

## Г. А. МАКСИМОВИЧ

### О СКОРОСТИ МИГРАЦИИ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 22 III 1954)

Вода в жидкой фазе находится в непрерывном движении. Одним из этапов в этом круговороте воды на Земле является земная кора. В 1943 г. автор выделил основные типы миграции воды для нашей планеты (3). При этом он указывал, что часть приводимых цифр условна и требует уточнения. Не были рассмотрены карстовые и трещинные воды. Накопившиеся за истекшее время факты позволяют уточнить и дополнить гидродинамический профиль поверхностной части земной коры новыми данными о скоростях движения подземных вод.

Воды стратисферы, попавшие в палеозое в пласт, который после не был вскрыт эрозией, абразией, трещинами и скважинами, перемещаются только в связи с орогеническими или эпигенетическими движениями. Наиболее благоприятна платформенная обстановка, где могут сохраниться как сингенетические преобразованные иловые воды, так и эпигенетические морского происхождения (4). Воды в каменноугольных отложениях в Прикамье и других районах восточной части Русской платформы характеризуются движением по пласту со скоростью 0,2–1,6 км в  $10^6$  лет (8). Здесь имеет место наиболее медленный тип миграции в миллионлетия – 0,2–2,0 км в  $10^6$  лет или  $n \cdot 10^{-2}$  –  $n \cdot 10^{-3}$  м в год.

Когда пласт вскрывается буровыми скважинами и происходит добыча воды, темп миграции меняется. После миллионов лет нахождения в стратисфере почти без движения, воды вновь возвращаются на дневную поверхность. Начинается вековая миграция.

Скорость движения карстовых вод изменяется в широких пределах. Наибольшие темпы имеют место в больших подземных пустотах, а наименьшие в трещинах. В подрусловом потоке р. Чусовой была определена скорость 0,75–1 м/сутки. В трещиноватых и закарстованных нижнесилурийских известняках Прибалтики карстовые воды имеют скорость 28–1152 м/сутки, а подрусловой поток, ушедший в известняки 9600 м/сутки (1). Для карстовых вод Г. Н. Каменский указывает скорости 2600–7900 м/сутки (2), а Е. Принц 1028–2400 м/сутки (7). В качестве типичных скоростей, характеризующих движение карстовотрещинных вод Земли, можно принять 1–1000 м/сутки. Большие скорости имеют место в больших каналах в зоне горизонтальной циркуляции. Атмосферные осадки, поглощенные карстовыми воронками в районе водораздела, попадут в дренирующий водный поток или в море менее чем за год. Движение карстовых вод характеризуется годовым типом миграции, свойственным коре выветривания. Здесь имеются и большие скорости движения, чем для грунтовых вод.

Трещинные воды стратисферы, метаморфической и гранитной оболочек, наиболее характерны для горных складчатых областей, где трещиноватые горные породы вскрыты денудацией и находятся в зоне выветривания. При атмосферном и речном питании они движутся сравнительно быстро. Г. Н. Каменский для трещиноватого известняка, указывает 1028–1992 м/сутки, а для силурийских трещиноватых глинистых известняков силурийского плато 21,3–25,6 м/час или 511–614 м/сутки (2). А. С. Храмушев приводит для слаботрещиноватых пород от 5–10 до 60–70 м/сутки (9). Трещинные воды в зоне выветривания характеризуются годовым типом миграции. Нет данных о скорости движения трещинных вод литогенного (6) (ювенильного) происхождения. Теоретически они могут мигрировать в миллионлетия.

Данные о типичных скоростях движения воды в поверхностных геосферах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Скорости движения воды в поверхностных геосферах

Геосферы и оболочки	Типы миграции	Пластово-поровые подземные воды	Скорость движения воды		Жильные воды	Скорость движения в м/год
			в разных мерах	в м в год		
Атмосфера, тропосфера	Минутная		3–30 м/сек	$n \cdot 10^8$ – $n \cdot 10^9$		
Гидросфера	Минутная		0,3–3 м/сек	$n \cdot 10^7$ – $n \cdot 10^8$		
Биосфера*	Суточная		0,05–2,5 м/час	$n \cdot 10^2$ – $n \cdot 10^4$		
Кора выветривания	Годовая	Грунтовые воды	2–30 м/сут	$n \cdot 10^2$ – $n \cdot 10^4$	Карстовые 1–1000 м/сутки Трещинные 5–620 м/сутки	$n \cdot 10^2$ – $n \cdot 10^5$ $n \cdot 10^2$ – $n \cdot 10$
Стратисфера (верхняя часть)	Вековая	Пластовые воды эпигенетические	1–10 м/год (условно)	$n \cdot 100$ – $n \cdot 10^1$		
Стратисфера (нижняя часть)	В миллионлетия	Пластовые воды сингенетические и палеоэпигенетические	0,2–2,0 км в $10^6$ лет	$n \cdot 10^{-2}$ – $n \cdot 10^{-3}$		

