

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ФАЦИЯХ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

(Молотовский Государственный университет)

Вода в жидкой фазе, а также в твердой фазе (при отрицательных температурах) распространена в поверхностных геосферах и оболочках земли в различных количествах. В тропосфере содержание жидкой фазы воды (дождевой), а также снега и града, периодически образующихся из водных паров, не велико. На земной поверхности, отличающейся диссимметрией, принято выделять Мировой океан и область континентов. В океане сосредоточена большая часть жидкой фазы воды земли. Подстилается он геосферою илов, или пелосферою, которая содержит иловые воды между частицами [14, 20]. Континенты характеризуются двумя основными типами поверхностных вод: водоемами и водотоками. Водоемы представлены озерами и болотами. Поверхностные водотоки, в зависимости от климатической обстановки, представлены постоянно и периодически текущими реками.

Криосфера, или геосфера твердой фазы воды, если не считать упомянутых уже гидрометеоров, сосредоточена, главным образом, в виде снега и льда на поверхности земли, морей, озер и рек, а также в виде подземных разностей. Последние представлены вечной и сезонной мерзлотой и пещерным льдом [12, 23, 26].

Ниже поверхности литосферы и дна Мирового океана, помимо упомянутых уже вод пелосферы, находятся различные геосфера, проникнутые каждая своими водами.

Пеноносфера [16], или геосфера человеческого труда, проявляется в виде культурного слоя в городских поселениях, который, обладая пористостью [20], содержит воду. В настоящее время деятельность человека проявляется в ряде геосфер и оболочек, которые составляют стадийную оболочку, захваченную трудом, или пеноносферу. Пределы последней (нижняя часть стратисфера – гранитная оболочка) уже шире пределов биосферы.

Педосфера, обладающая значительной пористостью [14, 20, 26], характеризуется перемещением вод по вертикали. Просачивающиеся сквозь почву атмосферные воды попадают в подпочву и питают залегающие выше первого от поверхности водоупорного горизонта грунтовые воды. Геосфера слоистых пород, или стратисфера, характеризуется по большей части наличием нескольких водоносных горизонтов. Те из них, которые лежат выше поверхности эрозионного вреза и не имеют напора [21], отличаются наиболее быстрыми темпами миграции [15]. Они, так же как и грунтовые воды, питают, в соответствующих климатических условиях, реки. Ниже залегают водоносные горизонты, гидродинамические условия которых обычно подразделяются на три зоны: зону циркуляции, зону обмена и застойную зону [22, 9].

На платформах эти зоны сменяют друг друга по вертикали, причем к первой, помимо безнапорных пластовых, относятся также и напорные водоносные горизонты стратисферы с их пресными водами. Во второй зоне воды минерализованы и движутся по пласту весьма медленно. Рассолы третьей застойной зоны почти неподвижны и представлены палеоэпигенетическими и сингенетическими разностями.

В молодых складчатых областях такая закономерная смена гидродинамических зон нарушается различием мощности, пористости и главное проницаемости пород [21]. Метаморфическая и гранитная оболочки, выходящие на дневную поверхность главным образом в центральных частях молодых и особенно древних складчатых сооружений, характеризуются приуроченностью подземных вод, по большей части пресных, к трещинам.

ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ВОД

Три концентрических фазовых оболочки земли: газообразная, жидкая и твердая, с их разнообразными надземными, поверхностными и подземными гидросферами, обладают различным химическим составом жидкой и твердой фаз воды. Основным отличием их является состав растворенных и окклюдированных газов, вод и льдов, которые образуют надземную, водную и подземную атмосферы [4, 17, 18, 19, 21].

Газовый состав различных проявлений гидросферы недостаточно изучен. В. И. Вернадский [4] считает газы основным признаком классификации природных вод. Газовый состав земных вод может быть представлен схемой, где преобладающие компоненты приведены в порядке убывания их значения (табл. 1).

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ФАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ГЕОСФЕР

Поверхностные проявления гидросферы – океаны, моря, озера и реки, подземные гидросфера, а также атмосферные разности, как уже указывалось, характеризуются различным химическим составом жидкой и твердой фаз. Существует несколько попыток обозначить это разнообразие. Обычно говорят о различных химических типах воды, а в гидробиологии – об агалинных, олигогалинных, мезогалинных, полигалинных и ультрагалинных водах [8]. В. И. Вернадский в своей минералогической работе [4] выделил более 600 видов природных вод.¹ Автором было предложено представление о гидрохимических фациях, или гидрофациях [13, 17, 8, 19, 21, 24, 25].

Гидрофация – это участок наземной, подземной или надземной гидросферы, воды (или льды) которого на всем его протяжении характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися по преобладанию одних и тех же растворенных веществ (ионов, коллоидов). Концентрация и химический состав

¹ Несколько оригинально представление о минерале объемом более 1 млн км³ – верхняя зона вод Мирового океана.

воды (или льда) каждого такого участка изменяются в известных пределах, однако преобладание одних и тех же веществ сохраняется.

Определяется гидрофация по первым трем (иногда четырем и более) преобладающим по весу компонентам. Название фаций дается в порядке убывания их значения. Гидрофации объединяются в группы, или гидроформации, по первому преобладающему растворенному компоненту.

Таблица 1
Состав газов надземной, поверхностной и подземной гидросфер

Тропосфера N ₂ -O ₂ -H ₂ O-CO ₂			
Гидросфера (океан)	Озерные воды	Речные воды	Почвенные воды
N ₂ -O ₂	N ₂ -CO ₂ -O ₂		CO ₂ -N ₂ -O ₂ -H ₂ O
CO ₂ -N ₂ -O ₂			
Придонные воды		Подпочвенные воды (грунтовые)	
N ₂ -CO ₂	N ₂ -CO ₂ -O ₂		
N ₂ -CO ₂ -H ₂ S	N ₂ -CO ₂ -O ₂ -H ₂ S	N ₂ -CO ₂ -O ₂ -CH ₄ CO ₂ -N ₂ -O ₂	
	N ₂ -CO ₂ -CH ₄		
Иловые воды:		Воды стратисферы – не напорные	
соленые	пресные		
CO ₂ -N ₂	N ₂ -CO ₂ -O ₂		
CO ₂ -N ₂ -H ₂ S	CO ₂ -N ₂ -O ₂ -H ₂ S CO ₂ -N ₂ -O ₂ -CH ₄		
		Воды стратисферы – напорные	
		N ₂ N ₂ -CO ₂ N ₂ -CO ₂ -H ₂ S N ₂ -CO ₂ -CH ₄	

В настоящей работе мы остановимся в основном на гидрофациях поверхностных проявлений гидросферы (жидкая фаза) в виде рек, озер и морей, а также закономерностях их распределения на земле. Менее детально будут рассмотрены гидрофации подземных вод – почвенных, грунтовых и пластовых. Только вскользь придется упомянуть о гидрофациях атмосферных вод и разнообразных льдов.

ГИДРОФАЦИИ ВОД, СВЯЗАННЫХ С КОРОЙ ВЫВЕТРИВАНИЯ КОНТИНЕНТОВ

Как известно, широтные и высотные климатические зоны вызывают соответствующую зональность и в геохимических процессах [29]. Зональные факторы климата сказываются не только на процессах биогенеза, но и на почвообразовании [7]. Климат влияет на соотношение выпадающей и испаряющейся влаги. Водный баланс определяет, в свою очередь, характер миграции солей, образуя зоны различной интенсивности выноса солей из коры выветривания и зоны их накопления. Не менее важна роль геоморфологического фактора [27].

Гидрофации почвенных вод и их зональность

Почвенные воды наименее изучены химически, что объясняется как отсутствием надежной методики извлечения почвенного раствора, так и неполнотой большей части анализов вследствие определения в них только легко растворимых солей. Помимо имеющихся анализов, важным показателем состава почвенных вод являются новообразования, которые выпадают из раствора при его пересыщении данным соединением. Эти новообразования в виде конкреций, прослойков, прожилок, трубочек, корочек, примазок, потеков, выцветов и налетов сравнительно хорошо изучены.

Гидрофация – это такой участок почвенных вод, который на всем его протяжении характеризуется одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися по преобладанию одних и тех же растворенных веществ (ионов, коллоидов). Концентрация и химический состав почвенного раствора каждого такого участка изменяются в известных пределах, но преобладание одних и тех же веществ сохраняется. Гидрофация почвенных вод определяется по первым трем преобладающим по весу компонентам, а название дается в порядке убывания их значений.

Для почвенных вод земного шара можно выделить следующие широтные зоны гидрофаций:

I – зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций почвенных вод тропиков и субтропиков;

II–III – зона преобладания хлоридных гидрофаций почвенных вод северного и южного полушарий; они приурочены к поясам пустынь;

IV–V – зоны преобладания сульфатных, натриевых и гидрокарбонатно-натриевых гидрофаций степей северного и южного полушарий;

VI–VII – зоны преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрофаций северного и южного полушарий; они приурочены к поясам лесов; в южном полушарии эта зона имеет слабое развитие;

VIII–IX – зоны преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций. Это – весьма слабо минерализованные воды тундровых зон. В южном полушарии зона почти не развита.

Вертикальная зональность проявляется для гидрофаций почвенных вод многообразно. Макрозональность обусловлена сменой типов почв и приуроченных к ним вод по высотным ступеням. Мезозональность связана с

микрозональным изменением почв от водоразделов к пониженным участкам и проявляется в смене гидрофаций в горизонтальном направлении. Наконец, вертикальная микрозональность гидрофаций почвенных вод или педогидрофаций оказывается в их смене на одном и том же участке. Такие явления могут иметь место при испарении почвенных вод, сопровождающемся концентрацией в верхней части, или, наоборот, при разбавлении после выпадения атмосферных осадков. Помимо зональных педогидрофаций, имеют место и азональные разности. Например вследствие наличия более проницаемых песков в степной зоне появляются менее минерализованные азональные гидрофации. Азональные явления имеют место для аллювиальных почв, под влиянием деятельности человека и т. д.

