

Н. А. МАРИНОВ

**ВЕРТИКАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

(Представлено академиком В. А. Обручевым 15 IV 1948)

Северо-восточная часть Центральной Азии представляет горно-складчатую страну, существенно сложенную метаморфическими породами палеозоя, осадочными и эффузивными образованиями мезозоя и кайнозоя, а также различного возраста интрузивными породами. Изменение минерализации подземных вод в горизонтальном направлении по вертикали зависит не только от характера водовмещающих пород и климатических особенностей, но и от рельефа. Последний на большей части территории характеризуется мелко-сопочником и увалисто-холмистыми формами, придающими поверхности своеобразный волнистый характер с большим количеством мелких бассейнов и самостоятельным как поверхностным, так и подземным стоком. Сопки и холмы, как правило, сложены различного возраста и состава трещиноватыми породами, а разделяющие их понижения—слабо сцементированными и рыхлыми мезо-кайнозойскими образованиями.

Наличие этих бассейнов в значительной мере и определяет вертикальное изменение минерализации подземных вод. Самая низкая точка любого такого бассейна будет являться местным базисом его эрозии.

Подземные воды, находящиеся выше базиса, испытывают постоянное влияние атмосферных осадков и, как правило, являются минимально минерализованными, обычно пресными. Подземные воды, приуроченные к зоне затрудненного водообмена или застойного режима, являются обычно сильно минерализованными. Сказанное подтверждается данными химического анализа вод из скважин, приведенными в табл. 1. Достаточное число анализов для первых приближенных выводов об изменении минерализации по глубине имеется только для скважин №№ 4 и 3.

Первая проба воды в скважине № 4 была взята на 19 м выше базиса эрозии и дала минимальную минерализацию (596 мг/л). Вторая проба взята примерно на уровне базиса эрозии и имеет несколько более высокую минерализацию (692 мг/л). Третья проба, взятая на 11 м ниже местного базиса эрозии, дает резкое увеличение минерализации, позволяющее отнести воду этой зоны к солоноватым.

В скважине № 3. Первые две пробы воды с 7,0 и 12,5 м характеризуют минерализацию воды выше местного базиса эрозии. Третья проба попадает примерно на один уровень с ним. Две последующие пробы, взятые с глубин 28 и 79 м, характеризуют состав воды ниже местного базиса эрозии. Как видно, разница в составе и степени минерализации воды в обоих случаях весьма большая.

Кривую зависимости минерализации от глубины грубо можно разбить на два отрезка. Первый отрезок —  $AB$  для скважины № 3 и  $A_1 B_1$  для скважины № 4 — характеризует минерализацию подземных вод выше местного базиса эрозии. Минерализация воды на этом участке находится в тесной зависимости от атмосферных осадков и по вертикали практически не изменяется. Второй участок —  $BC$  и  $B_1 C_1$  для

