

Т. П. АФАНАСЬЕВ

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 15 VII 1947)

Водоносная толща Среднего Поволжья может быть расчленена на две различных части — надкунгурскую, мощностью 100—300 м и подкунгурскую, мощностью около 1500 м. Первая сложена верхнепермскими породами (казанского и татарского ярусов), представленными слоями небольшой мощности мергелей, песчаников, глин, известняков, доломитов, неоднократно переходящих по распространению один в другой, а также выклинивающихся и выклинивающихся на небольших расстояниях. Эта особенность пестроты состава толщи является характерной для классического района верхнепермских отложений. Наибольшей пестротой состава пород и фаций изобилует восточная часть района (Татарская, Марийская, Удмуртская АССР), где почти вся толща сложена красноцветными породами. В западном направлении (Чувашия, Горьковская область) литологический состав толщи меняется за счет выклинивания континентальных свит казанского яруса (уфимской и белеевской) и замещения их слоями цехштейна (известняки, доломиты, гипсы), а также увеличения карбонатных слоев в нижней части татарского яруса. Подкунгурская часть, несмотря на громадную мощность, значительно однообразней. Она сложена многосотметровыми толщами известняков и доломитов нижнепермского и каменноугольного возраста, разделенных редкими прослоями глин и песчаников. Только в среднем карбоне слои глин и песков имеют большие мощности. Кунгурский ярус, расчленяющий водоносную толщу, в основном сложен ангидритами и гипсами, с прослоями доломитов; мощность кунгура 50—100 м.

Пестрота состава верхнепермских отложений явилась причиной частого переслаивания и непостоянства водоносных горизонтов, а также большого различия в степени их водообильности, химического состава и минерализации вод. Однако указанная зависимость состава, особенно минерализации вод от пород, существует лишь в определенных пределах как по глубине, так и по геоструктурным условиям. Несомненная зависимость отмечается до глубины 100—150 м, глубже она затушевывается и потом исчезает. Это подтверждается большим числом анализов проб воды, взятых с различных глубин и разных водоносных горизонтов (1). Ввиду того, что верхнепермская толща в большей части района лежит в пределах зоны зависимости вод от водовмещающих пород, пестрота состава пород существенно отразилась на составе вод. Так, в отложениях татарского яруса отмечено 24 различных вида, а в нижележащих казанских слоях — 17 видов. С увеличением глубин количество разновидностей вод уменьшается, а минерализация нарастает (1). Этому может быть способствует также

литологическое однообразие подкунгурской толщи, в основном карбонатной, трещиноватой, обеспечивающей сообщение вод и их дифференциацию по степени минерализации.

Таким образом формируется гидрохимический разрез водоносной толщи Среднего Поволжья — от пресных и слабо минерализованных весьма различных по составу гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-сульфатных вод, через соленые сульфатные и сульфатно-хлоридные воды, при меньшем разнообразии типов, к однотипным высокоминерализованным хлоридным водам и рассолам. Эта смена химического состава вод, с достаточной определенностью наметившаяся на составленных таблицах местоположений 338 анализов воды по геологическим горизонтам и глубинам (1), получила подтверждение на примере 1518 анализов.

В приведенных фактах можно видеть полную возможность утверждения, а может быть и значительного уточнения на большом материале ранее выдвинутых В. И. Вернадским и другими (4—9) положений о вертикальной зональности подземных вод, т. е. положений о генетическом пути изменения воды, ее развития, геологической истории, что соответствует современным воззрениям на формирование подземных вод в платформенных условиях.

Этот естественный порядок смены вод по разрезу может быть зафиксирован в определенной системе или классификации, с присвоением каждому виду воды класса и порядкового номера. Каждый анализ пробы воды, взятой из водоносной толщи Среднего Поволжья, по содержанию химических компонентов, должен находить в классификации определенное место, соответствующее его месту в гидрохимическом разрезе; таким образом в основных чертах можно видеть также и геологическую историю исследуемой воды.