\* Наземные растения и животные; вода проходит через организмы в течение суток.

Табл. 1 показывает, что каждой геосфере и оболочке присущи свои типичные темпы движения воды в жидком состоянии. Уменьшение скорости от периферийных геосфер к более глубинным оболочкам составляет закон движения вод нашей планеты. Это связано с уменьшением пористости и проницаемости в этом же направлении (5). Для подземных вод наряду с литологическим составом вмещающих пород, темпы миграции сказываются на химическом составе и минерализации (4). Чем медленнее движение, тем более минерализованы воды.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 М. А. Гатальский, Сб. Сов. геология, № 35, 102 (1948).
- 2 Г. Н. Каменский, Основы динамики подземных вод, 1943.
- 3 Г. А. Максимович, Природа, № 2, 33 (1943).
- 4 Г. А. Максимович, ДАН, 45, № 6, 268 (1944).
- 5 Г. А. Максимович, ДАН, 62, № 5, 829 (1948).
- 6 Г. А. Максимович, Тр. Лаб. Гидрогеологических проблем, 3, 57 (1948).
- 7 Е. Принц, Гидрогеология, 1935, стр. 156.
- 8 А. И. Силин-Бекчурин, Тр. Лаб. Гидрогеол. проблем, 4, 130 (1949).
- 9 А. С. Храмушев, Гидрогеология и инженерная геология, Сб. № 8, 3 (1941).

Г. А. МАКСИМОВИЧ

**О СКОРОСТИ МИГРАЦИИ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ***(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 22 III 1954)*

Вода в жидкой фазе находится в непрерывном движении. Одним из этапов в этом круговороте воды на Земле является земная кора. В 1943 г. автор выделил основные типы миграции воды для нашей планеты <sup>(3)</sup>. При этом он указывал, что часть приводимых цифр условна и требует уточнения. Не были рассмотрены карстовые и трещинные воды. Накопившиеся за истекшее время факты позволяют уточнить и дополнить гидродинамический профиль поверхностной части земной коры новыми данными о скоростях движения подземных вод.

Воды стратисферы, попавшие в палеозое в пласт, который после не был вскрыт эрозией, абразией, трещинами и скважинами, перемещаются только в связи с орогеническими или эпейрогеническими движениями. Наиболее благоприятна платформенная обстановка, где могут сохраниться как сингенетические преобразованные иловые воды, так и эпигенетические морского происхождения <sup>(4)</sup>. Воды в каменноугольных отложениях в Прикамье и других районах восточной части Русской платформы характеризуются движением по пласту со скоростью 0,2—1,6 км в  $10^6$  лет <sup>(8)</sup>. Здесь имеет место наиболее медленный тип миграции в миллионлетия — 0,2—2,0 км в  $10^6$  лет или  $n \cdot 10^{-2}$  —  $n \cdot 10^{-3}$  м в год.

Когда пласт вскрывается буровыми скважинами и происходит добыча воды, темп миграции меняется. После миллионов лет нахождения в стратисфере почти без движения, воды вновь возвращаются на дневную поверхность. Начинается вековая миграция.

Скорость движения карстовых вод изменяется в широких пределах. Наибольшие темпы имеют место в больших подземных пустотах, а наименьшие в трещинах. В подрусловом потоке р. Чусовой была определена скорость 0,75—1 м/сутки. В трещиноватых и закарстованных нижнесилурийских известняках Прибалтики карстовые воды имеют скорость 28—1152 м/сутки, а подрусловой поток, ушедший в известняки 9600 м/сутки <sup>(1)</sup>. Для карстовых вод Г. Н. Каменский указывает скорости 2600—7900 м/сутки <sup>(2)</sup>, а Е. Принц 1028—2400 м/сутки <sup>(7)</sup>. В качестве типичных скоростей, характеризующих движение карстово-трещинных вод Земли, можно принять 1—1000 м/сутки. Большие скорости имеют место в больших каналах в зоне горизонтальной циркуляции. Атмосферные осадки, поглощенные карстовыми воронками в районе водораздела, попадут в дренирующий водный поток или в море менее чем за год. Движение карстовых вод характеризуется годовым типом миграции, свойственным коре выветривания. Здесь имеются и большие скорости движения, чем для грунтовых вод.

