

Н. И. Долуханова

К вопросу о классификации природных вод и графическом изображении их состава

Различные предложения систематизации и графического выражения анализов воды многочисленны и свидетельствуют о необходимости таких наглядных изображений. Нами предлагается метод систематизации химических анализов, в основание которого положено соотношение между главными шестью компонентами химического состава вод.

Известно, что соотношение компонентов является характерным признаком различных типов воды.

Разбивка вод дается отдельно по катионному и по анионному составу, причем выделяется по 6-ти классов (I—VI для катионного состава и А—F для анионного состава). Комбинацией их образуется 36 классов или 108 подклассов.

За основу взят следующий порядок компонентов: 1) для катионов Na, Ca, Mg, 2) для анионов HCO_3 , Cl, SO_4 . Значение их берется в милливал-процентах. Классы определяются преобладающим компонентом. Так, в I и II классы выделены воды с преобладанием Na над остальными компонентами, но в I классе за Na по величине процентного содержания следует Ca, тогда как во II за Na следует Mg. В III и IV классы выделены воды с преобладанием Ca над остальными компонентами. В III классе за Ca по величине процентного содержания следует Na, а в IV классе Mg. В V и VI классы выделены воды с преобладанием Mg над остальными компонентами. В V классе за Mg по величине процентного содержания следует Na, а в VI классе—Ca.

В классы „А“ и „В“ выделены воды с преобладанием HCO_3 над остальными компонентами, но в классе „А“ за HCO_3 по величине процентного содержания следует Cl, тогда как в классе „В“ за HCO_3 следует SO_4 . В классы „С“ и „Д“ выделены воды с преобладанием Cl над остальными компонентами. В классе „С“ за Cl по величине процентного содержания HCO_3 , а в классе „Д“ следует SO_4 . В „Е“ и „F“ классы выделены воды с преобладанием SO_4 над остальными компонентами, при этом в классе „Е“ за SO_4 по величине процентного содержания следует HCO_3 , а в классе „F“ следует Cl.

Каждый класс вод, в свою очередь, подразделяется на три подкласса, изображаемых цифровым индексом внизу 1,2,3. Воды с индексом „1“—это воды, в составе которых (отдельно катионном и анионном) значительно преобладает один компонент над остальными компонентами. Воды с индексом „2“—это воды, в составе которых преобладают два компонента, разнящихся между собой на незначительную величину. Воды с индексом „3“ имеют все три компонента почти равновеликими, с небольшой разницей между ними.

Таблица 1

Компоненты химического состава вод расположены в порядке убывания их процентного содержания

Подкласс	Преобладающие компоненты	Химическая характеристика вод
К а т и о н ы		
I класс Na > Ca > Mg		
I ₁	Na	натриевые
I ₂	Na, Ca	натриево-кальциевые
I ₃	Na, Ca, Mg	натриево-кальциево-магниево-
II класс Na > Mg > Ca		
II ₁	Na	натриевые
II ₂	Na, Mg	натриево-магниево-
II ₃	Na, Mg, Ca	натриево-магниево-кальциевые
III класс Ca > Na > Mg		
III ₁	Ca	кальциевые
III ₂	Ca, Na	кальциево-натриевые
III ₃	Ca, Na, Mg	кальциево-натриево-магниево-
IV класс Ca > Mg > Na		
IV ₁	Ca	кальциевые
IV ₂	Ca, Mg	кальциево-магниево-
IV ₃	Ca, Mg, Na	кальциево-магниево-натриевые

V класс $Mg > Na > Ca$

V ₁	Mg	магниевые
V ₂	Mg, Na	магниево-натриевые
V ₃	Mg, Na, Ca	магниево-натриево-кальциевые

VI класс $Mg > Ca > Na$

VI ₁	Mg	магниевые
VI ₂	Mg, Ca	магниево-кальциевые
VI ₃	Mg, Ca, Na	магниево-кальциево-натриевые

