Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVIII, вып. 2, 1965 г.

О ГРАФИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД

И. В. Губенко, Н. И. Толстихин

Графическое изображение наиболее четко фиксирует те особенности химического состава природных вод, которые подчас не улавливают другие методы. В данной статье рассматриваются лишь некоторые способы графического изображения шести главных компонентов состава воды:

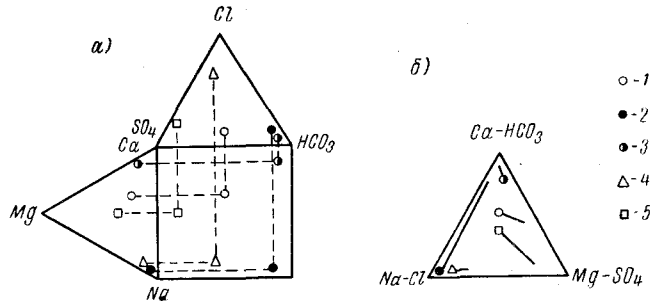


Рис. 1. Графическое изображение ионного состава вод: *а* — сдвоенная треугольная диаграмма С. А. Дурова; *б* — совмещенные треугольники анионного и катионного состава вод по И. В. Губенко.

1—5 — пробы воды, минерализация возрастает от 1 к 5; на рис. *б* эти обозначения стоят в точках, соответствующих катионам.

Ca, Mg, Na (в сумме с K), HCO, SO_4 и Cl. Одним из распространенных способов графического изображения ионного состава воды являются ионные треугольники, на одном из которых отражен катионный состав воды в эквивалент-процентах, на другом — анионный. Основной недостаток этого способа — разобщенность данных — затрудняет сопоставление анализов. Та же разобщенность показаний по анионам и катионам присуща сдвоенной треугольной диаграмме С. А. Дурова (рис. 1, *а*). Лишь квадрат этой диаграммы в какой-то мере учитывает солевой состав в целом [2].

В предложенном Н. И. Толстихиным совместном изображении ионов на одном треугольнике анионы и катионы расположены парами: Cl и Na + K, SO_4 и Mg, HCO_3 + CO_3 и Ca [7]. Однако катионы и анионы по-прежнему остались разобщенными. Позже, по предложению И. В. Губенко, точки анионов и катионов одного и того же анализа, нанесенного на совмещенный треугольник, соединялись прямой (рис. 1, *б*). Этот же принцип графических построений на совмещенных треугольниках катионного и анионного состава осуществлен также Г. Шеллером [11] и Н. В. Роговской, А. Т. Морозовым [5].

Как видно из рис. 1, достоинством нового способа является простота и наглядность. Вся информация об ионном составе воды заключена в одной фигуре и носителем ее является простой отрезок прямой — *линия ионного состава*. Это позволяет наблюдать за изменением ионного состава воды

в целом и видеть каждый анализ отдельно даже при большом их числе на диаграмме. Информационная нагрузка диаграммы может быть значительно повышена введением третьей, четвертой и т. д. групп компонентов, т. е. совмещением не двух, а большего числа треугольников. Поль-

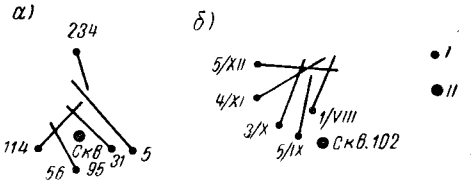


Рис. 2. Изображение с помощью графических индексов ионного состава проб воды, отобранных: *а* — с различной глубины скв. 95; *б* — при режимных наблюдениях за самоизливающей скважиной 102.

I — катионы; *II* — скважина ; 5—234 — глубина отбора пробы воды, *м*; 1/VIII—5/XII — дата отбора пробы воды.

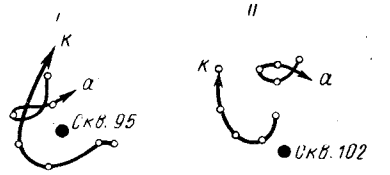


Рис. 3. Линии изменения катионного *к* и анионного *а* составов воды для водопунктов рис. 2.

Состав проб воды: *I* — с разных глубин скв. 95; *II* — в разное время года из самоизливающей скв. 102.

зуясь цветными, прерывистыми и другими линиями, можно отразить характер минерализации и химические свойства вод. Точки, соответствующие катионному составу * воды, можно оформлять в виде минерализации воды, типов водопунктов, возраста и состава водоносных горизонтов и т. п.

Такие диаграммы открывают большие возможности для картирования результатов химических анализов. Способность ионного состава воды воплотиться в одну линию позволяет наносить эти линии на карту практически в неограниченном количестве (рис. 2).

Для разгрузки карты сами треугольники снимаются, но возможность ориентировки сохраняется по-прежнему, так как центры треугольников совмещаются с местами отбора проб, а основание устанавливается параллельно восток-западной рамке карты. В связи с отсутствием координат линия ионного состава воды приобретает несколько иной смысл: она становится как бы графическим индексом химического анализа. Гидрохимическая карта таких индексов способна нести большой объем информации. Она наглядна и позволяет легко ориентироваться в самых сложных гидрохимических условиях. При отборе большого числа проб из одного водопункта целесообразно заменить ионные линии линиями изменения катионного и анионного состава воды (рис. 3). Иногда линии изменения анионного и катионного состава воды на совме-

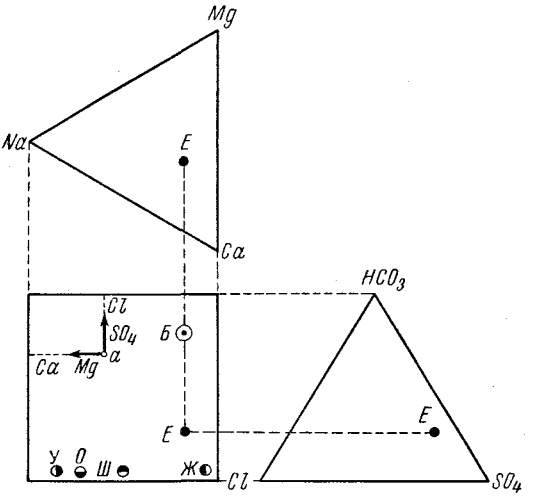


Рис. 4. Сдвоенная треугольная диаграмма-квадрат Н. И. Толстихина. *Е* — минеральный источник Ессентуки № 20.

Тип воды: *Б* — байкальский, $SO_4 > Cl$, $Ca < Mg$; *Ш* — оз. Шира, $SO_4 > Cl$, $Ca < Mg$; *Ж* — железных вод, $SO_4 > Cl$, $Ca < Fe$; *У* — усольский, $SO_4 < Cl$, $Ca > Mg$; *О* — океанский, $SO_4 < Cl$, $Ca < Mg$.

* При однородном составе катионов точками можно выделять анионы.

щенных треугольниках проводят при прослеживании смены состава вод вниз по течению рек и т. п. [8].

Другим способом графического изображения анализов воды является график-квадрат Н. И. Толстихина [6]. Объединение катионного и анионного состава воды в одной диаграмме-квадрате с помощью одной фигуративной точки могло произойти только с потерей двух переменных величин. Содержание в воде Mg %-*экв* было объединено с Ca, а хлора с сульфат-ионом. Для устранения этого недостатка Н. И. Толстихин предложил три варианта [6, 7]: 1) график, квадрат и два треугольника (рис. 4); 2) фигуративная точка анализа воды и два луча — один влево от точки в масштабе графика показывает содержание иона Mg %-*экв*, другой вверх от точки показывает содержание иона SO_4 (рис. 4, точка *а*); 3) на месте фигуративной точки условный знак, показывающий соотношение главных компонентов состава воды (рис. 4, точки *Б* — *О*).

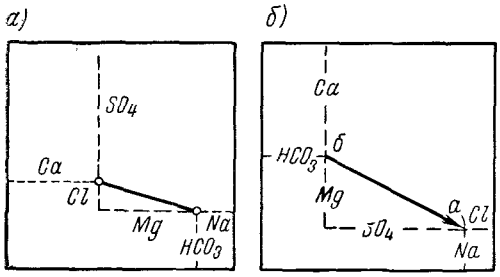


Рис. 5. График-квадрат шестикомпонентного состава воды по О. С. Джикия *а* и Л. А. Шимановскому *б*. Источник № 20 Ессентуки (сульфатный).

О. С. Джикия предложил устранить недостаток квадрата нанесением на него двух точек: точку *а* на пересечении координат Na и HCO_3 и точку *б* на пересечении координат SO_4 и Ca, и соединением обеих точек прямой [1]. Эта прямая является гипотенузой прямоугольного треугольника, катеты которого в масштабе графика отвечают содержанию ионов Cl и Mg. Изображение ионного состава минерального источника Ессентуки (источник № 20) нанесено по способу О. С. Джикия на рис. 5, *а*.

Формула источника Ессентуки № 20 по Курлову [3]

$$CO_2\, M\, 1{,}8\, \frac{SO_4\,62 HCO_3\,26 Cl\,12}{Ca\,49 Mg\,33 Na\,18}.$$

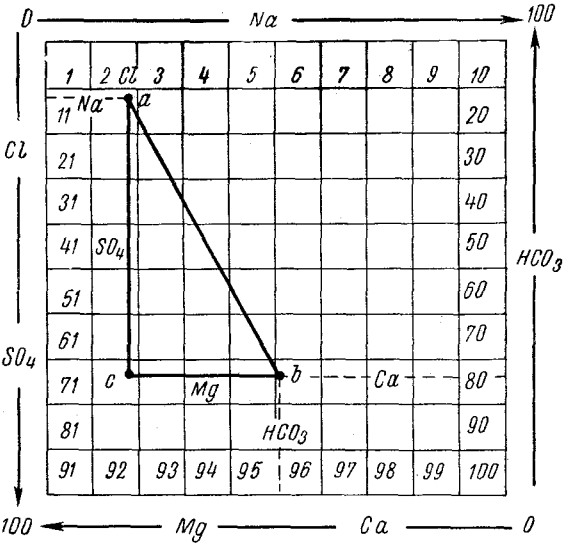


Рис. 6. График-квадрат и нумерация природных вод по шестикомпонентному ионному составу (по Н. И. Толстихину).