Т а б л и ц а 1*

| | | | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------------------------|---|------------------------------------|
| Ca ⁺⁺ | 1 ⁹⁷ _{0,36} | 7 ⁸³ _{0,67} | 13 ⁶⁴ _{2,77} | 19 ² _{1,7?} | 25 |
| Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ | 2 ²³⁷ _{0,42} | 8 ⁶⁸ _{0,70} | 14 ³⁷ _{2,43} | 20 ⁴ _{1,16?} | 26 |
| Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Na ⁺ | 3 ²⁵ _{0,60} | 9 ¹⁵ _{0,52} | 15 ²⁰ _{3,10} | 21 ⁵ _{3,55} | 27 |
| Ca ⁺⁺ Na ⁺ | 4 ⁴⁶ _{0,41} | 10 ³¹ _{0,55} | 16 ²¹ _{3,18} | 22 ⁷⁴ _{6,0} | 28 ³⁴ _{135,5} |
| Mg ⁺⁺ Na ⁺ | 5 ⁶ _{0,56} | 11 ⁹ _{1,11} | 17 ⁴ _{3,34} | 23 ¹ _{6,49} | 29 |
| Na ⁺ | 6 ¹⁹ _{1,0} | 12 ²¹ _{0,74} | 18 ²⁹ _{3,34} | 24 ⁶⁴ _{12,15} | 30 ⁵⁰² _{142,8} |
| | HCO ₃ ['] | HCO ₃ ['] SO ₄ ['] | SO ₄ ['] | SO ₄ ['] Cl ['] | Cl ['] |

* Цифры в клетках обозначают номера классов, верхний индекс—число анализов, нижний индекс—среднюю минерализацию воды в г/л.

В связи с тем, что существующие классификации подземных вод, созданные на разных основах и для различных целей, лишь частично отражают наметившиеся закономерности, нами была составлена новая классификация (табл. 1)*. В основе ее положена классификация С. А. Шукарева**, получившая большую известность при систематизации минеральных вод Кавказа (табл. 2)

Таблица 2

| | | | | | | | |
|---|---|--|-------------------------------|--|-----------------|--|-------------------------------|
| Mg ⁺⁺ | 1 | 8 | 15 | 22 | 29 | 36 | 43 |
| Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ | 2 | 9 | 16 | 23 | 30 | 37 | 44 |
| Ca ⁺⁺ | 3 | 10 | 17 | 24 | 31 | 38 | 45 |
| Na ⁺ Ca ⁺⁺ | 4 | 11 | 18 | 25 | 32 | 39 | 46 |
| Na ⁺ | 5 | 12 | 19 | 26 | 33 | 40 | 47 |
| Na ⁺ Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ | 6 | 13 | 20 | 27 | 34 | 41 | 48 |
| Na ⁺ Mg ⁺⁺ | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 |
| | HCO ₃ ['] SO ₄ ^{''} Cl ['] | HCO ₃ ['] SO ₄ ^{''} | HCO ₃ ['] | HCO ₃ ['] Cl ['] | Cl ['] | Cl ['] SO ₄ ^{''} | SO ₄ ^{''} |

В анионной части составленной классификации запись находится в соответствии со сменой вод по разрезу, а именно HCO₃['], HCO₃[']—SO₄^{''}, SO₄^{''}, SO₄^{''}—Cl['], Cl[']; в катионной: Ca⁺⁺, Ca⁺⁺Mg⁺⁺, Ca⁺⁺Mg⁺⁺Na⁺, Ca⁺⁺Na⁺, Mg⁺⁺Na⁺, Na⁺. В классификации не нашли места соединения HCO₃[']—SO₄^{''}—Cl['] и HCO₃[']—Cl['] как редкие сочетания в природе (с содержанием не менее 25% мг-экв. на каждый ион). Первое сочетание в районе не встречено, а последнее встречено лишь в населенных пунктах, в участках влияния нечистот или, может быть, как частный случай, при смешении пресных вод с хлоридными водами, в участках их разгрузки. В катионной части отсутствуют Mg⁺⁺ воды, как весьма редкие в природе и не обнаруженные в Среднем Поволжье. В количествах, принимаемых в расчет при классификации, Mg⁺⁺ встречен только в сочетании с Ca⁺⁺ или с Ca⁺⁺ и Na⁺ вместе. Следует отметить, что построение катионной части, в отличие от анионной, вызвало затруднения, разрешенные пока, может быть, в первом приближении. Если исходить из верхней гидрокарбонатной зоны, отмытой от легко растворимых солей, катионы и их группы целесообразно разместить в указанном порядке, т. е. от Ca⁺⁺-ряда, через Mg⁺⁺-ряд к Na⁺. С этим, однако, не совсем согласуются другие анионные группы. Полученные же