А н и о н ы

Класс „А“ $HCO_3 > Cl > SO_4$

A ₁	HCO ₃	гидрокарбонатные
A ₂	HCO ₃ , Cl	гидрокарбонатно-хлоридные
A ₃	HCO ₃ , Cl, SO ₄	гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные

Класс „В“ $HCO_3 > SO_4 > Cl$

B ₁	HCO ₃	гидрокарбонатные
B ₂	HCO ₃ , SO ₄	гидрокарбонатно-сульфатные
B ₃	HCO ₃ , SO ₄ , Cl	гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные

Класс „С“ $Cl > HCO_3 > SO_4$

C ₁	Cl	хлоридные
C ₂	Cl, HCO ₃	хлоридно-гидрокарбонатные
C ₃	Cl, HCO ₃ , SO ₄	хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные

Класс „D“ $Cl > SO_4 > HCO_3$

D_1	Cl	хлоридные
D_2	Cl, SO_4	хлоридно-сульфатные
D_3	Cl, SO_4 , HCO_3	хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные

Класс „E“ $SO_4 > HCO_3 > Cl$

E_1	SO_4	Сульфатные
E_2	SO_4 , HCO_3	сульфатно-гидрокарбонатные
E_3	SO_4 , HCO_3 , Cl	сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные

Класс „F“ $SO_4 > Cl > HCO_3$

F_1	SO_4	сульфатные
F_2	SO_4 , Cl	сульфатно-хлоридные
F_3	SO_4 , Cl, HCO_3	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные

Все это графически изображается следующим образом.

Порядок компонентов на графике сохраняется тот же. Процентное значение их откладывается от вертикальной прямой на равных расстояниях друг от друга вправо по горизонтальной составляющей. Как видно из черт. 1, для вод I и „А“ классов ломанная линия сохраняет уклон влево, для вод II и „В“ классов образует угол вершиной налево и более длинной стороной является верхняя сторона угла. Для вод III и „С“ классов образует угол вершиной направо и длинной стороной угла является нижняя сторона. Для вод IV и „Д“ классов ломанная линия образует угол вершиной направо и длинной стороной угла является верхняя сторона. Для вод V и „Е“ классов ломанная линия образует угол вершиной налево и длинной стороной угла является нижняя сторона. Для вод VI и „F“ классов ломанная линия сохраняет уклон направо.

Воды всех классов с индексом „1“ имеют наиболее длинную ломанную линию, с индексом „2“ ломанную линию средней длины, с индексом „3“ короткую ломанную линию. Таким образом, по конфигурации пики сразу можно определить подкласс воды.

Как уже было сказано, на основании комбинации вышеуказанных подклассов выделяются 108 подклассов химического состава вод ($I_1 A_1, I_1 A_2, I_1 A_3, \dots, VI_2 F_1, VI_2 F_2, VI_2 F_3$). На графиках этого искусственно соединены пунктиром величины Mg и HCO_3 .

Попутно на этих пиках с легкостью может быть графически изображена и Пальмеровская классификация вод.

Как видно из черт. 3, „верхняя точка“ является показателем величины процентного содержания щелочей. „Нижняя точка“ является показателем величины процентного содержания сильных кислот—она получается путем опускания перпендикуляра на нижнюю горизонтальную линию из точки, определяющей величину содержания Cl с прибавлением к полученному отрезку величины SO_4 .

Известно, что в первом классе Пальмера содержание сильных кислот меньше содержания щелочей и, таким образом, прямая, соединяющая „верхнюю“ и „нижнюю“ точки, будет иметь уклон влево. Величина S_1 (первичная соленость) равна двойной величине отрезка прямой от начальной вертикали до „нижней“ точки. Величины A_1 (первичная щелочность) определяется наклоном прямой, соединяющей „верхнюю“ и „нижнюю“ точки, и равна двойной величине отрезка прямой от „нижней“ точки до перпендикуляра, опущенного из „верхней“ точки на нижнюю горизонтальную прямую. В этом случае A_2 (вторичная щелочность) определяется процентным содержанием щелочных земель и равна двойной величине отрезка прямой от начальной вертикали до так называемой „средней точки“, представляющей собой в данном случае суммарное содержание Ca и Mg.

