,4	35,0	0,30	
			Пески уплотненные	>46	29,5	11,2	25,0		
			Песчаники кайнозоя и мезозоя	>683	42,0	2,231 (0,6)	20,0		
			Песчаники палеозоя	>110	26,5	1,09	10,0—12,0		
			Известняки пористые	>76	34,0	0,21	5,0		
			Доломиты пористые	>9	33,0	1,5	5,0		
		II	Глины платформ	>273	54,93	17,23	40,0	>1337	
			Глины складчатых областей	28	50,8	10,4	20,0		
		III	Плотные известняки	>7	6,9	0,2	3,0	0,20	
			Гипс	>4	6,0	0,1	3,0		
			Ангидрит	>1	—	—	1,0		
		IV _{3a}	Уголь	>2	—	—	4,0		
IV	Мел	>33	55,0	3,28	30,0				
	Опока	>10	49,0	20,0	35,0				
	Инфузорная земля	>1	—	—	91,6				
Гидрофобные	Метаморфосфера	Сланцы глинистые	>14	10,0	0,49	4,0	>91	0,04	
		Сланцы кровельные	59	10,28	1,16	4,0			
		Сланцы кремнистые	>2	0,91	0,85	1,0			
		Мрамор	>7	6,0	0,11	1,0			
		Кварцит	>5	3,4	0,008	1,0			
		Гнейс	>2	2,4	0,3	1,0			
		Амфиболит	>2	1,1	0,9	1,0			0,01

	Геосферы и оболочки	Группы	Породы (и илы)	Число определений	Пористость в %			Всего определений	Средняя пористость геосфер
					максимальная	минимальная	средняя		
Гидрофобные	Гранитосфера	1	Порфиры Фонолит	$\begin{matrix} >9 \\ >7 \end{matrix}$	6,73 3,89	0,38 1,17	2,0 2,0	>75	0,01
		2	Гранит Сиенит	$\begin{matrix} >50 \\ >7 \end{matrix}$	1,9 2,8	0,02 0,5	1,0 1,0		
	Базальтосфера	1	Эффузивы	>19	6,0	0,6	2,0	>29	<0,01
		2	Интрузивы	>10	2,0	0,65	1,0		
							>2572		

Геосферы и оболочки, слагающие земную кору, могут быть разделены по отношению к воде на гидрофильные и гидрофобные. Гидрофильными мы называем те геосферы, которые благодаря наличию значительных пустот являются коллекторами подземных вод. Это пелосфера, недосфера, кора выветривания и стратисфера. Гидрофобные оболочки почти не содержат подземных вод в жидкой фазе благодаря почти полному отсутствию пустот. Это метаморфосфера и более нижние оболочки.

Пелосфера наименее изучена в отношении пористости. Для глинистых илов последняя доходит до 90%. Пористость убывает по мере увеличения толщи илов, под влиянием давления⁽¹⁾. В среднем для глинистых илов пелосферы она может быть принята 0,5.

Очень мало данных о пористости песчаных илов, которая еще меньше. В среднем пористость пелосферы составляет около 0,5. Данные о пористости пелосферы весьма многочисленны. Если число определений показано более 50, то только потому, что нет указаний⁽²⁾, на основании скольких тысяч образцов почв Северной Америки выведены пределы пористости и средние. Нижняя часть коры выветривания характеризуется средней пористостью 0,45 для лёсса и лёссовидных суглинков и 0,35 для песков, покровных суглинков и глин.

Породы стратисферы могут быть разделены на 4 основные группы. Первая составлена сверхкапиллярными и капиллярными коллекторами гравитационных вод. Это пески, песчаники, а также и пористые известняки и доломиты. Рыхлые пески обладают такой же средней пористостью, как и пески коры выветривания. Пористость уплотненных песков 0,25. Кайнозойские и мезозойские песчаники обладают средней пористостью 0,20, а палеозойские 0,1—0,12. Меньшая пористость палеозойских песчаников объясняется не только большей их метаморфизацией и цементацией, но и тем, что образцы брались из песчаников более удаленных от прежнего берега, более тонкозернистых. Более крупнозернистые песчаники в складчатых областях либо превращены в кварцит метаморфосферы, либо денудированы.

Пористые известняки и доломиты обладают средней пористостью

5%. Это оолитовые, кавернозные, брекчиевидные и им подобные разности.

Вторую группу пород стратисферы составляют субкапиллярные коллектора воды — глинистые породы. Собранные данные позволяют предварительно наметить отличие в пористости глин платформ и складчатых областей. Для первых она в среднем 40%, для вторых 20%.

Глинистые породы платформ, подвергшиеся меньшему давлению, более пористы. Данные эти необходимо проверить на большем материале.

Третью группу пород стратисферы составляют плотные породы — известняки, гипсы, ангидриты и соль. Пористость их невелика — 3% в среднем для плотных известняков и гипсов, и 1% — для ангидритов. Гидрофильность их проявляется в способности при проникновении воды по трещинам размываться с образованием пустот.

Наконец, четвертую группу составляют различные органогенные породы. Мала пористость угля и значительна для мела, опоки и инфузорной земли.

Метаморфосфера, представляющая измененные породы стратисферы, является наиболее верхней из гидрофобных оболочек. В результате давления, поры здесь почти исчезли, а заполняющие их воды либо вошли в состав водных минералов, либо поднялись по трещинам. Имеющиеся определения пористости относятся в значительной степени к породам метаморфосферы в зоне выветривания. Средние данные составляют 4% и 1% в зависимости от зоны метаморфизма. Таким образом, роль воды в жидкой фазе в метаморфосфере ничтожна.

Пористость пород гранитосферы и базальтосферы составляет в среднем для эффузивов 2%, интрузивов 1%.

Таким образом, пористость геосфер изменяется от 0,5—0,55 педосферы и педосферы до 0,01 и меньше для гранитосферы и базальтосферы. Пористость поверхностных геосфер является одной из их геофизических характеристик. Она определяется положением геосферы в земной коре и зависит от термодинамических условий. Этим объясняется убывание средней пористости геосфер от педосферы по направлению к ядру.

Кафедра динамической геологии
Молотовского государственного
университета

Поступило
13 VIII 1942

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ L. F. Athy, Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 14 (1930). ² M. L. Fuller, U. S. Geol. Survey Water Supply Paper, 160 (1906).