

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МИГРАЦИИ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

Вода в жидкой фазе находится в непрерывном движении. Земная кора представляет один из этапов в этом круговороте воды на земле. Темпы миграции обусловлены средой, в которой вода находится, а для земной коры одним из факторов является объём и характер пустот или пористость. Различные геосферы обладают своими, им только свойственными, скоростями. При переходе воды из одной геосферы в другую изменяется и скорость. Время, потребное для прохождения воды в жидкой фазе через данную геосферу и переход её в другую, мы будем называть типом миграции (по темпам).

В атмосфере, в нижней её части, скорость движения составляет от 3 до 30 м/сек. Конечно, могут быть и меньшие скорости. Вода в жидком состоянии перемещается как с воздушными массами, так и выпадая из атмосферы на дневную поверхность. Мы привели данные о скоростях первого из движений. Переход воды из атмосферы в гидросферу в виде осадков в жидкой фазе может совершиться в минуты. Мы будем называть эту миграцию воды минутной.

Для гидросферы мы рассмотрим два наиболее типичных её проявления: океаны и реки. Скорость движения воды в морских водоёмах составляет: для северного экваториального течения 0,32–0,36 м/сек, для южного экваториального течения 0,42 м/сек и для Гольфштрема, в районе Флориды, 1,5–2,5 м/сек. Скорости течения воды в реках, изменяющиеся также в широких пределах, всё же, примерно, того же порядка. Для р. Невы она – 1,6 м/сек, для р. Камы – 0,3–1,0 м/сек, для р. Конго у устья – 3,3–4,0 м/сек, а для р. Ангары у Иркутска 8 м/сек.

Скорость движения воды в морских и океанических водоёмах, зависящая от ряда факторов, изменяется в широких пределах. Однако, как типичные, могут быть приняты, невидимому, следующие пределы: 0,3–2,5 м/сек.

Для рек скорость движения воды зависит от уклона, количества воды, участка живого сечения и ряда других факторов. Однако, если исключить горные участки рек и взять средние данные о скоростях для преобладающих на земной поверхности слабо расчленённых участков, то для рек будем иметь изменение скоростей движения в пределах 0,3–3 м/сек. Их можно принять как характерные для движения воды в гидросфере.

Вода из гидросферы проникает в жидкой фазе в литосферу в минуты. Темпы перехода из одной геосферы в другую будут тоже минутными, как в атмосфере.

В биосфере темпы прохождения воды через организм будут более медленными. В хвойных деревьях вода движется со скоростью 0,05 м/час, в лиственных – 0,2 м/час. Скорость прохождения воды через человеческий организм составляет около 2,5 м/час. Для биосферы (геосферы) можно говорить о миграции через неё, с переходом в другую геосферу, в часы. Это будет часовая (по темпам) миграция. Предварительно можно указать в качестве пределов для скорости движения воды в биосфере 0,05–2,5 м/час. Цифры эти требуют уточнения.

Для литосферы мы рассмотрим только движение воды в ареальных поровых коллекторах, которые для неё характерны. Трещинные, карстовые и рудничные воды мы рассматривать не будем.

В коре выветривания атмосферные воды проходят подземный этап, примерно, в течение года, реже – 2-х, 3-х лет. Этот тип миграции подземных вод мы будем называть годовым. Воды первого от поверхности водоносного горизонта, находящиеся выше поверхности эрозионного вреза речных систем, разделены долинами на небольшие площади грунтовых вод. Эти площади значительно меньше бассейнов пластовых вод стратисферы. Грунтовые воды здесь от своего водораздела растекаются в стороны речных долин в виде ряда грунтовых потоков. Поверхность эрозионного вреза, называемая Б. Л. Личковым [1], не совсем правильно, базисом эрозии, разделяет подземные воды с различными темпами миграции. Скорость движения грунтовых вод, зависящая от уклона и водопроницаемости пород и ряда других факторов, изменяется, примерно, в пределах 3–30 м/сутки. Другой тип вод коры выветривания – верховодка и воды не рассматриваемой нами педосферы – перемещаются, главным образом, в вертикальном направлении. Они, по темпам, занимают промежуточное положение между биосферой и нижней частью коры выветривания.

Пластовые воды стратисферы, залегающие ниже поверхности эрозионного вреза, по темпам миграции разделяем на две основных группы.