Гидрофации грунтовых вод и их зональность

Накопление в коре выветривания над первым от поверхности водоупорным слоем гравитационных вод образует горизонт грунтовых вод. Грунтовые воды формируются за счет проникновения атмосферных вод сквозь почву (инфилтрация, конденсация паров, сорбция, инфилюция в трещины). Естественно, что состав грунтовых вод определяется химическим составом почвенных вод.

Закономерные изменения химического состава грунтовых вод позволяют говорить об их гидрофациях. Гидрофация для грунтовых вод – это часть грунтового бассейна или грунтового потока, воды которой, так же как и почвенные, характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющими преобладание растворенных веществ.

Грунтовые воды обладают теми же широтными зонами гидрофаций, что и почвенные. Наличие зональности показывает, что гидрофации грунтовых вод, как типовой комплекс преобладающих растворенных веществ, указывают прежде всего на определенные климатические и обусловленные ими геохимические (выветривание), почвенные, гидрогеологические и гидробиологические условия концентрации и формирования состава грунтовых вод. В отличие от почвенных, гидрофации грунтовых вод характеризуются слабым развитием вертикальной (горной) зоны. Вертикальная зональность проявляется в грунтовых потоках.

Перемещение грунтовых вод от своего водораздела в долину реки сопровождается ростом минерализации и сменой гидрофаций. Грунтовые потоки, в зависимости от почвенных и климатических условий, расстояния от водораздела до пониженных участков, могут быть не только полифациальными, но и монофациальными.

Известны также случаи смены гидрофаций грунтовых вод по вертикали на одном и том же участке. Особенно ярко это проявляется на морских побережьях и песчаных островах в зоне избыточного увлажнения, где в одном колодце вверху находится слабо минерализованная атмосферная вода $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ фации, а ниже морская вода $\text{Cl}\text{-Na}\text{-SO}_4$ фации. Формирование состава грунтовых вод зависит от ряда факторов. Помимо климата и обусловленного им баланса влаги и характера процесса выветривания и почвообразования, здесь играет роль состав пород, развитых в районе гидрогеологические и геоморфологические особенности, а также деятельность человека. Они могут явиться причинами азональных явлений.

Азональные гидрофации имеются в случае развития легко растворимых пород, вызывающих большую минерализацию, или покровных более проницаемых образований, обуславливающих наличие в степной зоне менее минерализованных вод. Опреснение грунтовых вод в речных отложениях в степной полосе, так же как и деятельность человека, загрязняющего грунтовые воды в населенных пунктах, являются причинами азональных явлений. Таким образом, грунтовые воды, подобно почвенным, характеризуются наличием широтной зональности, вертикальной мезозональности и микрозональности гидрофаций. Проявления эти имеют специфические особенности в соответствии с различием почвенных (подвешенных) и грунтовых (свободных) вод.

Гидрофации речных вод и их зональность

Реки представляют текущие воды наземной гидросфера в области коры выветривания. Всякая река – это сложная и весьма динамическая физико-химическая система, соотношение элементов которой зависит от концентрации растворенных веществ, состава пород и почв дренированного бассейна, характера речных илов и водных организмов, климатических факторов и обусловленных ими процессов выветривания и нередко от деятельности человека. Ведущим фактором, определяющим состав речных вод, так же как почвенных и грунтовых, является климат. Состав речных вод определяется количеством и фазой осадков, интенсивностью испарения, температурой и особенно характером процессов выветривания.

Гидрофация для рек представляет такой участок русла, воды которого на всем протяжении характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися, так же как для почвенных и грунтовых вод, по преобладанию одних и тех же растворенных веществ. Метод определения гидрофаций тот же, что и раньше. Изучение гидрохимического материала по 310 рекам в виде 3745 анализов позволило выделить для земли 45 фаций [13, 17]. Однако большая часть рек и 86,6 % анализов относятся к 12 фациям, приведенным в табл. 2.

Для рек нами намечено пять основных типов зон гидрофаций:

I – зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций тропиков и субтропиков; реки обогащены органическим веществом и часто железом;

II–III – зоны преобладания сульфатных и хлоридных гидрофаций северного и южного полушарий, приуроченные к областям пустынь и степей;

IV–V – зоны преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрофаций умеренных климатических поясов;

VI–VII – зоны преобладания обогащенных органическим веществом рек арктических поясов, относящихся к

углеродно-кремнеземной и кремнеземно-углеродной фациям;

VIII – горная (вертикальная) зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземной гидрофаций; к ней относятся верховья горных рек.

Таблица 2

Основные гидрофации рек

Гидрофации	Число рек	Число анализов	Минерализация, в 0,0001 %
SiO ₂ -HCO ₃ -Na	14	254	16-91
SiO ₂ -HCO ₃ -Ca	15	278	37-87
HCO ₃ -SiO ₂ -Ca	22	456	37-170
HCO ₃ -Ca-SiO ₃	16	274	16-274
HCO ₃ -Ca-SO ₄	74	917	74-422
HCO ₃ -SO ₄ -Ca	36	432	80-554
SO ₄ -HCO ₃ -Ca	17	233	180-714
SO ₄ -Ca-HCO ₃	7	78	81-958
SO ₄ -Ca-Na	3	38	1011-2412
SO ₄ -Cl-Na	10	118	561-14950
Cl-SO ₄ -Na	3	33	892-9185
Cl-Na-SO ₄	12	134	650-10825
	229	3245	

Помимо широтных и высотных зон с характерными для них преобладающими фациями, известны также азональные явления, обусловленные развитием легко растворимых пород, локальными гидрологическими и гидрогеологическими особенностями, а также деятельностью человека. Примеры их нами были приведены ранее [17]. В частности, азональными являются транзитные обильные водоносы реки, питающиеся в пределах зоны IV преобладания HCO₃-Ca гидрофаций и протекающие в зоне II преобладания сульфатных и хлоридных фаций. Они либо сохраняют свой гидрохимический облик, либо относятся к гидрокарбонатно-сульфатной фации. Примером может служить нижнее течение р. Волги. Нил, питающийся в зоне I преобладания кремнеземных и гидрокарбонатных фаций, протекая в области пустынь, относится к азональной HCO₃-Ca фации.

Сопоставление составленной автором карты гидрофаций рек земли [17] с картой М. И. Львовича [10] распределения годового стока показывает зависимость химизма рек от слоя годового стока. Это видно из табл. 3.

Таблица 3

Годовой сток по зонам гидрофаций рек

Зоны гидрофаций	Преобладающие фации	Годовой сток (в см слоя)
I-тропики, субтропики	SiO ₂ , HCO ₃ -SiO ₂	20-150
	органическое вещество	>150
II-III – степи, пустыни	SO ₄ , Cl	<10
IV-V – леса умеренного пояса	HCO ₃ -Ca	10-60
VI-VII – тундра	C-SiO ₂ , SiO ₂ -C	10-40
VIII – горы	SiO ₂	20-150
	HCO ₃ -SiO ₂	>150

Сопоставляя речные гидрофации с почвенными и грунтовыми водами, мы видим, что для речных не выделены зоны степей, которые у почвенных вод представлены типичными гидрофациями. Две их группы (натриевые и гидрокарбонатно-натриевые) не устойчивы в условиях рек; что же касается до сульфатных, то они имеют место. Так как сульфатные и хлоридные гидрофации рек характерны для пустынной и степной зон, то они не подразделяются.

Гидрофации озерных вод и их зональность

Озерная вода, в общем, менее подвижна, чем речная. Концентрация озерных вод изменяется от 6×10^{-5} до 37,15 % или $6,19 \times 10^6$ раз. Это обуславливает большое разнообразие химического состава озерных вод. Для озер также можно говорить о гидрофациях, которые представляют такие части водоема, воды которых на всем их протяжении характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями. Последние, подобно почвенным, грунтовым и речным водам, определяются по преобладанию одних и тех же растворенных веществ (ионов, коллоидов), а гидрофация определяется по первым трем преобладающим по весу компонентам.

Озера могут относиться к нескольким гидрофациям. Так, озеро Ритом в Альпах [19] относится в верхней части к SO₄-Ca-HCO₃, а в нижней к SO₄-Ca-Mg фациям. Могильное озеро на острове Кильдин характеризуется также сменой гидрофаций по вертикали [8, 19], причем в верхней части развита пресноводная фауна, в средней – морская. Нижняя часть области развития Cl-Na-SO₄ гидрофации заражена сероводородом и не обитаема. Такие озера, по С. А. Зернову, называются «бассейнами двойственной солености». Мертвое море характеризуется наличием в верхней части Cl-Na-Mg и Cl-Mg-Na, а на глубине 300 м Cl-Mg-Ca гидрофации.

Полифактическость встречается, однако, среди озер реже, чем у рек. Обычно разнообразие гидрофаций встречается в поверхностном слое более минерализованных озер вблизи впадения рек.

Гидрохимические фации озер изменяются не только в пространстве, но и во времени. Гидрохимически такое

явление было зафиксировано для озера Юта [19], где с 1884 по 1904 г. минерализация возросла с $3,06 \times 10^{-2}$ до $1,25 \times 10^{-1} \%$ и $\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$ гидрофация сменилась последовательно на $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}$ и $\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}$.

Озеро Виннипег является прекрасным примером изменения гидрофации как во времени, так и в пространстве. Недалеко от впадения Красной реки (Рэд Ривер) озеро в течение года относилось последовательно к $\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$, $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SO}_4$ и $\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$ фациям. На большом удалении в разное время года известны только $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SO}_4$ и $\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$ гидрофации. Последние две гидрофации в течение года сменились в Красном озере, находящемся в том же районе.

Изучение гидрохимического материала в виде 579 анализов по 216 озерам земли позволило наметить 43 фации [19, 25]. Большая часть озер и 87,2 % анализов относятся к 15 гидрофациям, приведенным в табл. 4.