## Измерение минерализации

№ скважин	Литолого-петрографическая характеристика пород	Глубина взятия пробы, м	Сухой остаток в мг/л	Ионный состав				
				Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	Cl <sup>'</sup>
1	Базальты сильно разрушенные	6,0	3648	a*1000	234,5	—	1224,3	678,8
				б 43,0	11,7		25,54	19,3
				в 78,6	21,4		46,6	35,0
	Переслаивание базальтов и конгломератов	10,6	6222	a 1497	296,4	158,9	2197,71	263,6
				б 65,11	14,79	13,06	45,77	35,63
				в 70	15,8	14,2	49,2	38,4
	То же	44,3	6889	a1681,8	601,4		2485,7	1407,1
				б 73,18	30,07		51,88	39,7
				в 07,8	29,2		50,2	38,6
2	Песок глинистый с гравием и галькой	30,0	335	a 60,2	93,4		20,2	69,0
				б 2,62	48,2		0,42	1,95
				в 35,2	64,8		5,6	26,2
	Известняк серый, плотный, трещиноватый	51,65	552	a 58,9	64,3	49,0	120,1	25,1
				б 2,56	8,21	4,03	2,5	0,71
				в 26,0	32,8	41,2	25,6	7,2
3	Песок с гравием	7,0	556	a 72,2	137,3		74,9	22,3
				б 3,15	6,85		1,56	0,63
				в 31,6	68,4		15,6	6,4
	То же	12,6	590	a 98,4	63,5	35,3	82,3	33,3
				б 4,14	3,17	2,9	1,71	0,94
				в 40,6	31,0	28,4	16,8	9,2
	Сланцы метаморфические, сильно разрушенные	20,6	608	a110,8	117,2		83,1	43,2
				б 4,82	5,85		1,73	1,22
				в 45,2	54,8		16,2	11,4
	Сланцы метаморфические	28,0	1530	a 261	248,3		563,7	101,7
				б 11,35	12,39		11,82	5,69
				в 47,8	52,2		49,8	24
	То же	79,0	6631	a1285,7	1081,5		1315,7	27,60
				б 55,84	54,11		27,42	77,8
				в 50,4	49,2		25	70,6
4	Порфириты	17,0	596	100,7	39,4	51,9	99,6	30,6
				4,38	1,97	4,27	2,07	0,86
				41,2	18,0	40,2	19,4	8,0
	То же	37,0	692	152,7	96,6		134,1	36,9
				6,64	4,82		2,78	1,04
				58,0	42,0		24,2	9,0
	То же	47,0	1642	303,1	259,3		548,0	235,3
				13,18	12,94		11,4	6,64
				50,4	49,6		43,6	25,4
5	Переслаивание песчаников и базальтов	21,45	864	58,8	85,6	92,4	358,4	20,8
				2,34	4,27	7,60	5,38	0,58
				16,4	30,0	53,6	37,8	4,0
	То же	47,9	1350	81,6	160,2	104,8	564,4	29,8
				3,55	7,99	8,60	11,75	0,82
				17,60	39,6	42,8	58,4	4,0

\* а—миллиграммы на литр; б—миллиграм-эквиваленты; в—эквивалент-проценты.

№№	НСО <sub>3</sub>	Жесткость в нем. градусах			Соленость I II	Щелочность I II	Кл с во	Глубина взятия пробы воды по отношению к местному базису эрозии
		общая	карбонатная	некарбонатная				
52,8 0,85 1,6	560,4 9,18 16,8	32,8	257	7,1	$\frac{78,6}{4,6}$	$\frac{-}{16,8}$	III	Ниже базиса эрозии
17,6 0,28 0,4	689,1 11,28 12,0	78,1	31,6	46,5	$\frac{70,0}{17,6}$	$\frac{-}{12,4}$	III	То же
23,7 0,38 0,4	686,4 11,24 10,8	84,2	84,2	—	$\frac{70,8}{18,1}$	$\frac{-}{11,2}$	III	То же
0,3 0,005 —	309,5 5,07 68,2	13,5	13,5	—	$\frac{31,8}{-}$	$\frac{3,4}{64,8}$	I	Выше базиса эрозии
12,3 0,20 2,0	389,7 6,39 65,2	20,3	10,4	9,9	$\frac{26,0}{8,8}$	$\frac{-}{65,2}$	III	Ниже базиса эрозии
	476,4 7,81 7,80	19,2	19,2	—	$\frac{22,0}{-}$	$\frac{9,6}{68,4}$	I	Выше базиса эрозии
3,1 0,05 0,4	458,0 7,51 73,6	16,7	12,7	4,3	$\frac{26,4}{-}$	$\frac{14,2}{59,4}$	I	То же
4,4 0,07 0,6	466,4 7,65 71,8	16,4	—	16,4	$\frac{28,2}{-}$	$\frac{17,0}{54,8}$	I	Примерно на уровне базиса эрозии
0,2 0,003	380 6,23 26,2	34,8	17,3	17,5	$\frac{47,8}{26,0}$	$\frac{-}{26,2}$	III	Ниже базиса эрозии
—	791,4 4,78 4,4	151,6	133,2	13,4	$\frac{50,8}{44,8}$	$\frac{-}{4,4}$	III	То же
11,0 0,18 1,8	4586 7,51 70,8	17,5	8,6	8,9	$\frac{29,2}{-}$	$\frac{12,0}{58,6}$	I	Выше базиса эрозии
5,5 0,08 0,8	461,7 7,56 66,0	13,5	—	—	$\frac{34,0}{-}$	$\frac{24,0}{42,0}$	I	Примерно на уровне базиса эрозии
5,3 0,08 0,4	488,4 8,00 30,6	36,3	13,6	22,5	$\frac{50,4}{19,0}$	$\frac{-}{30,6}$	III	Ниже базиса эрозии
	503,3 8,25 58,2	33,3	18,2	14,6	$\frac{16,4}{25,4}$	$\frac{-}{58,2}$	III	Выше базиса эрозии
	461,9 7,57 37,6	47,0	28,4	18,6	$\frac{17,6}{37,6}$	$\frac{-}{37,6}$	III	Ниже базиса эрозии

указанных скважин — характеризует минерализацию воды ниже местного базиса эрозии. Из рис. 1 нетрудно заметить, что на этом участке изменение минерализации с глубиной носит линейный характер, видимо, находясь в соответствии с увеличением плотности воды с глубиной.

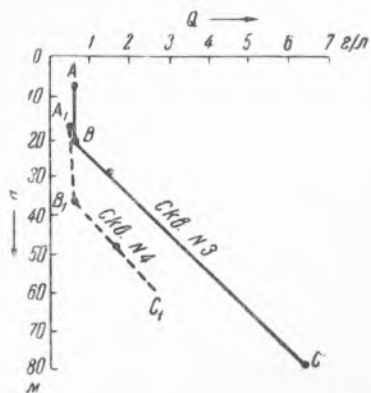


Рис. 1

Зависимость минерализации воды от глубины будет представляться прямой линией, не проходящей через начало координат, уравнение которой будет:

$$Q = q_0 + mH,$$

где  $q_0$  — минерализация воды при отметке местного базиса эрозии,  $m$  — коэффициент пропорциональности.

Точки пересечения отрезков кривых  $B$  и  $B_1$  указывают на ориентировочное положение местного базиса эрозии для данных скважин. Следует отметить, что установленная закономерность в распределении минерализации может быть отнесена только к породам, имеющим

однородный литологический состав. В разрезах, сложенных породами различного литологического состава, а следовательно, характеризующихся и различной растворимостью, такой ясно выраженной закономерности не будет.

Из табл. 1 нетрудно заметить, что вместе с изменением минерализации происходит и изменение солевого состава воды с глубиной.

В зоне, расположенной выше базиса эрозии или в области активного водообмена, формируются щелочные бикарбонатно-кальциевые и бикарбонатно-натриевые воды. Ниже базиса эрозии располагается зона бикарбонатно-сульфатных, кальциево-натриевых вод, отвечающая, по видимому, зоне затрудненного водообмена. И, наконец, еще ниже, в области застойного режима, мы встречаем зону сильно минерализованных хлоридно-кальциево-натриевых вод.

Выводы. 1. Установленная Н. К. Игнатовичем и другими исследователями вертикальная зональность подземных вод для крупных артезианских бассейнов Европейской части СССР наблюдается также и в межгорных котловинах, а также в речных долинах, не имеющих стока в море, в такой горно-складчатой области, как северо-восточная часть Центральной Азии.

2. В отличие от Европейской части СССР, где мощность отдельных зон составляет 100 и более метров, здесь все три зоны, располагаясь в пределах первых десятков метров, сближены, что зависит, по видимому, от формы и размеров отдельных бессточных бассейнов.

3. В Европейской части СССР воды третьей и частично второй зон, по мнению ряда исследователей, являются древними, проникшими в горные породы в прошлые геологические эпохи и сохранившиеся там до вскрытия их горными выработками. В северо-восточной же части Центральной Азии, по нашему мнению, воды всех трех зон являются современными, формирующимися под влиянием климатических (недостаточное увлажнение) и морфологических (самостоятельные бессточные бассейны) особенностей региона, что подтверждается также независимостью состава вод от состава вмещающих пород.

4. Изменение минерализации воды ниже местного базиса эрозии в литологически однородных породах имеет линейную зависимость.

Поступило  
7 III 1948