Первую группу составляют пластовые воды стратисферы, характеризующиеся некоторым движением. Они имеют разность отметок между местом выхода толщи в области питания атмосферными и потамогенными (речными) водами и другим выходом пласта, где он вскрыт эрозией и тектоническими трещинами. В этом последнем выходе, за счёт напора, происходит истечение воды из пласта. Вода, попавшая в пласт из атмосферы и рек в более высокой точке, пройдет путь до расположенного ниже выхода за длительный срок. Пройдут тысячи лет, прежде чем состав воды в пласте обновится. Вода вернется в поверхностный круговорот через века. Этот тип миграции мы будем называть вековым, понимая век в геологическом смысле. Подобный вековой тип миграции мы имеем в Чеченских термах (Горячеводск, Брагуны, Серноводск). Многие бассейны пластовых вод стратисферы находятся в той же стадии миграции (Парижский, Дакотский). В геантиклинальных участках вековая миграция имеет место часто, ввиду значительной разности отметок. В платформенных условиях этот тип миграции зачастую обусловлен буровой деятельностью человека. Скорость движения воды для векового типа миграции может быть условно принята в 1–10 м в год. Данными о скоростях перемещения всей массы воды пласта от места, где вода в него попала, до выхода на дневную поверхность, мы, по существу, не обладаем.

Второй тип миграции подземных вод в стратисфере – это движение в миллионлетие. Воды практически не

движутся по пласту. Попав в пласт в палеозое, они до наших дней остаются там почти без движения. Наиболее благоприятна для сохранения подобных вод платформенная обстановка. Здесь могут сохраняться как сингенетические метаморфизированные¹ иловые (пелогенные)² воды, так и метаморфизированные же палеоапигенетические³ морские воды. Воды карбона в Прикамье и йодобромные воды В. Чусовских Городков могут явиться примером практического отсутствия движения и смены воды в миллионлетия. Человек, вскрывая пласты стратисферы буровыми скважинами, приводит их в движение при добыче воды. Воды через миллионы лет вновь возвращаются на дневную поверхность. Темп миграции меняется. Пласт получил сообщение с тропосферой⁴, и в нем начинается вековая миграция.

Для отнесения вод стратисферы к тому или иному типу миграции можно применить предложенный В. П. Савченко [2] метод определения возраста вод по их газовому составу. Необходимо также рассмотреть геологическую историю данного участка земной коры.

ТАБЛИЦА 1. Типы миграции воды различных геосфер.

Типы миграции воды через геосферу	Геосферы	В о д ы	Скорость движения воды	
			в различных мерах	в м/год
минутный	атмосфера (тропосфера)	переносимые воздушными течениями	3–30 м/сек	$n \cdot 10^8 - n \cdot 10^9$
	гидросфера	речные, морские, океанические течения	0,3–3 м/сек	$n \cdot 10^7 - n \cdot 10^8$
суточный	биосфера	в деревьях, человеке	0,05–2,6 м/час	$n \cdot 10^2 - n \cdot 10^6$
годовой	кора выветривания	грунтовые	3–30 м/сут.	$n \cdot 10^3 - n \cdot 10^6$
вековой	стратисфера	пластовые эпигенетические	1–10 м/год (условно)	$n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$
миллионлетний		пластовые палеоэпигенетические и сингенетические	1 м/миллионлетие (условно)	$n \cdot 10^{-6}$

Мы рассматривали для литосферы только подземные воды поровых коллекторов, или ареальные воды. Относительно вод подземных пустот и трещин, или жильных вод, вопрос менее изучен. Повидимому, и здесь мы имеем темпы миграции, укладываемые в выделенные основные типы. Карстовые и рудничные воды – воды подземных пустот – характеризуются наибольшими скоростями движения среди подземных вод. Карстовые воды, находящиеся выше поверхности эрозионного вреза речных долин, обладают скоростями, свойственными биосфере или даже гидросфере. Они занимают поэтому особое место среди подземных вод. Рудничные воды, текущие по канавкам подземных выработок, также обладают значительными скоростями. Это обусловлено антропогенным происхождением подземных пустот и нахождением вод выше поверхности техногенного вреза в земную кору. Трещинные воды метаморфосферы⁵ и гранитосферы, развитые, главным образом, в геосинклинальных областях, где эти воды вскрыты эрозией, обладают, повидимому, различными темпами.