Трещинные воды стратисферы, метаморфической и гранитной оболочек, наиболее характерны для горных складчатых областей, где трещиноватые горные породы вскрыты денудацией и находятся в зоне выветривания. При атмосферном и речном питании они движутся срав-

нительно быстро. Г. Н. Каменский для трещиноватого известняка, указывает 1028—1992 м/сутки, а для силурийских трещиноватых глинистых известняков силурийского плато 21,3—25,6 м/час или 511—614 м/сутки (2). А. С. Храмушев приводит для слаботрещиноватых пород от 5—10 до 60—70 м/сутки (9). Трещинные воды в зоне выветривания характеризуются годовым типом миграции. Нет данных о скорости движения трещинных вод литогенного (6) (ювенильного) происхождения. Теоретически они могут мигрировать в миллионолетия.

Данные о типичных скоростях движения воды в поверхностных геосферах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Скорости движения воды в поверхностных геосферах

Геосферы и оболочки	Типы миграции	Пластово-поровые подземные воды	Скорость движения воды		Жильные воды	Скорость движения в м/год
			в разных мерах	в м в год		
Атмосфера, тропосфера Гидросфера Биосфера* Кора выветривания	Минутная	Грунтовые воды	3—30 м/сек	$n \cdot 10^0 - n \cdot 10^9$	Карстовые 1—4000 м/сутки Трещинные 5—620 м/сутки	$n \cdot 10^2 - n \cdot 10^5$
	Минутная		0,3—3 м/сек	$n \cdot 10^7 - n \cdot 10^8$		
	Суточная Годовая		0,05—2,5 м/час 2—30 м/сут	$n \cdot 10^2 - n \cdot 10^4$ $n \cdot 10^2 - n \cdot 10^4$		
Стратисфера (верхняя часть) Стратисфера (нижняя часть)	Вековая В миллионолетия	Пластовые воды эпигенетические Пластовые воды сингенетические и палеоэпигенетические	1—10 м/год (условно) 0,2—2,0 км в 10 <sup>6</sup> лет	$n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$ $n \cdot 10^{-2} - n \cdot 10^{-3}$		$n \cdot 10^2 - n \cdot 10^5$ $n \cdot 10^2 - n \cdot 10^5$

\* Наземные растения и животные; вода проходит через организмы в течение суток.

Табл. 1 показывает, что каждой геосфере и оболочке присущи свои типичные темпы движения воды в жидком состоянии. Уменьшение скорости от периферийных геосфер к более глубинным оболочкам составляет закон движения вод нашей планеты. Это связано с уменьшением пористости и проницаемости в этом же направлении (5). Для подземных вод, наряду с литологическим составом вмещающих пород, темпы миграции сказываются на химическом составе и минерализации (4). Чем медленнее движение, тем более минерализованы воды.

Молотовский государственный университет  
им. А. М. Горького

Поступило  
22 II 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> М. А. Гатальский, Сб. Сов. геология, № 35, 102 (1948). <sup>2</sup> Г. Н. Каменский, Основы динамики подземных вод, 1943. <sup>3</sup> Г. А. Максимович, Природа, № 2, 33 (1943). <sup>4</sup> Г. А. Максимович, ДАН, 45, № 6, 268 (1944). <sup>5</sup> Г. А. Максимович, ДАН, 62, № 5, 829 (1948). <sup>6</sup> Г. А. Максимович, Тр. Лаб. Гидрогеологических проблем, 3, 57 (1948). <sup>7</sup> Е. Принц, Гидрогеология, 1935, стр. 156. <sup>8</sup> А. И. Силин-Бекчурин, Тр. Лаб. Гидрогеол. проблем, 4, 130 (1949). <sup>9</sup> А. С. Храмушев, Гидрогеология и инженерная геология, Сб. № 8, 3 (1941).