В водах второго класса Пальмера содержание сильных кислот равно содержанию щелочей и прямая, соединяющая „верхнюю“ и „нижнюю“ точки будет строго вертикальной. Величина S_1 равна двойной величине отрезка прямой от начальной вертикали до „нижней“ точки. Величина A_2 равна двойному расстоянию от начальной вертикали до „средней точки“, но в данном случае „средняя точка“ является показателем процентного содержания слабых кислот (HCO_3).

В водах III класса Пальмера содержание сильных кислот больше содержания щелочей. Значит, прямая, соединяющая „верхнюю“ и „нижнюю“ точки будет иметь наклон вправо, при этом величина S_1 для данного случая равна двойному расстоянию от начальной вертикали до основания перпендикуляра, опущенного из верхней точки на нижнюю горизонтальную прямую. Величина S_2 (вторичная соленость) определяется наклоном прямой, соединяющей „верхнюю“ и „нижнюю“ точки, и равна двойной величине отрезка нижней прямой от основания вышеуказанного перпендикуляра до „нижней точки“. Величина A_2 равняется опять-таки двойному расстоянию от начальной вертикали до „средней“ точки. Положение „средней“ точки и в этом случае определяется процентным содержанием слабых кислот (HCO_3).

Аналогичные графические построения могут быть произведены и для IV и V классов Пальмера, но, так как воды этих классов встречаются значительно реже, на них мы не останавливаемся в настоящей статье.

Гипотетический солевой состав вод находит в пиках свое прекрасное отображение и может быть по ним легко определен на глаз, без каких-либо вспомогательных графических построений. Числовые величины содержания отдельных солей определяются самыми простыми графическими построениями—последовательным соединением катионов с анионами согласно порядку соединения их, принятому по системе Фрезениуса. Так, для вод подкласса $I_1 A_1$ (табл. 2), где Na намного больше Cl, содержание последнего откладывается на отрезке прямой, определяющем содержание Na, и величина полученного отрезка соответствует процентному содержанию соли NaCl. Отрезок прямой, соответствующий остаточному содержанию Na, т. е. Na-Cl, ввиду отсутствия в химическом составе данной воды следующего порядкового аниона SO_4 , откладывается на отрезке прямой, соответствующей процентному содержанию HCO_3 , и полученный отрезок равняется процентному содержанию в анализе соли $NaHCO_3$. Отстаток HCO_3 соединяется таким же путем с Mg и Ca. В представленных анализах (подкласс $I_1 A_1$) вод преобладает соль $NaHCO_3$, что видно непосредственно из графика и из наименования подкласса, указывающего на преобладание Na и HCO_3 над остальными компонентами.

В составе вод подкласса $I_1 C_2$ (табл. 2) преобладают соли NaCl и $Ca(HCO_3)_2$. Это ясно видно из графика и может быть доказано производством тех же построений в том же порядке. Натрия немного больше хлора и поэтому почти весь он идет на соединение с хлором. Таким образом, соль $NaHCO_3$ содержится в анализе в небольшом количестве, а значительное количество HCO_3 , почти равное содержанию Cl, идет на соединение с Mg и Ca. Ввиду довольно значительного содержания Ca следующей по процентному содержанию после NaCl является соль $Ca(HCO_3)_2$.

В водах класса $III_1 A_1$ (табл. 2), как ясно видно из графика, преобладает соль $Ca(HCO_3)_2$ при небольшом содержании соли NaCl.

В водах класса $IV_2 A_1$ (табл. 2) преобладают соли $Mg(HCO_3)_2$ и $Ca(HCO_3)_2$ при очень небольшом содержании соли $MgCl_2$ и совсем незначительном соли NaCl.