При атомогенном и потамогенном питании трещинные воды перемещаются сравнительно быстро. Некоторые из них необходимо отнести к годовому типу миграции, другие, быть может, к вековому. Темпы движения трещинных вод, в образовании которых принимают участие ювенильные воды, ещё менее ясны. Возможно, они мигрируют и в миллионлетия. Сопоставляя данные о движении воды в жидкой фазе в различных геосферах, мы видим, что намечается несколько типов миграции воды из одной геосферы в другую. Это минутная, суточная, годовая, вековая и в миллионлетия. Темпы миграции убывают от периферии нашей планеты к её центру. В этом же направлении растёт удельный вес геосфер, сопротивление движению воды и уменьшается пористость, проницаемость. Каждая геосфера отличается характерными для неё скоростями движения воды. Изменение скорости движения воды в жидкой фазе по вертикали – закон нашей планеты. Данные о типах миграции воды по темпам и скоростям её движения для различных геосфер, в сравнительной форме, приведены в таблице 1, где n означает число от 1 до 9. Жильные воды здесь не рассматриваются.

Многие данные приведенной таблицы еще требуют уточнения, однако, основную закономерность нашей планеты она отражает. В дальнейшем интересно пополнить её сведениями о скоростях движения воды в педосфере, а также трещинных вод литосферы. Скорости движения воды в техносфере (водопроводы) в общем, повидимому, соответствуют также пространственному положению человека – между атмосферой и педосферой в области био- и гидросфер.

Л и т е р а т у р а

- [1] Б. Л. Личков . Основные черты классификации подземных вод. Исследования подземных вод СССР, в. 2, стр. 7–25, 1933.
 [2] В. П. С а в ч е н к о . К вопросу о геохимии гелия. Природные газы. Сборн. 9, стр. 53–169, 1935.

¹ Изменившие свой состав в результате длительного взаимодействия породы и воды, при известной преобразующей роли организмов.
² Иловые воды – попавшие в пласт ещё когда он был осадком на дне водоёма.
³ Воды водоёма, попавшие в пласты после их образования, в прежние геологические периоды.
⁴ Нижняя часть атмосферы.
⁵ Оболочка земной коры, составленной метаморфическими породами.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МИГРАЦИИ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

Вода в жидкой фазе находится в непрерывном движении. Земная кора представляет один из этапов в этом круговороте воды на земле. Темпы миграции обусловлены средой, в которой вода находится, а для земной коры одним из факторов является объём и характер пустот или пористость. Различные геосферы обладают своими, им только свойственными, скоростями. При переходе воды из одной геосферы в другую изменяется и скорость. Время, потребное для прохождения воды в жидкой фазе через данную геосферу и переход её в другую, мы будем называть типом миграции (по темпам).

В атмосфере, в нижней её части, скорость движения составляет от 3 до 30 м/сек. Конечно, могут быть и меньшие скорости. Вода в жидком состоянии перемещается как с воздушными массами, так и выпадая из атмосферы на дневную поверхность. Мы привели данные о скоростях первого из движений. Переход воды из атмосферы в гидросферу в виде осадков в жидкой фазе может совершиться в минуты. Мы будем называть эту миграцию воды минутной.

Для гидросферы мы рассмотрим два наиболее типичных её проявления: океаны и реки. Скорость движения воды в морских водоёмах составляет: для северного экваториального течения 0,32—0,36 м/сек, для южного экваториального течения 0,42 м/сек и для Гольфштрема, в районе Флориды, 1,5—2,5 м/сек. Скорости течения воды в реках, изменяющиеся также в широких пределах, всё же, примерно, того же порядка. Для р. Невы она — 1,6 м/сек, для р. Камы — 0,3—1,0 м/сек, для р. Конго у устья — 3,3—4,0 м/сек, а для р. Ангара у Иркутска 8 м/сек.

Скорость движения воды в морских и океанических водоёмах, зависящая от ряда факторов, изменяется в широких пределах. Однако, как типич-

ные, могут быть приняты, по видимому, следующие пределы: 0,3—2,5 м/сек.

