

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

**ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ФАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД И ИХ
ЗОНАЛЬНОСТЬ**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 24 XII 1946)

Грунтовые воды развиты почти по всей территории суши. Вне области, занятой ледниками, при среднем количестве осадков 0,66 м⁽³⁴⁾ выпадает в год 87 582 км³ осадков. Принимая количество подземных вод в коре выветривания в 1,5—2,0⁽³⁵⁾ или, в среднем, в 1,75 раза больше ежегодных осадков, получаем количество грунтовых вод 1,5·10⁵ км³. При средней пористости песков и галечников 35%^(19,23) это дает мощность водоносного слоя 3,23 м. Средняя глубина залегания грунтовых вод в США составляет 11,3 м^(32,33). Средняя мощность водяного слоя для грунтовых вод земли в 3 м (при речном стоке за счет грунтовых вод в 0,26 м) правдоподобна. 1,5·10⁵ км³ грунтовых вод для земли ближе к истине, чем цифра Е. Принца⁽³⁵⁾ 8·10⁵ км³, которая получилась в результате введения в подсчет не площади суши, а земного шара (с морями и океанами!).

Гидрохимический материал по грунтовым водам, по большей части, неполноценен. Однако основные закономерности формирования состава грунтовых вод и химическая география⁽⁶⁾ (пространственное развитие вод различного химического состава), по данным капитальных сводок^(28,31) и работам по региональной гидрогеологии, все же могут быть намечены.

Изменение состава грунтовых вод для Европейской части СССР^(8—12,24) и зональность химизма грунтовых вод земли^(13—17) в зависимости от климатических зон^(4,5,15) установлено сравнительно давно.

Обобщенную картину зональности химического состава почвенных и грунтовых вод дал В. И. Вернадский⁽³⁾. В результате, зональность химического состава грунтовых вод в самых общих чертах намечена. По-разному решается вопрос о границах зон. Закономерное изменение химического состава грунтовых вод позволяет говорить о гидрохимических фациях.

Гидрохимическая фация — это часть грунтового бассейна или грунтового потока воды, который характеризуется одинаковыми гидрохимическими условиями, определяющимися по преобладанию одних растворенных веществ (ионов, коллоидов). Концентрация и минеральный состав каждой такой части могут изменяться в известных пределах, но преобладание одних и тех же веществ сохраняется. Грунтовые воды, так же как речные и озерные^(18,20—22), относятся к гидрохимическим фациям по первым трем преобладающим по весу компонентам, а название дается им в порядке убывания значения компонентов. Гидрохимические фации объединены в группы или формации по первому преобладающему растворенному компоненту.

Для грунтовых вод земного шара, так же как для рек и озер, можно выделить следующие зоны гидрохимических фаций: 1 — зона преобладания кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных гидрохимических фаций грунтовых вод тропиков и субтропиков; 2, 3 — зоны преобладания хлоридных фаций северного и южного полушарий — они приурочены к поясам пустынь; 4, 5 — зоны преобладания сульфатных, натриевых и гидрокарбонатно-натриевых гидрохимических фаций степей северного и южного полушарий; 6, 7 — зоны преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрохимических фаций северного и южного полушарий — связаны с умеренным климатическим поясом, причем в южном полушарии эта зона имеет малое развитие.

Намечается возможность выделения еще двух подзон, которые, по видимому, после накопления гидрохимического и гидрогеологического материала, получают значение зон. 8, 9 — тундровые подзоны — преобладание кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных фаций грунтовых вод.

Воды эти весьма слабо минерализованы, залегают здесь вблизи поверхности, сильно обогащены органическим веществом и зимой промерзают. Подзона эта имеет сравнительно большое развитие в северном полушарии и очень слабое в южном.

В отличие от рек, грунтовые воды обладают своеобразными гидрохимическими фациями степной полосы. Так, сухие степи (^{2, 13, 14}) характеризуются грунтовыми водами с содержанием 0,1—0,25% растворенных веществ с преобладанием SO_4 и Ca, Na или HCO_3 и Na. Помимо степей Украины и Дона, грунтовые воды подобного состава характерны для плоскостного Дагестана (^{29, 30}), Закавказья (²⁶), Челябинской обл., С. Казахстана (²⁸). Это соответствует зоне солончатых сапропелитов и минеральных лечебных грязей Алабышева (¹) и карбонатным и гипсовым водам черноземных и сухих степей Личкова (¹⁵).

Наличие зональности показывает, что гидрохимические фации 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 речных и озерных, гидрохимические фации грунтовых вод характеризуются слабым развитием вертикальной (горной) зоны. Вертикальная зональность проявляется в грунтовых потоках.

Грунтовые воды представлены двумя основными разновидностями — грунтовыми потоками и грунтовыми бассейнами. Для грунтового потока имеет место микрizonaльность. Перемещение грунтовых потоков от водораздела грунтовых вод в долину реки сопровождается ростом минерализации.

Рост концентрации сопровождается сменой гидрохимических фаций. Гидрохимические карты с площадной характеристикой общей минерализации или отдельных растворенных компонентов позволяют определить направление грунтового потока. Такие карты, построенные автором для грунтовых вод г. Молотова, показали, что HCO_3 — Ca-фации вблизи водораздела грунтовых вод сменились ниже SO_4 — Ca — Cl, а еще ниже Cl — Ca — SO_4 . В степной полосе мы имеем менее минерализованные воды под более крупными блюдцами, в самых верховьях балок и питающих их лощинах и боковых отвершках, а далее минерализация растет вниз по грунтовому потоку (¹⁴). Примером смены в грунтовом потоке сульфатных фаций хлоридными может явиться Мильская степь (²⁶). Потоки могут быть как монофациальными, так и полифациальными.

Фациальный состав грунтовых вод может изменяться не только в

горизонтальном направлении, но и по вертикали (14, 26). Особенно ярко это проявляется на морских побережьях и песчаных островах в зоне избыточного увлажнения, где в одном колодце вверху находится слабо минерализованная инфильтрировавшая вода HCO_3 — Ca-фаации, а ниже — морская вода Cl — Na — SO_4 -фаации. Наличие вертикальной микрозональности обуславливает возможность водоснабжения пресными водами в зонах развития сульфатных и хлоридных фааций.

Гидрохимические фаации изменяются не только в пространстве, но и во времени. С изменением климатических условий граница зон перемещается. Грунтовые бассейны представляют более редкое образование. Они известны для Мильской степи (26) и Северного Кавказа (7).

Таким образом, распространение гидрохимических фааций грунтовых вод на земле подчиняется двум законам: закону широтной зональности и закону микрозон. Последний может быть сформулирован так: при слабом расчленении рельефа гидрохимические фаации грунтового потока располагаются в виде небольших вертикальных полос или зон.

Из этих двух законов вытекает третий закон — аналогии рядов гидрохимических фааций. Гидрохимические фаации грунтовых вод закономерно сменяют друг друга в зависимости от концентрации в горизонтальном (широтные зоны континентов) и вертикальном (вертикальные микрозоны) направлениях. Вопрос о закономерностях вертикальной смены гидрофааций в одном колодце (14), для морских побережий, а также грунтовых бассейнов (26) за недостаточностью фактического материала не может быть пока разрешен.

Формирование состава грунтовых вод зависит от ряда факторов.

Помимо климата и обусловленного им баланса влаги и характера процессов 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.

Воды коры выветривания, залегающая на коренных породах различного состава, могут обладать разным составом. Это позволяет по гидрохимическим картам грунтовых вод судить о геологическом строении.

Азональные грунтовые воды имеются в области развития легко растворимых пород. Так, SO_4 — Ca-фаации развиты в Молотовской обл. в зоне HCO_3 — Ca-вод там, где коренными породами являются гипсы и ангидриты.

Наличие более проницаемых покровных образований (песков) также является причиной наличия в степной зоне менее минерализованных азональных фааций (14, 30). Это объясняется лучшим вымыванием растворимых солей в песках, чем в суглинках.

Азональные HCO_3 — SO_4 -или HCO_3 — Ca-фаации имеются среди грунтовых вод алювиальных отложений в зоне преобладания сульфатных, натриевых и хлоридных гидрохимических фааций. Примером может служить Мильская степь (26) с приречными районами рр. Куры и Аракса, где концентрация грунтовых вод уменьшена инфильтрацией речных и выщелачиванием благодаря этому солей.

Деятельность человека является также причиной азональных явлений. Азональные гидрохимические фаации образуются в районах крупных поселений за счет загрязнений грунтовых вод (25, 27). Азональные фаации могут быть вызваны также спуском в грунтовые воды отработанных вод химических предприятий.

Геоморфологический фактор сказывается при слабом расчленении рельефа в появлении в верхней части грунтовых потоков азональных

фаций микрозон, особенно развитых в зонах развития более концентрированных вод — в степях и пустынях (14, 26).

Как и для рек, аazonальные гидрохимические фации подземных вод в большинстве случаев характеризуются пониженной против обычной для данной фации концентрацией.

Знание зональных фаций грунтовых вод, микрозональности грунтовых потоков и аazonальных явлений имеет большое практическое значение, так как оно позволяет получить представление о составе подземных вод районов, по которым нет аналитических данных.

Задачей дальнейшего является изучение приуроченности к различным фациям второстепенных растворенных компонентов, газов и органического вещества.

Молотовский
государственный университет

Поступило
24 XII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Алабышев, Изв. Сапропелев. ком. 6, 1 (1932). ² Г. Буткевич, Тр. 11 Съезда врачей Екатеринос. губ. (1914), ³ В. И. Вернадский, История минералов земной коры, 2; История природных вод, ч. 1, в. 1, 1933; в. 2, 1934. ⁴ Г. Н. Высоцкий, Почвоведение, 1 (1899). ⁵ Г. Н. Высоцкий, Почвоведение, 1—4, 3 (1906). ⁶ А. А. Григорьев, Сб. 50-летию В. И. Вернадского, ч. 2, 1231, 1936. ⁷ А. Г. Давыдов, Спр. водных ресурсов СССР, 10, 578, 1936. ⁸ В. С. Ильин, Тр. обл. конф. энер. ресурс. ЦПО, 1925. ⁹ В. С. Ильин, Тр. Всес. гидр. съезда, 225 (1925). ¹⁰ В. С. Ильин, БСЭ, 19, 642. ¹¹ А. А. Козырев, Иссл. подз. вод СССР, в. 2, 26, 1933. ¹² О. К. Ланге, 1 Всес. гидрогеол. съезд, 8, 69 (1933). ¹³ К. И. Лисицин, О зональной осолоненности грунтовых вод на земном шаре и об оценке питьевых вод в сухих степях, Новочеркасск, 1927. ¹⁴ К. И. Лисицин, О законах распределения пресных и солевых вод в сухих степях в связи с рельефом, Новочеркасск, 1927. ¹⁵ Б. Л. Личков, Изв. Гос. гидрол. ин-та, 31, 8 (1931). ¹⁶ Б. Л. Личков, 1 Всес. гидрогеол. съезд, 8, 64 (1933). ¹⁷ Б. Л. Личков, Иссл. подз. вод СССР, 2, 7, 1933. ¹⁸ Г. А. Максимович, ДАН, 37, № 5—6, 211 (1942). ¹⁹ Г. А. Максимович, ДАН, 37, № 7—8, 245 (1942). ²⁰ Г. А. Максимович, Изв. Гос. геогр. об-ва, 75, № 1, 38 (1943). ²¹ Г. А. Максимович, ДАН, 39, № 8, 359 (1943). ²² Г. А. Максимович, Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., 8, № 4, 212 (1944); ДАН, 47, № 8, 582 (1945). ²³ Г. А. Максимович, Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., 8, № 5, 298 (1944). ²⁴ П. В. Стоцкий, Схема залегания грунтовых вод на равнине Европейской России; К. Кейльгак, Подземные воды и источники, 1914, стр. 516. ²⁵ Ю. А. Порошин, Гидрогеология СССР, 7, 1939, стр. 84. ²⁶ В. А. Приклонский, Мат. к общ. схеме исполз. водн. ресурс. Кура-Араксинск. басс., в. 10, Тифлис, 1930. ²⁷ Е. И. Сомов, Тр. Моск. геол. упр., в. 31, 47 (1939). ²⁸ Спр. водн. ресурс. СССР, 1933—1937. ²⁹ И. И. Чеботарев, Тр. Сев.-Кав. ГГГ треста, № 7, 40 (1934). ³⁰ И. И. Чеботарев, Изв. ВГО, 69, в. 6, 929 (1937). ³¹ F. W. Clarke, U. S. Geol. Surv. Bull., 770 (1924). ³² W. J. Mc Gee, U. S. Dept. Agr., Bur. Soils. Bull., 92 (1913). ³³ W. J. Mc Gee, U. S. Dept. Agr., Bur. Soils, Bull., 93 (1913). ³⁴ W. Meinardus, Peterm. Geogr. Mit. 7—8 (1934). ³⁵ E. Prinz, Handb. Hydrologie, 1923.