В предлагаемой нами методике отсутствует учет минерализации воды. Но если все построения основывать не на процентном содержании отдельных компонентов, а выражать их в мг-эквивалентной форме, то на пиках отразится и минерализация воды. Однако, в таком случае при сравнении между собой сильно и мало минерализованных вод могут встретиться серьезные затруднения с выбором масштаба пик. Поэтому лучше всего, в случае необходимости учета

минерализации воды, показывать ее в виде вертикального столбика слева от пикн.

Вышеизложенная методика разбивки вод применялась нами при массовой обработке анализов подземных вод Мисхано-Памбакского гидрогеологического района и дала интересные результаты.

Главным преимуществом нашей методики над существующими является более дробное подразделение вод и учет самых незначительных изменений в химическом составе, не учитываемых другими более грубыми классификациями вод. Так, нам удалось воды Мисхано-Памбакского гидрогеологического района, почти однотипные по остальным разбивкам разбить на классы и подклассы и, таким образом, установить их зависимость от вмещающих пород. Воды, приуроченные к щелочным сиенитам и к контакту лав с сиенитами, все были отнесены к подклассу $III_1 A_1$ (преобладающее значение имеют Са и HCO_3). Воды на контакте лав с кварцевыми диоритами относятся уже в большинстве своем к подклассу $III_2 A_1$, т. е. наряду с Са большое значение получает и Na. Воды, выходящие в самих кварцевых диоритах, относятся уже к подклассу $I_1 A_1$. В них Са уменьшается. Преобладают Na и HCO_3 . Воды палеозойской толщи относятся к большинству к подклассу $IV_2 A_2$, т. е. наряду с Са приобретают значение и Mg, наряду с HCO_3 и Cl.

Придерживаясь нашей методики, даже в одном подклассе вод можно по отдельным графикам проследить все малейшие колебания содержания в химическом составе вод тех или иных компонентов.

Таким образом, при кропотливом и детальном разборе химического состава вод одного небольшого района, когда есть возможность графического изображения каждого анализа, предлагаемая нами методика является наилучшей. Для массовой обработки очень большого количества анализов и сравнения между собой отдельных гидрогеологических провинций наша методика является чересчур дробной и уступает место другим, более грубым классификациям вод.

Институт Геологических Наук
Академии Наук Армянской ССР.

Подступило 11 XII 1948.

Ն. Բ. Գոյուխանյան

ԲՆԱԿԱՆ ՋՐԵՐԻ ԿԼԱՍԻՖԻԿԱՑԻԱՅԻ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ԿԱԶՄԸ
ԳՐԱՑԻԿՈՐԵՆ ԱՐՏԱՀԱՅՏԵԼՈՒ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հեղինակն առաջարկում է ջրերի կլասիֆիկացիայի և նրանց կազմը գրաֆիկորեն արտահայտելու նոր մեթոդ: Մեթոդի հիմքում զբաղված է ջրերի քիմիական կազմի 6 գլխավոր բաղադրիչ կամպոնենտների Na, Ca, Mg, HCO_3 , Cl և SO_4 -ի փոխարարերով թյունը:

Ասանձնացում է ՅՇ հիմնական դաս, գրաֆիկորեն արտահայտում են սեպի ձևով: Վերջիններիս վրա կարելի է արտահայտել միաժամանակ ջրերի կլասիֆիկացիան ըստ Պարմերի:

«Մեպերի» օգնությունը հեշտությունը կարելի է հաշվել ջրերի կլասիֆիկացիան հիպոտետիկ ազային կազմը:

Գոյություն ունեցող մեթոդների նկատմամբ առաջարկած մեթոդի առավելությունը կայանում է նրանում, որ կատարվում է ջրերի ավելի կոտորակային ենթարժանում, հաշվի են առնվում քիմիական կազմի ամենամանրան փոփոխությունները, որոնք հաշվի չեն առնվում ավելի կոպիտ ալլ կլասիֆիկացիաների դեպքում: