

Т. П. АФАНАСЬЕВ

**О ХИМИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

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

В последние годы получены в большом количестве материалы, подтверждающие ранее отмеченную вертикальную неоднородность химического состава подземных вод (1-5). Это относится как к различному количественному соотношению основных химических компонентов в составе подземных вод ( $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $Cl^-$ ), так и степени минерализации вод. По полученным данным, с увеличением глубин залегания подземных вод увеличивается их минерализация неза-

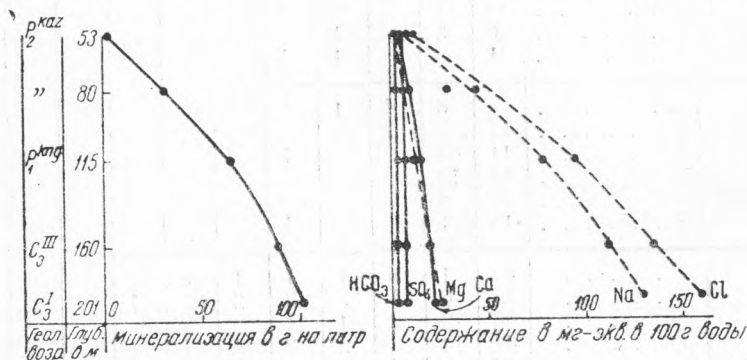


Рис. 1

висимо от геологического строения. В основном в связи с этим происходит смена типов вод по разрезу в следующем порядке: гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридные. В тектонически повышенных участках могут отсутствовать первый или первый и второй типы вод, но дальнейший порядок смены вод остается тот же. В большинстве разбуренных участков соленые воды (более 1 г на литр) начинаются с 50—70 м ниже речных долин, а с глубин 200—400 м начинаются рассолы, с минерализацией более 50 г на литр. Максимальная минерализация воды 281 г встречена в районе г. Чистополя (д. Булдырь) на глубине 1057 м. В качестве примера приведем графики минерализации воды из скважины в устье Камы (рис. 1).

Анализы воды, взятые из скважин Татарской, Чувашской и Марийской АССР и Горьковской обл., обработанные по классификации С. А. Шукарева, распределяются следующим образом\* (табл. 1).

\* По классификации Шукарева, принимаются в расчет компоненты с содержанием не менее 25% мг-экв., считая за 100% раздельно анионы и катионы. Цифра в каждой клетке — классификационный номер Шукарева, цифры в скобках — число анализов.

Таблица 1

Mg..	1	8	15	22	29	36	43
Ca·Mg..	2	9 (12)	16 (33)	23	30	37 (2)	44 (13)
Ca..	3	10 (6)	17 (5)	24	31	38 (1)	45 (18)
Na·Ca..	4	11 (5)	18 (16)	25	32 (2)	39 (30)	46 (8)
Na·	5	12 (13)	19 (11)	26	33 (70)	40 (34)	47 (25)
Na·Ca·Mg·	6	13 (5)	20 (4)	27	34	41 (1)	48 (18)
Na·Mg..	7	14 (2)	21 (2)	28	35	42	49 (2)
	HCO <sub>3</sub> '	HCO <sub>3</sub> '	HCO <sub>3</sub> '	HCO <sub>3</sub> '	Cl'	Cl'	SO <sub>4</sub> "
	SO <sub>4</sub> "	SO <sub>4</sub> "		Cl'			
	Cl'						

В табл. 2 приведено распределение анализов воды в коренных отложениях без учета вод четвертичных отложений, как в большинстве случаев слабо минерализованных.

Распределение анализов воды по глубинам (в м) видно из табл. 3.

Таблица 2

Химическая характеристика воды	Класс по Шукреву	Геологический возраст										
		tal	P <sub>2</sub> <sup>kz<sub>2</sub></sup>	P <sub>2</sub> <sup>kz<sub>1</sub></sup>	P <sub>1</sub> <sup>uf</sup>	P <sub>1</sub> <sup>kn<sub>g</sub></sup>	P <sub>1</sub> <sup>art</sup>	C <sub>3</sub> "	C <sub>2</sub> "	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	
Ca·Mg..	HCO <sub>3</sub> '	16	25	2	2	4						
Ca..		17	5									
Na·Ca..		18	16									
Na·		19	11									
Na·Ca·Mg..		20	3		1							
Na·Mg..		21			1	1						
Ca·Mg..	HCO <sub>3</sub> '-SO <sub>4</sub> "	9	6	4	1	1						
Ca..		10	5	1								
Na·Ca..		11	4			1						
Na·		12	13									
Na·Ca·Mg..		13	4	1								
Na·Mg..		14	1			1						
Ca·Mg..	SO <sub>4</sub> "	44	1	6	1	1	1	3				
Ca..		45	6	1	3	3	2	2	1			
Na·Ca..		46	2	2	1	1	4	2				
Na·		47	14		3	3	4	1	3			
Na·Ca·Mg..		48		4	2	6	1		2			
Na·Mg..		49		1		1						
Ca·Mg..	SO <sub>4</sub> "-Cl'	37			2							
Ca..		38	1									
Na·Ca..		39	2	2	8	1	8	5	1	2	1	
Na·		40			1	4	6	7	7	4	5	
Na·Ca·Mg..		41		1								
Na·Ca·	Cl'	32										
Na·		33		3	7	3	5	9	5	3	10	3
												2
												22

Приведенные результаты 338 анализов воды, характеризуют основные черты химического состава подземных вод Среднего Поволжья как в площадном, так и вертикальном представлении.

Несмотря на весьма большое разнообразие вод, они распределены в 5 анионных группах и всего в 25 классах. К наиболее распространенным относятся 12 классов, составляющие 87% анализов.

Исключительный интерес представляет катионная характеристика вод (см. табл. 4—в процентах к числу анализов каждого типа).

В зоне гидрокарбонатных вод преобладают кальциево-магниевые

воды, за ними следуют натриево-кальциевые, натриевые, кальциевые и натриево-кальциево-магниевого. В зоне сульфатно-гидрокарбонатных

Таблица 3

Химическая характеристика воды	Класс по Шукареву												
		0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-550	550-700	700-1200	
Ca·Mg· Ca· Na·Ca· Na· Na·Ca·Mg· Na·Mg·	HCO <sub>3</sub>	16	18	10	5								
		17	5										
		18	14	2									
		19	5	5	1								
		20	2	1		1							
21	2												
Ca·Mg· Ca· Na·Ca· Na· Na·Ca·Mg· Na·Mg·	HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub>	9	7	5									
		10	4	2									
		11	4	1									
		12	2	11									
		13	3	2									
14	2												
Ca·Mg· Ca· Na·Ca· Na· Na·Ca·Mg· Na·Mg·	SO <sub>4</sub>	44	5	2	2	3		1					
		45	1	5	6	1	5						
		46		3	3	1		1					
		47	5	9	8	1	1	1					
		48		8	4	3	2	1					
49	1	1											
Ca·Mg· Ca· Na·Ca· Na· Na·Ca·Mg·	SO <sub>4</sub> -Cl	37		2									
		38			1								
		39	3	5	7	9	5	1					
		40		5	9	6	8	2		2	2		
		41			1								
Na·Ca· Na·	Cl	32										2	
		33		2	10	17	5	7	4		3	1	21

вод в порядке убывания идут: натриевые, кальциево-магниевого, кальциевые, натриево-кальциевые и натриево-кальциево-магниевого. В зоне сульфатных вод — натриевые, кальциевые, натриево-кальциево-магниевого, кальциево-магниевого и натриево-кальциевые. В зоне хлоридных вод распространены почти исключительно натриевые воды.

Натриевые воды обращают на себя особое внимание. Они встречены по всему разрезу и в больших количествах, с тенденцией к вытеснению с увеличением глубин всех других вод. Кальциево-магниевого воды, наоборот, имеют преимущественное положение в зоне гидрокарбонатных вод, книзу уменьшаются и выбывают выше зоны хлоридных вод.

Соотношения вод представлены на рис. 2.