* По нашей классификации, как и по классификации С. А. Шукарева, принимаются в расчет компоненты с содержанием не менее 25% мг-экв., считая за 100% раздельно анионы и катионы.

** Классификация С. А. Шукарева была разработана на основе классификации Кларка, главным образом, для систематизации минеральных вод Кавказа (на примере Грузии). Она дает большие возможности прогноза типов вод при смешении различных вод, что имеет широкое распространение в горных районах.

средние цифры минерализации воды, указанные в классах, в основном подтверждают правильность размещения.

Предлагаемая классификация, имеющая в своей основе проценты мг-экв., не дает абсолютных цифр минерализации воды, а представляет собою порядок смены вод по мере нарастания минерализации, т. е. от слабоминерализованных через соленые и до рассолов. Имея ввиду, что классификация содержит 30 классов, из них первые с минимальной минерализацией, а последние — с максимальной, название цифры класса уже дает представление о средних цифрах минерализации. Некоторым ориентиром в определении минерализации могут служить также приведенные в клетках средние данные. Это в принципе сближает нашу классификацию с классификацией Толстихина (3) (табл. 3) *.

Таблица 3

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|--------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----------------------|--|
| | | Na + K | | | | | | | | | | | | |
| | | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| ↑ HCO ₃ + CO ₂ | 20 | | | | | | | | | | | 11 | SO ₄ + Cl | |
| | 30 | | | | | | | | | | | 21 | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | 31 | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | 41 | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | 51 | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | 61 | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | 71 | | |
| | 90 | | | | | | | | | | | 81 | | |
| | 100 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 | 94 | 93 | 92 | 91 | | | | |
| | | | Ca + Mg + Fe | | | | | | | | | | | |
| | | ↓ | | | | | | | | | | | | |

Кроме Среднего Поволжья, классификация может найти применение также и в других районах платформы, где обнаруживаются те же закономерности распределения типов вод.

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

Поступило
15 VII 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. П. Афанасьев, ДАН, 56, № 6 (1947). ² С. А. Шукарев, Тр. Гос. ин-та курортологии, 5 (1934). ³ Н. И. Толстихин, Материалы ЦНИГРИ, № 2 (1937). ⁴ В. И. Вернадский, История природных вод, 2, ч. I, в. 2, 1934. ⁵ Н. Н. Славянов, Учение В. И. Вернадского о природных водах, 1945. ⁶ Н. Н. Славянов, Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применения, 1932. ⁷ Н. К. Игнатович, ДАН, 45, № 3 (1944). ⁸ Ф. А. Макаренко, Тр. Сочинской экспедиции АН СССР, 1939. ⁹ К. В. Филатов, Моск. о-во исп. природы, нов. сер., 8 (12), 1947. ¹⁰ F. W. Clarke, The Data Geochemistry, 1924.

* По классификации Н. И. Толстихина номер воды позволяет получить представление не только о составе воды, но и о пределах ее минерализации. Чем больше номер воды, тем должна быть большая минерализация, так как каждый последующий номер в направлении стрелки больше на 10% мг-экв. суммы компонентов в стрелке. Досадным недостатком классификации является суммарное изображение компонентов, особенно в группах сильных кислот и щелочных земель.