Таблица 4
Основные гидрофации озер

Гидрофации	Число озер	Число анализов	Минерализация (в 0,0001 %)
$\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SiO}_2$	6	34	16–118
$\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SO}_4$	22	50	14–272
$\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$	3	10	160–512
$\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$	2	2	224–306
$\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{HCO}_3$	5	9	122–2336
$\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{Na}$	1	1	4446
$\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}$	4	8	1165–40626
$\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Cl}$	15	16	11278–145500
$\text{Na}-\text{HCO}_3-\text{SO}_4$	6	6	1,85–11,97
$\text{Na}-\text{HCO}_3-\text{Cl}$	5	7	0,09–5,12
$\text{Na}-\text{Cl}-\text{HCO}_3$	5	9	1,05–21,37
$\text{Cl}-\text{Na}-\text{NCO}_3$	8	10	0,09–21,14
$\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}$	6	8	0,089–28,9
$\text{Cl}-\text{Na}-\text{SO}_4$	39	316	1,11–31,0
$\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$	13	19	4,6–37,15
Всего	140	505	

Гидрохимическая фация, как типовой комплекс преобладающих растворенных веществ, указывает прежде всего на определенные климатические и обусловленные ими почвенные, геохимические (выветривание), гидрологические, гидробиологические условия формирования состава озерных вод. Гидрофации озер, обусловленные климатом, обладают широтной и вертикальной зональностью. Намечаются следующие основные зоны гидрофаций озер земли:

I – зона преобладания кремнеземных (?) и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций тропиков и субтропиков.

II–III – зоны преобладания хлоридных (и сульфатных) гидрофаций пустынь северного и южного полушарий;

IV–V – зоны преобладания сульфатных, натриевых, гидрокарбонатно-натриевых и гидрокарбонатно-калиевых гидрофаций степей северного и южного полушарий;

VI–VII – зоны преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрофаций умеренного климатического пояса;

VIII–IX – зоны богатых органическим веществом кремнеземных, гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций тундр северного и южного полушарий;

X – горная (вертикальная) зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций.

Вертикальная зональность гидрофаций озер выражается не только в появлении горной зоны пресных озер, но и в росте минерализации и смене фаций от более высоких точек к расположенным ниже. Такое проявление геоморфологического фактора, так ярко подчеркнутого Б. Б. Поляновым [27], известно, например, для восточного склона Ю. Урала, где озера гидрокарбонатно-кальциевой фации в высоких точках, после ряда промежуточных сульфатных, натриевых и гидрокарбонатно-натриевых, сменяются хлоридно-натриево-сульфатными наиболее низких участков.

Смена гидрофаций в указанных выше озерах Ритом, Могильном и Мертвом море представляет также проявление вертикальной зональности, сопровождающееся изменением состава растворенных газов. По составу газов вода большинства озер может быть подразделена на две разности – донную и поверхностную, или основную.

В каждой из выделенных широтных зон существуют, благодаря разному химическому составу воды и различию в характере и обилии организмов, вследствие испарения, сопровождающегося выпадением преобладающих растворенных веществ, и отмирания организмов, свои типичные по составу и мощности озерные отложения. Зоны их были выделены В. В. Алабышевым [1]:

I – зона субтропических и тропических пресноводных озерных сапропелей;

II–III – зоны солончаков с самосадочными озерами; месторождения поваренной соли;

IV–V – зоны солоноватоводных сапропелитов и минеральных лечебных грязей степей (сода, глауберовая соль, гипс);

VI–VII – зоны таежно-подзолистые мощных пресноводных сапропелей (до 30 м);

VIII–IX – зоны тундр с маломощными сапропелями пресноводных озер (до 0,5 м);

X – горная (вертикальная зона) пресноводных сапропелей (до 10 м).

В пределах выделенных зон гидрофаций озер могут иметь место азональные явления, обусловленные

геологическими (литологическими), гидрогеологическими, гидрологическими, антропогенными и другими причинами.

Наиболее обычна причина появления азональных гидрофаций озер – это развитие легко растворимых пород. Примером могут служить карстовые озера Кунгурского района, в том числе в Ледяной пещере [11, 19, 25], которые в пределах зоны преобладания $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ гидрофации характеризуются азональной $\text{SO}_4\text{-Ca-HCO}_3$ фацией. В этой же зоне к той же фации относятся в Казанском районе озеро Голубое и в районе Пензы – Вадское. Питание озера минеральными источниками также обуславливает азональные, явления.

Иловые воды озерных отложений

Иловые воды озерных отложений, относящиеся уже к подземным, отличаются по газовому составу. Состав растворенных минеральных компонентов, отличающийся по своему соотношению от озерных вод, хотя и дает, возможно, другие гидрофации, но также отличается зональностью (широтной и, вероятно, вертикальной).

Некоторые общие закономерности химизма вод, связанных с корой выветривания континентов

Рассмотрение гидрофаций почвенных, грунтовых, речных, озерных (иловых озерных) вод и их отложений позволяет наметить некоторые общие закономерности в распределении, обусловленные характером процессов выветривания и выщелачивания в различных климатических зонах. Это видно из табл. 5.

Зоны гидрофаций вод, связанных с корою выветривания, примерно одни и те же. Они характеризуются выпадением из растворов специфических осадков в виде почвенных новообразований и озерных отложений. Некоторым своеобразием отличаются только гидрофации рек, но в общих чертах картина остается та же.

ГИДРОФАЦИИ ОКЕАНОВ И МОРЁЙ

Воды океанов и морей, составляющие Мировой океан, по данным большинства анализов как для менее минерализованного Балтийского, так и наиболее минерализованного Красного моря, принадлежат к Cl-Na-SO_4 фации. Такая монофикальность Мирового океана обусловлена концентрацией, меняющейся в довольно узких пределах (0,7–6,85 %), для которой характерна указанная гидрофация. Постоянное перемешивание вод течениями не допускает сильного проявления стратификации по вертикали с появлением разнообразных гидрофаций.

Полификальность, несомненно, имеет место в районах побережий в местах впадения рек, где в зоне перемешивания речных и морских вод имеют место гидрофации переходные между $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ и Cl-Na-SO_4 [19, 25].

В морских отложениях в виде цемента или самих пород наблюдается, по Л. В. Пустовалову [28], по мере увеличения pH в направлении от берега к открытому морю, наличие следующих соединений: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$. Это явление обусловлено химической дифференциацией. Зональность продуктов химического осаждения из морской воды в общем сходна с широтной зональностью почвенных новообразований и озерных илов.

ГИДРОФАЦИИ ИЛОВЫХ ВОД ОКЕАНА

Иловые воды океанов и морей очень слабо изучены. Под влиянием взаимодействия воды и илов, а также деятельности микроорганизмов, Cl-Na-Mg гидрофация сменяется, по данным изучения осадков Черного моря, Cl-Na-SO_4 и Na-Cl-SO_4 фациями [2].

Указанные выше диагенетические изменения представляют только начальную стадию метаморфизма иловых вод, который, при превращении пелосферы в стратисферу, идет далее, причем десульфация под влиянием микроорганизмов приводит к образованию Cl-Na-Ca бессульфатной гидрофации [21].

ГИДРОФАЦИИ ВОД СТРАТИСФЕРЫ

Гидрофации пластовых вод стратисферы изменяются с удалением от выхода пласта на дневную поверхность по мере роста концентрации. Деятельность микроорганизмов является значительным фактором преобразования их состава. Пластовые воды стратисферы, в отличие от почвенных, грунтовых, речных и озерных, могут быть не только эпигенетическими, но и сингенетическими (собственно говоря, синхроногенными). Последние образуются по большей части из вод морских илов и отличаются особым гидрохимическим обликом [21].

Гидрофация пластовых вод стратисферы – это участок водоносного пласта, обладающий на всем протяжении одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися таким же методом, как и рассмотренные выше проявления гидросферы. Характер гидрофации пластовых вод стратисферы определяется: происхождением вод, их концентрацией, составом коллектора, вмещающими породами и их фацией, промытостью, проницаемостью, наличием или отсутствием вскрывающих пласт тектонических трещин и эрозионных явлений, наличием органического вещества, деятельностью организмов, геотектоническими и геоморфологическими условиями, а также временем пребывания вод в пласте (возрастом). Основными являются тектонические и геоморфологические условия, а также проницаемость.

Гидрофации имеются не только по пласту, но и по вертикали. Платформенные участки со слабо расчлененным рельефом характеризуются газами биохимического и частично воздушного происхождения, сильно концентрированными водами хлоридной формации. Концентрация их, в большинстве случаев, растет с

глубиной [18, 21].

Таблица 5

Гидрофации вод, связанных с корой выветривания континентов

Зоны	Географические пояса	Преобладающие гидрофации вод					Отложения вод	
		почвенных	грунтовых	озерных	иловых озерных	речных	почвенных (новообразования)	озерных
I	Тропики и субтропики	SiO_2 $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$	SiO_2 $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$	SiO_2 (?) $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$		SiO_2 $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$	SiO_3	пресноводные сапропели
II-III	Пустыни	Cl	Cl	Cl (SO ₄)		Cl SO ₄	NaCl	солончаки, NaCl
IV-V	Степи	SO_4 , Na $\text{HCO}_3\text{-Na}$	SO_4 , Na $\text{HCO}_3\text{-Na}$	SO_4 , Na $\text{HCO}_3\text{-Na}$ $\text{HCO}_3\text{-K}$		$\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$	CaSO_4 $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$	
VI-VII	Леса	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$		$\text{HCO}_3\text{-Ca}$	CaCO_3 $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot \text{H}_2\text{O}$ SiO_2 , перегнойные вещества (C)	CaSO_4 , сапропели до 30 м
VIII-IX	Тундра	SiO_2 $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$	SiO_2 $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$	$\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$ органическое вещество		C-SiO_2 $\text{SiO}_2\text{-C}$		SiO_2 , маломощные сапропелиты до 0,5 м
X	Горы	В зависимости от высотной ступени	Слабо развиты	SiO_2 $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$		SiO_2 $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$	SiO_2	SiO_2 , сапропели. до 10 м

Геоантклинальные области, представленные современными горными складчатыми сооружениями, характеризуются метаморфическими газами в центре, а далее к периферии последовательно: смешанными метаморфического и воздушного происхождения, воздушного происхождения, смешанными воздушного и биохимического происхождения и, наконец, биохимическими. Гидрофации изменяются, в общем, в том же направлении, и гидрокарбонатная формация сменяется сульфатной, натриевой и хлоридной. Однако различие во вскрытии пластов трещинами и эрозией, а также разная проникаемость обусловливают во многих случаях отсутствие закономерной смены по вертикали концентраций и гидрофаций. Это, вместе с различием состава пород, является причиной азональных явлений в намечающейся зональной смене гидрофаций в зависимости от структуры – от центра горного складчатого сооружения к платформе. Гидрофации пластовых вод стратисферы изменяются не только в пространстве, но и во времени. Изменения темпов миграции [15] или условий питания приведут к изменению концентрации и смене гидрофаций. Деятельность человека играет большую и все возрастающую роль в изменении темпов миграции пластовых вод [21].