Из приведенных материалов можно заметить, что с увеличением глубины в водоносной толще происходит постепенно обеднение химических разновидностей вод.

В верхних горизонтах водоносной толщи, до глубины 100—110 м,

Таблица 4

	HCO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> -Cl	Cl
Na·	15	30	30	50	98
Ca·Mg·	46	28	15	3	0
Ca·	7	14	21	1	0
Na·Ca·	22	12	10	44	2
Na·Ca·Mg·	5	12	21	1	0

сложенной в основном татарскими и казанскими породами, встречаются воды 24 классов. В процентах к числу анализов по каждому типу вод это выразится (табл. 5).

Таблица 5

Глубина в м	Гидрокарбонатных	Гидрокарбонатно-сульфатных	Сульфатных	Сульфатно-хлоридных	Хлоридных
0—50	65	51	14	5	0
0—100	100	100	48	22	3

бинами от 100 до 300 м и приуроченной в основном к толще нижнепермских отложений и верхней части верхнего карбона. Несмотря на большую мощность сульфатной зоны, в ней встречаются воды только 13 классов. Зона сульфатно-хлоридных вод занимает глубины между 300 и 600 м и приурочена в основном к верхнему карбону. В ней отмечено лишь два класса вод, обычно высокоминерализованных и рассолов. В нижней зоне или зоне хлоридных вод господствующее положение занимает всего один класс — хлоридно-натриевые воды и редко отмечаются хлоридно-натриево-кальциевые.

Как видно, происходит последовательное выпадение компонентов с низким пределом насыщения и возрастание роли в составе вод компонентов с высоким пределом насыщения. Последние, собственно, и определяют степень минерализации воды.

Основным фактором минерализации вод, несомненно, являются горные породы, которые, выщелачиваясь под влиянием инфильтрующихся вод, обогащают солевой состав подземных вод. Основным же фактором, управляющим минерализацией вод, следует считать различие гидродинамических условий в разных зонах водоносной толщи. В верхних горизонтах водообмен происходит ускоренными темпами, так как области питания недалеко отстоят от областей разгрузки (короткий путь и большие скорости). Минерализация верхних вод обычно незначительна — в пределах до 1 г на литр. С увеличением глубин, несомненно, происходит нарастающее замедление темпов водообмена, так как расстояния между областями питания и разгрузки увеличиваются, скорости движения уменьшаются, увеличивается соприкосновение с породами, к тому же все слабее и слабее промыты. По В. И. Вернадскому, с глубиной происходит „старение“ вод, что именно и следует понимать, как различие темпов водообмена, а следовательно, и относительное различие в возрасте воды.

Лаборатория гидрогеологических проблем  
им. Ф. П. Саваренского  
Академии Наук СССР

Поступило  
24 XII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. И. Вернадский, История природных вод, 1, в. 2, 1934. <sup>2</sup> Ф. А. Макаренко, Тр. Сочинской экспедиции АН СССР, 3 (1939). <sup>3</sup> А. Б. Ронов, ДАН, 48, № 5 (1945). <sup>4</sup> Н. К. Игнатович, ДАН, 45, № 3 (1944). <sup>5</sup> В. А. Сулин, Воды нефтяных месторождений СССР, 1935.

Это зона преимущественного распространения гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-сульфатных слабоминерализованных и пресных вод. Сульфатные и другие соленые воды в пределах верхней зоны отмечены только в участках тектонических поднятий. Обычно же соленые воды имеют распространение в сульфатной зоне, ограниченной глу-

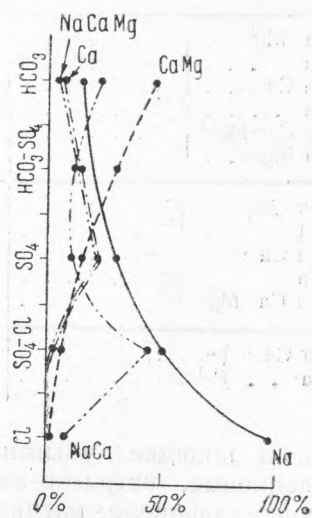


Рис. 2