Для рек скорость движения воды зависит от уклона, количества воды, участка живого сечения и ряда других факторов. Однако, если исключить горные участки рек и взять средние данные о скоростях для преобладающих на земной поверхности слабо расчленённых участков, то для рек будем иметь изменение скоростей движения в пределах 0,3—3 м/сек. Их можно принять как характерные для движения воды в гидросфере.

Вода из гидросферы проникает в жидкой фазе в литосферу в минуты. Темпы перехода из одной геосферы в другую будут тоже минутными, как в атмосфере.

В биосфере темпы прохождения воды через организм будут более медленными. В хвойных деревьях вода движется со скоростью 0,05 м/час, в лиственных — 0,2 м/час. Скорость прохождения воды через человеческий организм составляет около 2,5 м/час. Для биосферы (геосферы) можно говорить о миграции через неё, с переходом в другую геосферу, в часы. Это будет часовая (по темпам) миграция. Предварительно можно указать в качестве пределов для скорости движения воды в биосфере 0,05—2,5 м/час. Цифры эти требуют уточнения.

Для литосферы мы рассмотрим только движение воды в ареальных поровых коллекторах, которые для неё характерны. Трещинные, карстовые и рудничные воды мы рассматривать не будем.

В коре выветривания атмосферные воды проходят подземный этап, примерно, в течение года, реже — 2-х, 3-х лет. Этот тип миграции подземных вод мы будем называть годовым. Воды первого от поверхности воденосного горизонта, находящиеся выше поверхности эрозионного вреза речных систем, разделены долинами

1943

на небольшие площади грунтовых вод. Эти площади значительно меньше бассейнов пластовых вод стратисферы. Грунтовые воды здесь от своего водораздела растекаются в стороны речных долин в виде ряда грунтовых потоков. Поверхность эрозионного вреза, называемая Б. Л. Личковым [1], не совсем правильно, базисом эрозии, разделяет подземные воды с различными темпами миграции. Скорость движения грунтовых вод, зависящая от уклона и водопроницаемости пород и ряда других факторов, изменяется, примерно, в пределах 3—30 м/сутки. Другой тип вод коры выветривания — верховодка и воды не рассматриваемой нами педосферы — перемещаются, главным образом, в вертикальном направлении. Они, по темпам, занимают промежуточное положение между биосферой и нижней частью коры выветривания.

Пластовые воды стратисферы, залегающие ниже поверхности эрозионного вреза, по темпам миграции разделяем на две основных группы.

Первую группу составляют пластовые воды стратисферы, характеризующиеся некоторым движением. Они имеют разность отметок между местом выхода толщи в области питания атмосферными и потамогенными (речными) водами и другим выходом пласта, где он вскрыт эрозией и тектоническими трещинами. В этом последнем выходе, за счёт напора, происходит истечение воды из пласта. Вода, попавшая в пласт из атмосферы и рек в более высокой точке, пройдет путь до расположенного ниже выхода за длительный срок. Пройдут тысячи лет, прежде чем состав воды в пласте обновится. Вода вернется в поверхностный круговорот через века. Этот тип миграции мы будем называть вековым, понимая век в геологическом смысле. Подобный вековой тип миграции мы имеем в Чеченских термах (Горячеводск, Брагуны, Серноводск). Многие бассейны пластовых вод стратисферы находятся в той же стадии миграции (Парижский, Дакотский). В геодинамических участках вековая миграция имеет место часто, ввиду значитель-

ной разности отметок. В платформенных условиях этот тип миграции зачастую обусловлен буровой деятельностью человека. Скорость движения воды для векового типа миграции может быть условно принята в 1—10 м в год. Данными о скоростях перемещения всей массы воды пласта от места, где вода в него попала, до выхода на дневную поверхность, мы, по существу, не обладаем.

Второй тип миграции подземных вод в стратисфере — это движение в миллионлетие. Воды практически не движутся по пласту. Попав в пласт в палеозое, они до наших дней остаются там почти без движения. Наиболее благоприятна для сохранения подобных вод платформенная обстановка. Здесь могут сохраняться как сингенетические метаморфизированные¹ иловые (пелогенные)² воды, так и метаморфизированные же палеоапигенетические³ морские воды. Воды карбона в Прикамье и иодобромные воды В. Чусовских Городков могут явиться примером практического отсутствия движения и смены воды в миллионлетия. Человек, вскрывая пласты стратисферы буровыми скважинами, приводит их в движение при добыче воды. Воды через миллионы лет вновь возвращаются на дневную поверхность. Темп миграции меняется. Пласт получил сообщение с тропосферой⁴, и в нем начинается вековая миграция.