Квадратики, определяющие химический номер воды источника Ессентуки № 20, *а*, *b* — по новому варианту (12/76); *с* — по старому варианту (72).

Векторный способ О. С. Джикия, применяемый для изображения шестикомпонентного состава воды, несколько видоизменен Л. А. Шимановским [10]: точка *а* нанесена по координатам Cl и Na, точка *б* — по координатам HCO_3 и Ca. Тогда прямая, соединяющая точки *а* и *б*, покажет содержание SO_4 и Mg (рис. 5, *б*).

Построенный по Л. А. Шимановскому и О. С. Джикия векторный график-квадрат лишен основного указанного ранее недостатка. На нем просто и точно одной линией изображен шестикомпонентный состав, что имеет преимущество перед указанными выше тремя вариантами Н. И. Толстихина.

Векторным графиком-квадратом можно так же (как и треугольником) воспользоваться, как это предложил О. С. Джикия, для нанесения состава воды на карту. Центр квадрата следует совместить с водопунктом, а вертикальную сторону квадрата поставить параллельно северо-южной рамке карты. Тогда линия состава займет определенное положение на карте и даст точное представление о составе воды. Сам квадрат можно при этом снять для разгрузки карты (см. также сказанное выше о треугольнике).

Этот вариант графика-квадрата положен в основу новой нумерации природных вод, которая позволяет одним номером выразить шестикомпонентный ионный состав воды. Для этого график-квадрат разделяют и нумеруют слева направо и сверху вниз (рис. 6) на 100 малых квадратиков. Номер воды определяют положением точек *а* и *б* в малых квадратиках. В этом случае источник № 20 Ессентуки имеет химический номер 12/76, где числитель показывает содержание ионов хлора и натрия, знаменатель — сумму ионов хлора и сульфатов, а также натрия и магния. Оба числа позволяют определить содержание в воде всех шести компонентов с точностью до 10%-*экв* [9].

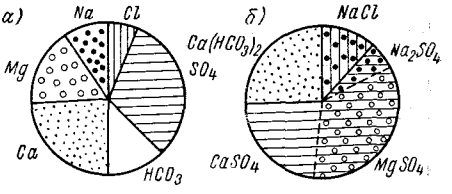


Рис. 7. Раздельное *а* и совмещенное *б* изображение химического состава воды источника Ессентуки № 20.

При графических построениях на картах и разрезах в гидрохимии используется циклограмма [6]. Эту циклограмму можно несколько усовершенствовать. В варианте 1931 г. циклограмма делилась пополам. Справа откладывали анионы, слева — катионы (см. рис. 7, *а*). Можно вначале на весь круг откладывать анионы, затем катионы. Тогда на циклограмме не только будет видно содержание анионов и катионов, но и их сочетание (солевой состав). Суть способа ясна из рис. 7, *б*. На циклограмму нанесен тот же состав, что и на рис. 5 и 6.

Желательно применить новые способы графического анализа и нумерацию вод в различных отраслях гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джикия О. С. Основные начала нового векторного метода изображения многокомпонентных систем и результаты его применения в гидрохимии (на примерах исследования некоторых вод Западной Грузии). Изд-во Груз. политехнич. ин-та, 1963.
2. Дуров С. А. Геометрический метод в гидрохимии. Ростиздат, 1959.
3. Пантелеев Н. Я. Ессентукские солянощелочные воды в системе кавказских минеральных вод. Изд-во АН СССР, стр. 177, 1963.
4. Посохов Е. В. Новые способы графического изображения результатов химического анализа вод. Гидрохимические материалы, т. XXVII, 1957.
5. Роговская Н. В., Морозов А. Т. Статистический и гидрохимический анализ влияния орошения на грунтовые воды. Изд-во «Недра», 1964.
6. Толстихин Н. И. К вопросу о графическом изображении анализов воды. Сб. «Опробование месторождений полезных ископаемых», Госгеолразведиздат, 1932.
7. Толстихин Н. И. Об основных чертах химического состава сибирских лечебных вод. Мат. по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири, вып. 6, стр. 91—116. 1935.
8. Толстихин Н. И. О пестроте химического состава воды озер Северной Монголии. Мат. по гидрогеологии Узбекистана, вып. 15, 1933, стр. 41, 50.
9. Толстихин Н. И. Второй вариант нумерации природных вод. «Геология и разведка», № 11, 1964, стр. 124—125.
10. Шимановский Л. А. Опыт применения в гидрогеологии векторного способа изображения анализов вод. Разведка и охрана недр, № 9, 1963, стр. 55—57.
11. Schoeller H. Les Eaex souterraines. Paris, p. 319, 1962.