ГИДРОФАЦИИ КРИОСФЕРЫ

Лед на земном шаре образуется тремя путями. Часть его атмогенна и образуется за счет сублимации. Гидрогенный лед представляет результат перехода воды в твердую фазу. Наконец, имеются гетерогенные или атмогенно-гидрогенные льды. Атмогенный лед представлен снегом, градом, глетчерным льдом и ледяными кристаллами пещер. Донный лед рек и озер, лед вечной мерзлоты и пещерных озер гидрогенен. Покровный лед рек, озер и морей гетерогенен, так как верхняя часть его образуется из атмогенного снега, а нижняя представляет результат замерзания воды.

Пористость различных проявлений криосферы изменяется в широких пределах [26]. Наличие ее обуславливает возможность проникновения газов в лед с образованием слабо изученных химически атмосфер криосферы. Для морских льдов состав его $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-CO}_2$. Химический состав льдов также слабо изучен. Речные льды относятся к двум различным гидрофациям. Данными о составе верхней атмогенной части мы не располагаем. Нижняя гидрогенная часть относится к $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ гидрофации. Атмогенный лед кристаллов Кунгурской пещеры относится к $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ гидрофации. Покровный, в основном гидрогенный лед принадлежит к $\text{SO}_4\text{-Ca-HCO}_3$ фации. К этой же фации относится гидрогенный лед сталактитов и сталагмитов, а также гетерогенный – коры оледенения Стен. Это обусловлено приуроченностью пещер к гипсам и ангидритам [12]. Гидрогенный и гетерогенный лед пещер в известняках относится к $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ и $\text{HCO}_3\text{-Ca-SiO}_2$ гидрофациям. Наиболее минерализован лед морей, который характеризуется уменьшением солености с увеличением его возраста.

ГИДРОФАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ВОД

Дождевые воды слабо изучены. По В. И. Вернадскому [4], их можно отнести к Cl-Na гидрофации.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ГИДРОФАЦИЙ НА ЗЕМЛЕ

Сопоставление гидрофаций надземных, поверхностных и подземных проявлений гидросферы, а также весьма недостаточные данные о химизме криосферы позволяют наметить следующие основные особенности в их распределении.

Воды атмосферы (жидкая и твердая фазы), повидимому, если не монофактальны, то относятся к небольшому числу гидрофаций. Ниже поверхности земли и уровня Мирового океана находится пояс с диссимметрией гидрофаций. Океаническая его часть характеризуется преобладанием хлоридно-натриево-сульфатной

гидрофации, а континентальная – большим их разнообразием. Монофациальность океанов обусловлена перемешиванием вод течениями и нарушается только для поверхностных приконтинентальных участков, в местах потока более слабо минерализованных речных и подземных вод. Для континента намечаются три вертикальные зоны.

Верхняя зона или зона циркуляции, включающая поверхности и подземные воды, связанные с корой выветривания (речные, озерные, почвенные, грунтовые, трещинные, ненапорные пластовые, иловые – речные и озерные), отличается разнообразием гидрофаций, распределение которых обусловлено климатом (широтные зоны) и геоморфологией (вертикальные макро-, мезо-, микрозоны). Местные литологические, гидрологические и другие особенности, а также деятельность человека, могут вызывать азональные явления.

Ниже находится зона обмена, представленная, главным образом, гидрофациями пластовых вод стратисферы, где также наблюдается зональность примерно в горизонтальном направлении – и по пласту от выходов его на земную поверхность и вертикальная. Последняя различна для двух основных геотектонических обстановок – платформ и геоантропиналь [21], для которых она имеет также различную глубину. Темпы миграции здесь изменяются от векового до миллиардного [15].

Нижняя застойная зона пластовых вод стратисферы представляет ультрагалинные рассолы с минерализацией до 349 %. Этот своеобразный океан рассолов характеризуется небольшим числом гидрофаций $\text{Cl}-\text{Na}-\text{SO}_4$, $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Ca}$ –бессульфатной и сульфатной.

Гидрофации криосферы в основном обусловлены происхождением льда и его местонахождением. Атмогенный лед отличается малым разнообразием гидрофаций. Гидрофации гидрогенного льда обусловлены составом вод, из которых он образован. Это касается не только речных, озерных, морских льдов, но и сезонной и вечной мерзлоты пещерных разностей.

Основное отличие гидрофаций надземных, поверхностных и подземных вод – это состав растворенных в них газов.

Литература

- [1] Алабышев В. В. Зональность озерных отложений. Изв. Сапр. ком., т. VI; 1932 : 1–44.
- [2] Архангельский А. Д. и Э. С. Залманзон. Условие образования подземных вод грозненских нефтяных месторождений. Тр. ГИНИ, Сб. работ 1930–1931 гг., 1932 : 5.
- [3] Бунев А. Н. К вопросу о происхождении основных типов минерализованных вод в осадочных породах. Докл. АН СССР, т. 45, № 6, 1944: 265–267.
- [4] Вернадский В. И. История природных вод, ч. I, в. 1, 1933, ч. I, в. 2, 1934:320.
- [5] Всойков А. И. Климаты земного шара. СПб., 1884.
- [6] Дзенс-Литовский А. И. Зона минеральных озер СССР. Изв. Всес. Геогр. общ., т. 76, в. 4, 1944:178–191.
- [7] Докучаев В. В. К учению о зонах природы. 1899.
- [8] Зернов С. А. Взаимоотношения водных организмов и растворенных в воде солей и органических веществ. Общая гидробиология, 1934 : 155–250.
- [9] Игнатович Н. К. О региональных гидрогеологических закономерностях в связи с оценкой условий нефтеносности. Сов. геолог.; № 6, 1945 : 69.
- [10] Львович М. И. Элементы водного режима рек земного шара. Гос. Гидролог. инст., сер. IV, в. 18, 1945:127.
- [11] Максимович Г. А. и Г. Г. Кобяк. К характеристике вод подземных озер. Докл. АН СССР, т. 31, № 1, 1941 : 26.
- [12] Максимович Г. А. и Г. Г. Кобяк. Характеристика льда Кунгурской пещеры. Докл. АН СССР, т. 31, № 6, 1941 : 478.
- [13] Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Докл. АН СССР, т. 37, № 5–6, 1942 : 211.
- [14] Максимович Г. А. Пористость геосфер. Докл. АН СССР, т. 37, № 7–8, 1942 : 245.
- [15] Максимович Г. А. Основные типы миграции воды на земле. Природа, № 2, 1943 : 33.
- [16] Максимович Г. А. К истории геохимических процессов. (Историческая геохимия) Природа, № 3, 1943 : 15.
- [17] Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Изв. Всес. Географ. общ., т. 75, в. 1, 1943 : 38.
- [18] Максимович Г. А. Гидрохимические фации поверхностных геосфер. Докл. АН СССР, т. 39, № 8, 1943 : 359.
- [19] Максимович Г. А. Гидрохимические фации вод озер и морей. Изв. АН СССР; сер. геогр. и геоф., т. 8, № 4, 1944 : 212.
- [20] Максимович Г. А. Пористость геосфер. Изв. АН СССР; сер. геогр. и геоф., т. 8, № 5, 1944 : 258.
- [21] Максимович Г. А. К характеристике гидрохимических фаций пластовых вод стратисферы. Докл. АН СССР; т. 45–46, 1944 : 268.
- [22] Максимович Г. А. Минеральные воды и грязи Молотовской области. Тезисы докладов Конференции по изучению производительных сил Молотовской области. Изд. АН СССР, 1945 : 226.
- [23] Максимович Г. А. Классификация льдов пещер. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геоф., т. 9, № 5–6, 1945 : 565.
- [24] Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Почвоведение, № 3–4, 1945 : 227.
- [25] Максимович Г. А. Гидрохимические фации вод озер и морей. Докл. АН СССР, т. 47, № 8, 1945 : 582–585.
- [26] Максимович Г. А. Пористость криосферы. Докл. АН СССР, т. 51, № 2, 1946 : 115.
- [27] Попынов Б. Б. Современные задачи учения о выветривании. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 2, 1944 : 3–14.
- [28] Пустовалов Л. В. Химическая осадочная дифференциация вещества. Петрография осадочных пород, ч. 1, 1940 : 259–272.
- [29] Ферсман А. Е. Геохимия, т. II, 1934:276–278.

1948

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ФАЦИЯХ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

(Молотовский Государственный университет)

Вода в жидкой фазе, а также в твердой фазе (при отрицательных температурах) распространена в поверхностных геосферах и оболочках земли в различных количествах. В тропосфере содержание жидкой фазы воды (дождевой), а также снега и града, периодически образующихся из водных паров, не велико. На земной поверхности, отличающейся дисимметрией, принято выделять Мировой океан и область континентов. В океане сосредоточена большая часть жидкой фазы воды земли. Подстилается он геосферою илов, или пелосферою, которая содержит иловые воды между частичками [14, 20]. Континенты характеризуются двумя основными типами поверхностных вод: водоемами и водотоками. Водоемы представлены озерами и болотами. Поверхностные водотоки, в зависимости от климатической обстановки, представлены постоянно и периодически текущими реками.

Криосфера, или геосфера твердой фазы воды, если не считать упомянутых уже гидрометеоров, сосредоточена, главным образом, в виде снега и льда на поверхности земли, морей, озер и рек, а также в виде подземных разностей. Последние представлены вечной и сезонной мерзлотой и пещерным льдом [12, 23, 26].

Ниже поверхности литосферы и дна Мирового океана, помимо упомянутых уже вод пелосферы, находятся различные геосфера, проникнутые каждой своими водами.

Пеноносфера [18], или геосфера человеческого труда, проявляется в виде культурного слоя в городских поселениях, который, обладая пористостью [20], содержит воду. В настоящее время деятельность человека проявляется в ряде геосфер и оболочек, которые составляют стадийную оболочку, захваченную трудом, или пеноносферу. Пределы последней (нижняя часть стратисферы — гранитная оболочка) уже шире пределов биосфера.

Педосфера, обладающая значительной пористостью [14, 20, 26], характеризуется перемещением вод по вертикали. Просачивающиеся сквозь почву атмосферные воды попадают в подпочву и питают залегающие выше первого от поверхности водоупорного горизонта грунтовые воды. Геосфера слоистых пород, или стратисфера, характеризуется по большей части наличием нескольких водоносных горизонтов. Те из них, которые лежат выше поверхности эрозионного вреза и не имеют напора [21], отличаются наиболее быстрыми темпами миграции [15]. Они, так же как и грунтовые воды, питают, в соответствующих климатических условиях, реки. Ниже залегают водоносные горизонты, гидродинамические условия которых обычно подразделяются на три зоны: зону циркуляции, зону обмена и застойную зону [22, 9].

На платформах эти зоны сменяют друг друга по вертикали, причем к первой, помимо безнапорных пластовых, относятся также и напорные водоносные горизонты стратисферы с их пресными водами. Во второй зоне вody минерализованы и движутся по пласту весьма медленно. Рассолы третьей застойной зоны почти неподвижны и представлены палеоэпигенетическими и сингенетическими разностями.

В молодых складчатых областях такая закономерная смена гидродинамических зон нарушается различием мощности, пористости и главное проницаемости пород [21]. Метаморфическая и гранитная оболочки, выходящие на дневную поверхность главным образом в центральных частях молодых и особенно древних складчатых сооружений, характеризуются приуроченностью подземных вод, по большей части пресных, к трещинам.

ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ВОД

Три концентрических фазовых оболочки земли: газообразная, жидккая и твердая, с их разнообразными надземными, поверхностными и подземными гидросферами, обладают различным химическим составом жидкой и твердой фаз воды. Основным отличием их является состав растворенных и окклюдированных газов, вод и льдов, которые образуют надземную, водную и подземную атмосферы [4, 17, 18, 19, 21].

Газовый состав различных проявлений гидросферы недостаточно изучен. В. И. Вернадский [4] считает газы основным признаком классификации природных вод. Газовый состав земных вод может быть представлен схемой, где преобладающие компоненты приведены в порядке убывания их значения (табл. 1).

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ФАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ГЕОСФЕР

Поверхностные проявления гидросферы — океаны, моря, озера и реки, подземные гидросфера, а также атмосферные разности, как уже указывалось, характеризуются различным химическим составом жидкой и твердой фаз. Существует несколько попыток обозначить это разнообразие. Обычно говорят о различных химических типах воды, а в гидробиологии — об агалинных, олигогалинных, мезогалинных, полигалинных и ультрагалинных водах [8]. В. И. Вернадский в своей минералогической работе [4] выделил более 600 видов природных вод.¹ Автором было предложено представление о гидрохимических фациях, или гидрофациях [13, 17, 18, 19, 21, 24, 25].

Гидрофация — это участок наземной, подземной или надземной гидросферы, вody (или льды) которого на всем его протяжении характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися по преобладанию одних и тех же растворенных веществ (ионов, коллоидов). Концентрация и химический состав воды (или льда) каждого такого участка изменяются в известных пределах, однако преобладание одних и тех же веществ сохраняется.

Определяется гидрофация по первым трем (иногда четырем и более) преобладающим по весу компонентам. Название фаций дается в порядке убывания их значения. Гидрофации объединяются в группы, или гидроформации, по первому преобладающему растворенному компоненту.

¹ Несколько оригинально представление о минерале объемом более 1 млн км³ — верхняя зона вод Мирового океана.

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ФАЦИЯХ

15

Таблица I
Состав газов надземной, поверхности и подземной гидросфер

Тропосфера N ₂ — O ₂ — H ₂ O — CO ₂			
Гидросфера (океан)	Озерные воды	Речные воды	Почвенные воды
N ₂ — O ₂ CO ₂ — N ₂ — O ₂	N ₂ — CO ₂ — O ₂		CO ₂ — N ₂ — O ₂ — H ₂ O
Придонные воды			Подпочвенные воды (грунтовые)
N ₂ — CO ₂ — CO ₂ — H ₂ S N ₂ — CO ₂ — CH ₄	N ₂ — CO ₂ — O ₂ N ₂ — CO ₂ — O ₂ — H ₂ S CO ₂ — N ₂ — O ₂		
Иловые воды		Воды стратисферы — не напорные	
соленые CO ₂ — N ₂ — H ₂ S	пресные CO ₂ — N ₂ — O ₂ — H ₂ S CO ₂ — N ₂ — O ₂ — CH ₄		
Воды стратисферы — напорные			
		N ₂ — CO ₂ — H ₂ S N ₂ — CO ₂ — CH ₄	

В настоящей работе мы остановимся в основном на гидрофациях поверхностных проявлений гидросферы (жидкая фаза) в виде рек, озер и морей, а также закономерностях их распределения на земле. Менее детально будут рассмотрены гидрофации подземных вод — почвенных, грунтовых и пластовых. Только вскользь придется упомянуть о гидрофациях атмосферных вод и разнообразных льдов.

ГИДРОФАЦИИ ВОД, СВЯЗАННЫХ С КОРОЙ ВЫВЕТРИВАНИЯ КОНТИНЕНТОВ

Как известно, широтные и высотные климатические зоны вызывают соответствующую зональность и в геохимических процессах [29]. Зональные факторы климата сказываются не только на процессах биогенеза, но и на почвообразовании [7]. Климат влияет на соотношение выпадающей и испаряющейся влаги. Водный баланс определяет, в свою очередь, характер миграции солей, образуя зоны различной интенсивности выноса солей из коры выветривания и зоны их накопления. Не менее важна роль геоморфологического фактора [27].

Гидрофации почвенных вод и их зональность

Почвенные воды наименее изучены химически, что объясняется как отсутствием надежной методики извлечения почвенного раствора, так и неполнотой большей части анализов вследствие определения в них только

легко растворимых солей. Помимо имеющихся анализов, важным показателем состава почвенных вод являются новообразования, которые выпадают из раствора при его пересыщении данным соединением. Эти новообразования в виде конкреций, прослойков, прожилок, трубочек, корочек, примазок, потеков, выцветов и налетов сравнительно хорошо изучены.

Гидрофация — это такой участок почвенных вод, который на всем его протяжении характеризуется одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися по преобладанию одних и тех же растворенных веществ (ионов, коллоидов). Концентрация и химический состав почвенного раствора каждого такого участка изменяются в известных пределах, но преобладание одних и тех же веществ сохраняется. Гидрофация почвенных вод определяется по первым трем преобладающим по весу компонентам, а название дается в порядке убывания их значения.

Для почвенных вод земного шара можно выделить следующие широтные зоны гидрофаций:

I — зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций почвенных вод тропиков и субтропиков;

II—III — зона преобладания хлоридных гидрофаций почвенных вод северного и южного полушарий; они приурочены к поясам пустынь;

IV—V — зоны преобладания сульфатных, натриевых и гидрокарбонатно-натриевых гидрофаций степей северного и южного полушарий;

VI—VII — зоны преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрофаций северного и южного полушарий; они приурочены к поясам лесов; в южном полушарии эта зона имеет слабое развитие;

VIII—IX — зоны преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций. Это — весьма слабо минерализованные воды тундровых зон. В южном полушарии зона почти не развита.

Вертикальная зональность проявляется для гидрофаций почвенных вод многообразно. Макрозональность обусловлена сменой типов почв и приуроченных к ним вод по высотным ступеням. Мезозональность связана с микрозональным изменением почв от водоразделов к пониженным участкам и проявляется в смене гидрофаций в горизонтальном направлении. Наконец, вертикальная микрозональность гидрофаций почвенных вод или педогидрофаций сказывается в их смене на одном и том же участке. Такие явления могут иметь место при испарении почвенных вод, сопровождающемся концентрацией в верхней части, или, наоборот, при разбавлении после выпадения атмосферных осадков. Помимо зональных педогидрофаций, имеют место и азональные разности. Например вследствие наличия более проницаемых песков в степной зоне появляются менее минерализованные азональные гидрофации. Азональные явления имеют место для аллювиальных почв, под влиянием деятельности человека и т. д.

Гидрофации грунтовых вод и их зональность

Накопление в коре выветривания над первым от поверхности водоупорным слоем гравитационных вод образует горизонт грунтовых вод. Грунтовые воды формируются за счет проникновения атмосферных вод сквозь почву (инфилтрация, конденсация паров, сорбция, инфильтрация в трещины). Естественно, что состав грунтовых вод определяется химическим составом почвенных вод.

Закономерные изменения химического состава грунтовых вод позволяют говорить об их гидрофациях. Гидрофация для грунтовых вод — это часть грунтового бассейна или грунтового потока, воды которой, так же как

и почвенные, характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющими преобладание растворенных веществ.

Грунтовые воды обладают теми же широтными зонами гидрофаций, что и почвенные. Наличие зональности показывает, что гидрофации грунтовых вод, как типовой комплекс преобладающих растворенных веществ, указывают прежде всего на определенные климатические и обусловленные ими геохимические (выветривание), почвенные, гидрогеологические и гидробиологические условия концентрации и формирования состава грунтовых вод. В отличие от почвенных, гидрофации грунтовых вод характеризуются слабым развитием вертикальной (горной) зоны. Вертикальная зональность проявляется в грунтовых потоках.

Перемещение грунтовых вод от своего водораздела в долину реки сопровождается ростом минерализации и сменой гидрофаций. Грунтовые потоки, в зависимости от почвенных и климатических условий, расстояния от водораздела до пониженных участков, могут быть не только полифациальными, но и монофациальными.

Известны также случаи смены гидрофаций грунтовых вод по вертикали на одном и том же участке. Особенно ярко это проявляется на морских побережьях и песчаных островах в зоне избыточного увлажнения, где в одном колодце вверху находится слабо минерализованная атмогенная вода HCO_3^- — Ca фации, а ниже морская вода Cl^- — Na^+ — SO_4^{2-} фации. Формирование состава грунтовых вод зависит от ряда факторов. Помимо климата и обусловленного им баланса влаги и характера процесса выветривания и почвообразования, здесь играет роль состав пород, развитых в районе гидрогеологические и геоморфологические особенности, а также деятельность человека. Они могут явиться причинами азональных явлений.

Азональные гидрофации имеются в случае развития легко растворимых пород, вызывающих большую минерализацию, или покровных более проницаемых образований, обуславливающих наличие в степной зоне менее минерализованных вод. Опреснение грунтовых вод в речных отложениях в степной полосе, так же как и деятельность человека, загрязняющего грунтовые воды в населенных пунктах, являются причинами азональных явлений. Таким образом, грунтовые воды, подобно почвенным, характеризуются наличием широтной зональности, вертикальной мезозональности и микрозональности гидрофаций. Проявления эти имеют специфические особенности в соответствии с различием почвенных (подвешенных) и грунтовых (свободных) вод.

Гидрофации речных вод и их зональность

Реки представляют текущие воды наземной гидросферы в области коры выветривания. Всякая река — это сложная и весьма динамическая физико-химическая система, соотношение элементов которой зависит от концентрации растворенных веществ, состава пород и почв дренированного бассейна, характера речных илов и водных организмов, климатических факторов и обусловленных ими процессов выветривания и нередко от деятельности человека. Ведущим фактором, определяющим состав речных вод, так же как почвенных и грунтовых, является климат. Состав речных вод определяется количеством и фазой осадков, интенсивностью испарения, температурой и особенно характером процессов выветривания.

Гидрофация для рек представляет такой участок русла, воды которого на всем протяжении характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися, так же как для почвенных и грунтовых вод,

² Памяти акад. Зернова

по преобладанию одних и тех же растворенных веществ. Метод определения гидрофаций тот же, что и раньше. Изучение гидрохимического материала по 310 рекам в виде 3745 анализов позволило выделить для земли 45 фаций [13, 17]. Однако большая часть рек и 86.6% анализов относятся к 12 фациям, приведенным в табл. 2.

Для рек нами намечено пять основных типов зон гидрофаций:

I — зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций тропиков и субтропиков; реки обогащены органическим веществом и часто железом;

Таблица 2
Основные гидрофации рек

Гидрофации	Число рек	Число анализов	Минерализация в 0.0001 %
$\text{SiO}_2-\text{HCO}_3-\text{Na}$	14	254	16—91
$\text{SiO}_2-\text{HCO}_3-\text{Ca}$	15	278	37—87
$\text{HCO}_3-\text{SiO}_2-\text{Ca}$	22	456	37—170
$\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SiO}_2$	16	274	16—274
$\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SO}_4$	74	917	74—422
$\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$	36	432	80—554
$\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$	17	233	180—714
$\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{HCO}_3$	7	78	81—958
$\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{Na}$	3	38	1011—2412
$\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}$	10	118	561—14950
$\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}$	3	33	892—9185
$\text{Cl}-\text{Na}-\text{SO}_4$	12	134	650—10825*
	229	3245	

II—III — зоны преобладания сульфатных и хлоридных гидрофаций северного и южного полушарий, приуроченные к областям пустынь и степей;

IV—V — зоны преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрофаций умеренных климатических поясов;

VI—VII — зоны преобладания обогащенных органическим веществом рек арктических поясов, относящихся к углеродно-кремнеземной и кремнеземно-углеродной фациям;

VIII — горная (вертикальная) зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземной гидрофаций; к ней относятся верховья горных рек.

Помимо широтных и высотных зон с характерными для них преобладающими фациями, известны также азональные явления, обусловленные развитием легко растворимых пород, локальными гидрологическими и гидрогеологическими особенностями, а также деятельностью человека. Примеры их нами были приведены ранее [17]. В частности, азональными являются транзитные обильные водою реки,итающиеся в пределах зоны IV преобладания HCO_3-Ca гидрофаций и протекающие в зоне II преобладания сульфатных и хлоридных фаций. Они либо сохраняют свой гидрохимический облик, либо относятся к гидрокарбонатно-сульфатной фации. Примером может служить нижнее течение р. Волги. Нил,итающийся в зоне I преобладания кремнеземных и гидрокарбонатных фаций, протекая в области пустынь, относится к азональной HCO_3-Ca фации.

основы учения о гидрохимических фациях

19

Сопоставление составленной автором карты гидрофаций рек земли [17] с картой М. И. Львовича [19] распределения годового стока показывает зависимость химизма рек от слоя годового стока. Это видно из табл. 3.

Таблица 3
Годовой сток по зонам гидрофаций рек

Зоны гидрофаций	Преобладающие фации	Годовой сток (в см слоя)
I — тропики, субтропики	SiO ₂ , HCO ₃ —SiO ₂ органическое вещество	20—150 > 150
II—III — степи, пустыни	SO ₄ , Cl	< 10
IV—V — леса умеренного пояса	HCO ₃ —Ca	10—60
VI—VII — тундра	C—SiO ₂ , SiO ₂ —C	10—40
VIII — горы	SiO ₂ , HCO ₃ —SiO ₂	20—150 > 150

Сопоставляя речные гидрофации с почвенными и грунтовыми водами, мы видим, что для речных не выделены зоны степей, которые у почвенных вод представлены типичными гидрофациями. Две их группы (натриевые и гидрокарбонатно-натриевые) не устойчивы в условиях рек; что же касается до сульфатных, то они имеют место. Так как сульфатные и хлоридные гидрофации рек характерны для пустынной и степной зон, то они не подразделяются.

Гидрофации озерных вод и их зональность

Озерная вода, в общем, менее подвижна, чем речная. Концентрация озерных вод изменяется от $6 \cdot 10^{-5}$ до $37 \cdot 15^0$ или $6 \cdot 19 \cdot 10^6$ раз. Это обуславливает большое разнообразие химического состава озерных вод. Для озер также можно говорить о гидрофациях, которые представляют такие части водоема, воды которых на всем их протяжении характеризуются одинаковыми гидрохимическими условиями. Последние, подобно почвенным, грунтовым и речным водам, определяются по преобладанию одних и тех же растворенных веществ (ионов, коллоидов), а гидрофация определяется по первым трем преобладающим по весу компонентам.

Озера могут относиться к нескольким гидрофациям. Так, озеро Ритом в Альпах [19] относится в верхней части к SO₄—Ca—HCO₃, а в нижней к SO₄—Ca—Mg фациям. Могильное озеро на острове Кильдин характеризуется также сменой гидрофаций по вертикали [8, 19], причем в верхней части развита пресноводная фауна, в средней — морская. Нижняя часть области развития Cl—Na—SO₄ гидрофации заражена сероводородом и не обитаема. Такие озера, по С. А. Зернову, называются «бассейнами двойственной солености». Мертвое море характеризуется наличием в верхней части Cl—Na—Mg и Cl—Mg—Na, а на глубине 300 м Cl—Mg—Ca гидрофации.

Полифициальность встречается, однако, среди озер реже, чем у рек. Обычно разнообразие гидрофаций встречается в поверхностном слое более минерализованных озер вблизи впадения рек.

Гидрохимические фации озер изменяются не только в пространстве, но и во времени. Гидрохимически такое явление было зафиксировано для

2*

озера Юта [19], где с 1884 по 1904 г. минерализация возросла с $3.06 \cdot 10^{-2}$ до $1.25 \cdot 10^{-10}$ и $\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$ гидрофация сменилась последовательно на $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}$ и $\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}$.

Озеро Виннипег является прекрасным примером изменения гидрофации как во времени, так и в пространстве. Недалеко от впадения Красной реки (Рэд Ривер) озеро в течение года относилось последовательно к $\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$, $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SO}_4$ и $\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$ фациям. На большом удалении в разное время года известны только $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SO}_4$ и $\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$ гидрофации. Последние две гидрофации в течение года сменились в Красном озере, находящемся в том же районе.

Изучение гидрохимического материала в виде 579 анализов по 216 озерам земли позволило наметить 43 фации [19, 25]. Большая часть озер и 87.2% анализов относятся к 15 гидрофациям, приведенным в табл. 4.

Таблица 4
Основные гидрофации озер

Гидрофации	Число озер	Число анализов	Минерализация (в 0.0001%)
$\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SiO}_2$	6	34	16—118
$\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{SO}_4$	22	50	14—272
$\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$	3	10	160—512
$\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$	2	2	224—306
$\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{HCO}_3$	5	9	122—2336
$\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{Na}$	1	1	4446
$\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}$	4	8	1165—40626
$\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Cl}$	15	16	11278—145500
$\text{Na}-\text{HCO}_3-\text{SO}_4$	6	6	1.85—11.97
$\text{Na}-\text{HCO}_3-\text{Cl}$	5	7	6.09—5.12
$\text{Na}-\text{Cl}-\text{HCO}_3$	5	9	1.05—21.37
$\text{Cl}-\text{Na}-\text{NCO}_3$	8	10	0.09—21.14
$\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}$	6	8	0.089—28.9
$\text{Cl}-\text{Na}-\text{SO}_4$	39	316	1.11—31.0
$\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$	13	19	4.6—37.15
Всего . . .	140	505	

Гидрохимическая фация, как типовой комплекс преобладающих растворенных веществ, указывает прежде всего на определенные климатические и обусловленные ими почвенные, геохимические (выветривание), гидрологические, гидробиологические условия формирования состава озерных вод. Гидрофации озер, обусловленные климатом, обладают широтной и вертикальной зональностью. Намечаются следующие основные зоны гидрофаций озер земли:

I — зона преобладания кремнеземных (?) и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций тропиков и субтропиков.

II—III — зоны преобладания хлоридных (и сульфатных) гидрофаций пустынь северного и южного полушарий;

IV—V — зоны преобладания сульфатных, натриевых, гидрокарбонатно-натриевых и гидрокарбонатно-калиевых гидрофаций степей северного и южного полушарий;

VI—VII — зоны преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрофаций умеренного климатического пояса;

VIII—IX — зоны богатых органическим веществом кремнеземных, гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций тундр северного и южного полушарий;

X — горная (вертикальная) зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрофаций.

Вертикальная зональность гидрофаций озер выражается не только в появлении горной зоны пресных озер, но и в росте минерализации и смене фаций от более высоких точек к расположенным ниже. Такое проявление геоморфологического фактора, так ярко подчеркнутого Б. Б. Полыновым [27], известно, например, для восточного склона Ю. Урала, где озера гидрокарбонатно-кальциевой фации в высоких точках, после ряда промежуточных сульфатных, натриевых и гидрокарбонатно-натриевых, сменяются хлоридно-натриево-сульфатными наиболее низких участков.

Смена гидрофаций в указанных выше озерах Ритом, Могильном и Мертвом море представляет также проявление вертикальной зональности, сопровождающееся изменением состава растворенных газов. По составу газов вода большинства озер может быть подразделена на две разности — донную и поверхностную, или основную.

В каждой из выделенных широтных зон существуют, благодаря разному химическому составу воды и различию в характере и обилии организмов, вследствие испарения, сопровождающегося выпадением преобладающих растворенных веществ, и отмирания организмов, свои типичные по составу и мощности озерные отложения. Зоны их были выделены В. В. Алашевым [1]:

I — зона субтропических и тропических пресноводных озерных сапропелей;

II—III — зоны солончаков с самосадочными озерами; месторождения поваренной соли;

IV—V — зоны солоноватоводных сапропелитов и минеральных лечебных грязей степей (сода, глауберовая соль, гипс);

VI—VII — зоны таежно-подзолистые мощных пресноводных сапропелей (до 30 м);

VIII—IX — зоны тундр с маломощными сапропелями пресноводных озер (до 0.5 м);

X — горная (вертикальная зона) пресноводных сапропелей (до 10 м).

В пределах выделенных зон гидрофаций озер могут иметь место азональные явления, обусловленные геологическими (литологическими), гидрогеологическими, гидрологическими, антропогенными и другими причинами.

Наиболее обычная причина появления азональных гидрофаций озер — это развитие легко растворимых пород. Примером могут служить карстовые озера Кунгурского района, в том числе в Ледяной пещере [11, 19, 25], которые в пределах зоны преобладания $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ гидрофации характеризуются азональной $\text{SO}_4\text{-Ca-HCO}_3$ фацией. В этой же зоне к той же фации относятся в Казанском районе озеро Голубое и в районе Пензы—Вадское. Питание озера минеральными источниками также обуславливает азональные явления.

Иловые воды озерных отложений

Иловые воды озерных отложений, относящиеся уже к подземным, отличаются по газовому составу. Состав растворенных минеральных компонентов, отличающийся по своему соотношению от озерных вод, хотя и дает,

возможно, другие гидрофации, но также отличается зональностью (широтной и, вероятно, вертикальной).

Некоторые общие закономерности химизма вод, связанных с корой выветривания континентов

Рассмотрение гидрофаций почвенных, грунтовых, речных, озерных (иловых озерных) вод и их отложений позволяет наметить некоторые общие закономерности в распределении, обусловленные характером процессов выветривания и выщелачивания в различных климатических зонах. Это видно из табл. 5.

Зоны гидрофаций вод, связанных с корой выветривания, примерно одни и те же. Они характеризуются выпадением из растворов специфических осадков в виде почвенных новообразований и озерных отложений. Некоторым своеобразием отличаются только гидрофации рек, но в общих чертах картина остается та же.

ГИДРОФАЦИИ ОКЕАНОВ И МОРЕЙ

Воды океанов и морей, составляющие Мировой океан, по данным большинства анализов как для менее минерализованного Балтийского, так и наиболее минерализованного Красного моря, принадлежат к $\text{Cl}-\text{Na}-\text{SO}_4$ фации. Такая мономинеральнаяность Мирового океана обусловлена концентрацией, меняющейся в довольно узких пределах (0.7—6.85%), для которой характерна указанная гидрофация. Постоянное перемешивание вод течениями не допускает сильного проявления стратификации по вертикали с появлением разнообразных гидрофаций.

Полифициальность, несомненно, имеет место в районах побережий в местах впадения рек, где в зоне перемешивания речных и морских вод имеют место гидрофации переходные между HCO_3-Ca и $\text{Cl}-\text{Na}-\text{SO}_4$ [19, 25].

В морских отложениях в виде цемента или самих пород наблюдается, по Л. В. Пустовалову [28], по мере увеличения pH в направлении от берега к открытому морю, наличие следующих соединений: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$. Это явление обусловлено химической дифференциацией. Зональность продуктов химического осаждения из морской воды в общем сходна с широтной зональностью почвенных новообразований и озерных илов.

ГИДРОФАЦИИ ИЛОВЫХ ВОД ОКЕАНА

Иловые воды океанов и морей очень слабо изучены. Под влиянием взаимодействия воды и илов, а также деятельности микроорганизмов, $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$ гидрофация сменяется, по данным изучения осадков Черного моря, $\text{Cl}-\text{Na}-\text{SO}_4$ и $\text{Na}-\text{Cl}-\text{SO}_4$ фациями [2].

Указанные выше диагенетические изменения представляют только начальную стадию метаморфизма иловых вод, который, при превращении пелосферы в стратисферу, идет далее, причем десульфация под влиянием микроорганизмов приводит к образованию $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Ca}$ бессульфатной гидрофации [21].

ГИДРОФАЦИИ ВОД СТРАТИСФЕРЫ

Гидрофации пластовых вод стратисферы изменяются с удалением от выхода пласта на дневную поверхность по мере роста концентрации. Деятельность микроорганизмов является значительным фактором преобразования их состава. Пластовые воды стратисферы, в отличие от почвенных,

Таблица 5
Гидрофации вод, связанных с корой выветривания континентов

Зоны	Географические пояса	Преобладающие гидрофации вод					Отложения вод
		почвенных	грунтовых	озерных	иловых озерных	речных	
I	Тропики и субтропики	$\text{SiO}_3-\text{SiO}_2$ $\text{HCO}_3-\text{SiO}_2$	SiO_2 $(?)$ $\text{HCO}_3-\text{SiO}_2$		SiO_2 $\text{HCO}_3-\text{SiO}_2$	SiO_2	почвенных (новообразования) озерных
II—III	Пустыни	Cl	Cl	Cl (SO_4)		NaCl	пресноводные сапропели
IV—V	Степи	SO_4-Na HCO_3-Na	SO_4-Na HCO_3-Na	SO_4-Na HCO_3-Na	$\text{Cl}-\text{SO}_4$	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	солончаки, NaCl
VI—VII	Леса	HCO_3-Ca	HCO_3-Ca	HCO_3-Ca	HCO_3-Ca	CaSO_4 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{n H}_2\text{O}$	CaSO ₄ , сапропели до 30 м
VIII—IX	Тундра	$\text{SiO}_2-\text{SiO}_2$ $\text{HCO}_3-\text{SiO}_2$	$\text{SiO}_2-\text{SiO}_2$ $\text{HCO}_3-\text{SiO}_2$	$\text{SiO}_2-\text{SiO}_2$ органическое вещество	$\text{C}-\text{SiO}_2-\text{C}$ SiO_2-C	SiO_2 , пергни- тые вещества (С) до 0,5 м	SiO ₂ , маломощ- ные сапропели
X	Горы	В зависимости от высотной ступени	Слабо развиты	$\text{SiO}_2-\text{SiO}_2$ $\text{HCO}_3-\text{SiO}_2$	SiO_2	SiO_2 , сапропели до 10 м	SiO ₂ , сапропели

грунтовых, речных и озерных, могут быть не только эпигенетическими, но и сингенетическими (само говоря, синхроногенными). Последние образуются по большей части из вод морских илов и отличаются особым гидрохимическим обликом [21].

Гидрофация пластовых вод стратисферы — это участок водоносного пласта, обладающий на всем протяжении одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися таким же методом, как и рассмотренные выше проявления гидросферы. Характер гидрофации пластовых вод стратисферы определяется: происхождением вод, их концентрацией, составом коллектора, вмещающими породами и их фацией, промытостью, проницаемостью, наличием или отсутствием вскрывающих пласт тектонических трещин и эрозионных явлений, наличием органического вещества, деятельностью организмов, геотектоническими и геоморфологическими условиями, а также временем пребывания вод в пласте (возрастом). Основными являются тектонические и геоморфологические условия, а также проницаемость.

Гидрофации имеются не только по пласту, но и по вертикали. Платформенные участки со слабо расчлененным рельефом характеризуются газами биохимического и частично воздушного происхождения, сильно концентрированными водами хлоридной формации. Концентрация их, в большинстве случаев, растет с глубиной [18, 21].

Геоантклинальные области, представленные современными горными складчатыми сооружениями, характеризуются метаморфическими газами в центре, а далее к периферии последовательно: смешанными метаморфического и воздушного происхождения, воздушного происхождения, смешанными воздушного и биохимического происхождения и, наконец, биохимическими. Гидрофации изменяются, в общем, в том же направлении, и гидрокарбонатная формация сменяется сульфатной, натриевой и хлоридной. Однако различие во вскрытии пластов трещинами и эрозией, а также разная проницаемость обусловливают во многих случаях отсутствие закономерной смены по вертикали концентраций и гидрофаций. Это, вместе с различием состава пород, является причиной азональных явлений в намечающейся зональной смене гидрофаций в зависимости от структуры — от центра горного складчатого сооружения к платформе. Гидрофации пластовых вод стратисферы изменяются не только в пространстве, но и во времени. Изменения темпов миграции [15] или условий питания приведут к изменению концентрации и смене гидрофаций. Деятельность человека играет большую и все возрастающую роль в изменении темпов миграции пластовых вод [21].

ГИДРОФАЦИИ КРИОСФЕРЫ

Лед на земном шаре образуется тремя путями. Часть его атмогенна и образуется за счет сублимации. Гидрогенный лед представляет результат перехода воды в твердую фазу. Наконец, имеются гетерогенные или атмогенно-гидрогенные льды. Атмогенный лед представлен снегом, градом, глетчерным льдом и ледяными кристаллами пещер. Донный лед рек и озер, лед вечной мерзлоты и пещерных озер гидрогенен. Покровный лед рек, озер и морей гетерогенен, так как верхняя часть его образуется из атмогенного снега, а нижняя представляет результат замерзания воды.

Пористость различных проявлений криосферы изменяется в широких пределах [26]. Наличие ее обуславливает возможность проникновения газов в лед с образованием слабо изученных химически атмосфер криосферы. Для морских льдов состав его $N_2-O_2-CO_2$. Химический состав льдов также слабо изучен. Речные льды относятся к двум различным гидрофациям.

Данными о составе верхней атмогенной части мы не располагаем. Нижняя гидрогенная часть относится к $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ гидрофации. Атмогенный лед кристаллов Кунгурской пещеры относится к $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ гидрофации. Покровный, в основном гидрогенный лед принадлежит к $\text{SO}_4\text{-Ca-HCO}_3$ фации. К этой же фации относится гидрогенный лед сталактитов и сталагмитов, а также гетерогенный — коры оледенения стен. Это обусловлено приуроченностью пещер к гипсам и ангидритам [12]. Гидрогенный и гетерогенный лед пещер в известняках относится к $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ и $\text{HCO}_3\text{-Ca-SiO}_2$ гидрофациям. Наиболее минерализован лед морей, который характеризуется уменьшением солености с увеличением его возраста.

ГИДРОФАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ВОД

Дождевые воды слабо изучены. По В. И. Вернадскому [4], их можно отнести к Cl-Na гидрофации.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ГИДРОФАЦИЙ НА ЗЕМЛЕ

Сопоставление гидрофаций надземных, поверхностных и подземных проявлений гидросферы, а также весьма недостаточные данные о химизме криосферы позволяют наметить следующие основные особенности в их распределении.

Воды атмосферы (жидкая и твердая фазы), повидимому, если не монофикальны, то относятся к небольшому числу гидрофаций. Ниже поверхности земли и уровня Мирового океана находится пояс с диссимметрией гидрофаций. Океаническая его часть характеризуется преобладанием хлоридно-натриево-сульфатной гидрофации, а континентальная — большим их разнообразием. Монофикальность океанов обусловлена перемешиванием вод течениями и нарушается только для поверхностных приконтинентальных участков, в местах потока более слабо минерализованных речных и подземных вод. Для континента намечаются три вертикальные зоны.

Верхняя зона или зона циркуляции, включающая поверхностные и подземные воды, связанные с корой выветривания (речные, озерные, почвенные, грунтовые, трещинные, ненапорные пластовые, иловые — речные и озерные), отличается разнообразием гидрофаций, распределение которых обусловлено климатом (широтные зоны) и геоморфологией (вертикальные макро-, мезо-, микрозоны). Местные литологические, гидрологические и другие особенности, а также деятельность человека, могут вызывать азональные явления.

Ниже находится зона обмена, представленная, главным образом, гидрофациями пластовых вод стратисферы, где также наблюдается зональность примерно в горизонтальном направлении — и по пласту от выходов его на земную поверхность и вертикальная. Последняя различна для двух основных геотектонических обстановок — платформ и геоантклиналей [21], для которых она имеет также различную глубину. Темпы миграции здесь изменяются от векового до миллионнолетнего [15].

Нижняя застойная зона пластовых вод стратисферы представляет ультрагалинные рассолы с минерализацией до 349%₀₀. Этот своеобразный океан рассолов характеризуется небольшим числом гидрофаций Cl-Na-SO_4 , Cl-Na-Ca — бессульфатной и сульфатной.

Гидрофации криосферы в основном обусловлены происхождением льда и его местонахождением. Атмогенный лед отличается малым разнообразием.

гидрофаций. Гидрофации гидрогенного льда обусловлены составом вод, из которых он образован. Это касается не только речных, озерных, морских льдов, но и сезонной и вечной мерзлоты пещерных разностей.

Основное отличие гидрофаций надземных, поверхностных и подземных вод — это состав растворенных в них газов.

Л и т е р а т у р а

- [1] А л а б у ш е в В. В. Зональность озерных отложений. Изв. Сапр. ком., т. VI; 1932 : 1—44.
- [2] А р х а н г е л с к и й А. Д. и Э. С. З а л м а н з о н . Условие образования подземных вод грязенеских нефтяных месторождений. Тр. ГИНИ, Сб. работ 1930—1931 гг., 1932 : 5.
- [3] Б у н е в А. Н. К вопросу о происхождении основных типов минерализованных вод в осадочных породах. Докл. АН СССР, т. 45, № 6, 1944: 265—267.
- [4] В е р н а д с к и й В. И. История природных вод, ч. I, в. 1, 1933, ч. I, в. 2, 1934 : 320.
- [5] В о е й к о в А. И. Климаты земного шара. СПб., 1884.
- [6] Д з е н с - Л и т о в с к и й А. И. Зона минеральных озер СССР. Изв. Всес. Геогр. общ., т. 76, в. 4, 1944 : 178—191.
- [7] Д о к у ч а е в В. В. К учению о зонах природы. 1899.
- [8] З е р н о в С. А. Взаимоотношение водных организмов и растворенных в воде солей и органических веществ. Общая гидробиология, 1934 : 155—250.
- [9] И г н а т о в и ч Н. К. О региональных гидрогеологических закономерностях в связи с оценкой условий нефтеносности. Сов. геолог.; № 6, 1945 : 69.
- [10] Л ю в о в и ч М. И. Элементы водного режима рек земного шара. Гос. Гидролог. инст., сер. IV, в. 18, 1945:127.
- [11] М а к с и м о в и ч Г. А. и Г. Г. К о б я к . К характеристике вод подземных озер. Докл. АН СССР, т. 31, № 1, 1941 : 26.
- [12] М а к с и м о в и ч Г. А. и Г. Г. К о б я к . Характеристика льда Кунгурской пещеры. Докл. АН СССР, т. 31, № 6, 1941 : 478.
- [13] М а к с и м о в и ч Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Докл. АН СССР, т. 37, № 5—6, 1942 : 211.
- [14] М а к с и м о в и ч Г. А. Пористость геосфер. Докл. АН СССР, т. 37, № 7—8, 1942 : 245.
- [15] М а к с и м о в и ч Г. А. Основные типы миграции воды на земле. Природа, № 2, 1943 : 33.
- [16] М а к с и м о в и ч Г. А. К истории геохимических процессов. (Историческая геохимия). Природа, № 3, 1943 : 15.
- [17] М а к с и м о в и ч Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Изв. Всес. Географ. общ., т. 75, в. 1, 1943 : 38.
- [18] М а к с и м о в и ч Г. А. Гидрохимические фации поверхностных геосфер. Докл. АН СССР, т. 39, № 8, 1943 : 359.
- [19] М а к с и м о в и ч Г. А. Гидрохимические фации вод озер и морей. Изв. АН СССР; сер. геогр. и геоф., т. 8, № 4, 1944 : 212.
- [20] М а к с и м о в и ч Г. А. Пористость геосфер. Изв. АН СССР; сер. геогр. и геоф., т. 8, № 5, 1944 : 258.
- [21] М а к с и м о в и ч Г. А. К характеристике гидрохимических фаций пластовых вод стратисферы. Докл. АН СССР; т. 45—46, 1944 : 268.
- [22] М а к с и м о в и ч Г. А. Минеральные воды и грязи Молотовской области. Тезисы докладов Конференции по изучению производительных сил Молотовской области. Изд. АН СССР, 1945 : 226.
- [23] М а к с и м о в и ч Г. А. Классификация льдов пещер. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геоф., т. 9, № 5—6, 1945 : 565.
- [24] М а к с и м о в и ч Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Почвоведение, № 3—4, 1945 : 227.
- [25] М а к с и м о в и ч Г. А. Гидрохимические фации вод озер и морей. Докл. АН СССР, т. 47, № 8, 1945 : 582—585.
- [26] М а к с и м о в и ч Г. А. Пористость криосферы. Докл. АН СССР, т. 51, № 2, 1946 : 115.
- [27] П о л и н о в Б. Б. Современные задачи учения о выветривании. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 2, 1944 : 3—14.
- [28] П у с т о в а л о в Л. В. Химическая осадочная дифференциация вещества. Петро-графия осадочных пород, ч. I, 1940 : 259—272.
- [29] Ф е р с м а н А. Е. Геохимия, т. II, 1934 : 276—278.