Для отнесения вод стратисферы к тому или иному типу миграций можно применить предложенный В. П. Савченко [2] метод определения возраста вод по их газовому составу. Необходимо также рассмотреть геологическую историю данного участка земной коры.

Мы рассматривали для литосферы только подземные воды поровых кол-

¹ Изменившие свой состав в результате длительного взаимодействия породы и воды, при известной преобразующей роли организмов.

² Иловые воды — попавшие в пласт ещё когда он был осадком на дне водоёма.

³ Воды водоёма, попавшие в пласты после их образования, в прежние геологические периоды.

⁴ Нижняя часть атмосферы.

лекторов, или ареальные воды. Относительно вод подземных пустот и трещин, или жильных вод, вопрос менее изучен. Повидимому, и здесь мы имеем темпы миграции, укладываемые в выделенные основные типы. Карстовые и рудничные воды — воды подземных пустот — характеризуются наибольшими скоростями движения среди подземных вод. Карстовые воды, находящиеся выше поверхности эрозионного вреза речных долин, обладают скоростями, свойственными биосфере или даже гидросфере. Они занимают поэтому особое место среди подземных вод. Рудничные воды, текущие по канавкам подземных выработок, также обладают значительными скоростями. Это обусловлено антропогенным происхождением подземных пустот и нахождением вод выше поверхности техногенного вреза в земную кору. Трещинные воды метаморфосферы¹ и гранитосферы,

они мигрируют и в миллионлетия. Сопоставляя данные о движении воды в жидкой фазе в различных геосферах, мы видим, что намечается несколько типов миграции воды из одной геосферы в другую. Это минутная, суточная, годовая, вековая и в миллионлетия. Темпы миграции убывают от периферии нашей планеты к её центру. В этом же направлении растёт удельный вес геосфер, сопротивление движению воды и уменьшается пористость, проницаемость. Каждая геосфера отличается характерными для неё скоростями движения воды. Изменение скорости движения воды в жидкой фазе по вертикали — закон нашей планеты. Данные о типах миграции воды по темпам и скоростям её движения для различных геосфер, в сравнимой форме, приведены в таблице 1, где n означает число от 1 до 9. Жильные воды здесь не рассматриваются.

ТАБЛИЦА 1. Типы миграции воды различных геосфер.

Типы миграции воды через геосферу	Геосферы	Воды	Скорость движения воды	
			в различных мерах	в м/год
минутный	атмосфера (тропосфера)	переносимые воздушными течениями	3—30 м/сек	$n \cdot 10^3 - n \cdot 10^4$
	гидросфера	речные, морские, океанические течения	0,3—3 м/сек	$n \cdot 10^7 - n \cdot 10^8$
суточный	биосфера	в деревьях, человеке	0,05—2,5 м/час	$n \cdot 10^2 - n \cdot 10^6$
годовой	кора выветривания	грунтовые	8—30 м/сут.	$n \cdot 10^3 - n \cdot 10^6$
вековой	стратисфера	пластовые эпигенетические	1—10 м/год (условно)	$n \cdot 10^9 - n \cdot 10^3$
		пластовые палеогенетические и сингенетические	1 м/миллионлет (условно)	$n \cdot 10^{-6}$

развитые, главным образом, в геантиклинальных областях, где эти воды вскрыты эрозией, обладают, повидимому, различными темпами.

При атмогенном и потамогенном питании трещинные воды перемещаются сравнительно быстро. Некоторые из них необходимо отнести к годовому типу миграции, другие, быть может, к вековому. Темпы движения трещинных вод, в образовании которых принимают участие ювенильные воды, ещё менее ясны. Возможно,

¹ Оболочка земной коры, составленной метаморфическими породами.

в техносфере (водопроводы) в общем, повидимому, соответствуют также пространственному положению человека — между атмосферой и педосферой в области био- и гидросфер.

Литература

- [1] Б. Л. Личков. Основные черты классификации подземных вод. Исследования подземных вод СССР, в. 2, стр. 7—25, 1933.
[2] В. П. Савченко. К вопросу о геохимии гелия. Природные газы. Сборн. 9, стр. 53—109, 1935.