

К. В. ФИЛАТОВ

## К ВОПРОСУ О ГРАФИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ ВОДЫ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 9 VIII 1947)

Способов графического изображения анализов воды существует очень много. Среди гидрогеологов широкой и вполне заслуженной популярностью пользуется график Роджерса. Несмотря на свою наглядность и простоту, он имеет, однако, существенный недостаток: в нем не принимается во внимание общая минерализация воды. Поэтому различно минерализованные воды могут попадать в один пальмеровский класс и не иметь отличий по графику. Массовое изображение анализов через этот график также затруднительно.

Неменьшей популярностью пользуется квадрат Толстихина, в котором каждая точка анализа характеризуется четырьмя векторами и каждый анализ воды характеризуется миллиграмм-эквивалент-процентным содержанием щелочей, щелочных земель, сильных кислот и слабых кислот. Но и в этом графике нет указаний на минерализацию воды. Кроме того, не даются отдельно радикалы сильных кислот ( $\text{SO}_4''$  и  $\text{Cl}'$ ) и радикалы щелочно-земельных металлов ( $\text{Ca}\cdot\cdot$  и  $\text{Mg}\cdot\cdot$ ), что мешает определению типов вод сульфатных и хлоридных, кальциевых и магниевых. Выделение же указанных компонентов стало насущной потребностью.

Мы предлагаем график-квадрат, в котором значение сульфат-иона и хлор-иона, а также кальция и магния дано отдельно. На нашем квадрате четко выделяются, кроме основных типов вод, также переходные и смешанные. Аналогично квадрату, анализы вод можно нанести и на график-ромб, составленный из двух треугольников Фере. В дополнение к квадрату и ромбу, не отражающим, как и квадрат Толстихина, концентрации солей, мы даем график-круг, в котором учитывается и общая минерализация воды.

Квадрат диагонально разделен на два треугольника (рис. 1). В левом наносятся анализы по анионам, в правом — по катионам. В левом треугольнике квадрата, стороны которого и высота разделены на 50 равных частей по числу составляющих анализ процентов анионов, по абсциссе откладывается радикал хлора; по ординате снизу вверх — радикал гидрокарбоната и по высоте от основания ее к углу откладывается радикал сульфата. Пересечение перпендикуляров к сторонам треугольника из мест, соответствующих содержанию радикалов  $\text{Cl}'$  и  $\text{HCO}_3'$ , дает в треугольнике анионов точку анализа, перпендикуляр из которой на высоту определяет величину содержания  $\text{SO}_4''$ . Совершенно аналогично, как в зеркальном отображении, размещаются в правом треугольнике катионы: сверху вниз по ординате откладывается натрий; по абсциссе справа налево — кальций, и по высоте треугольника — магний.

Таким образом, в левом нижнем углу квадрата выделится чистый тип сульфатных вод с преобладающим ионом не меньше 33%, а напротив, в верхнем правом — чистый тип магниевых вод. В верхнем левом углу квадрата выделяются два малых треугольника с типами вод гидрокарбонатных и кальциевых, а в нижнем правом углу два малых треуголь-

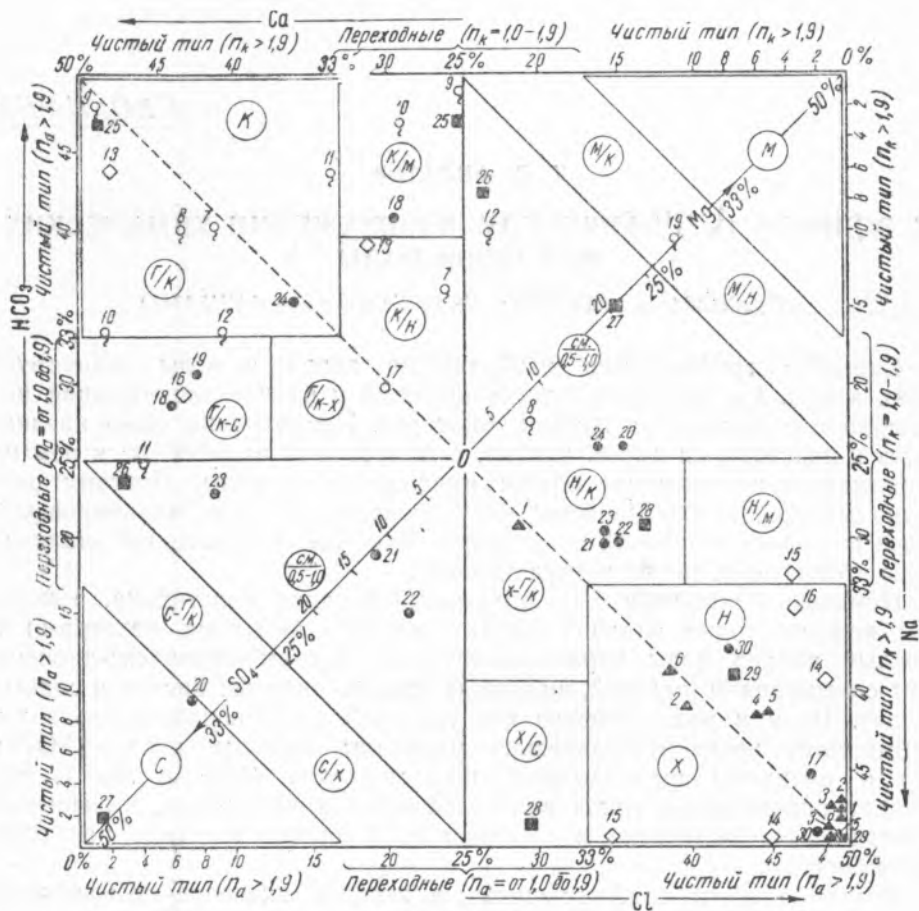


Рис. 1. График-квадрат. Обозначения см. рис. 3

ника — с чистыми типами хлоридных и натриевых вод. В трапециях между 33 и 25% размещаются анализы вод переходного типа, и точки смешанных типов вод меньше 25% преобладающего иона окажутся в центральном треугольнике квадрата.

Аналогично строится график-ромб из двух треугольников Фере. Анионы распределяются по сторонам левого треугольника по часовой стрелке, катионы — по сторонам правого треугольника. Тогда анализы гидрокарбонатно-кальциевых вод окажутся в верхнем малом ромбе, анализы хлоридно-натриевых вод — в нижнем, а анализы сульфатных и магниевых вод — в двух противоположно расположенных малых треугольниках ромба (см. рис. 2 на вклейке). График-ромб привлекает своей симметричностью, но наносить точки анализов и читать их труднее, чем по графику-квадрату.

Возьмем для примера несколько анализов известных источников. Кисловодский нарзан имеет 28,7 мг-эвк.‰ аниона гидрокарбоната, 15,4‰ сульфата и 5,9‰ хлора (табл. 1). Преобладающим анионом будет гидрокарбонат. На наших графиках под № 18 анализ займет место в

К ст. К. В. Филатова к стр. 92

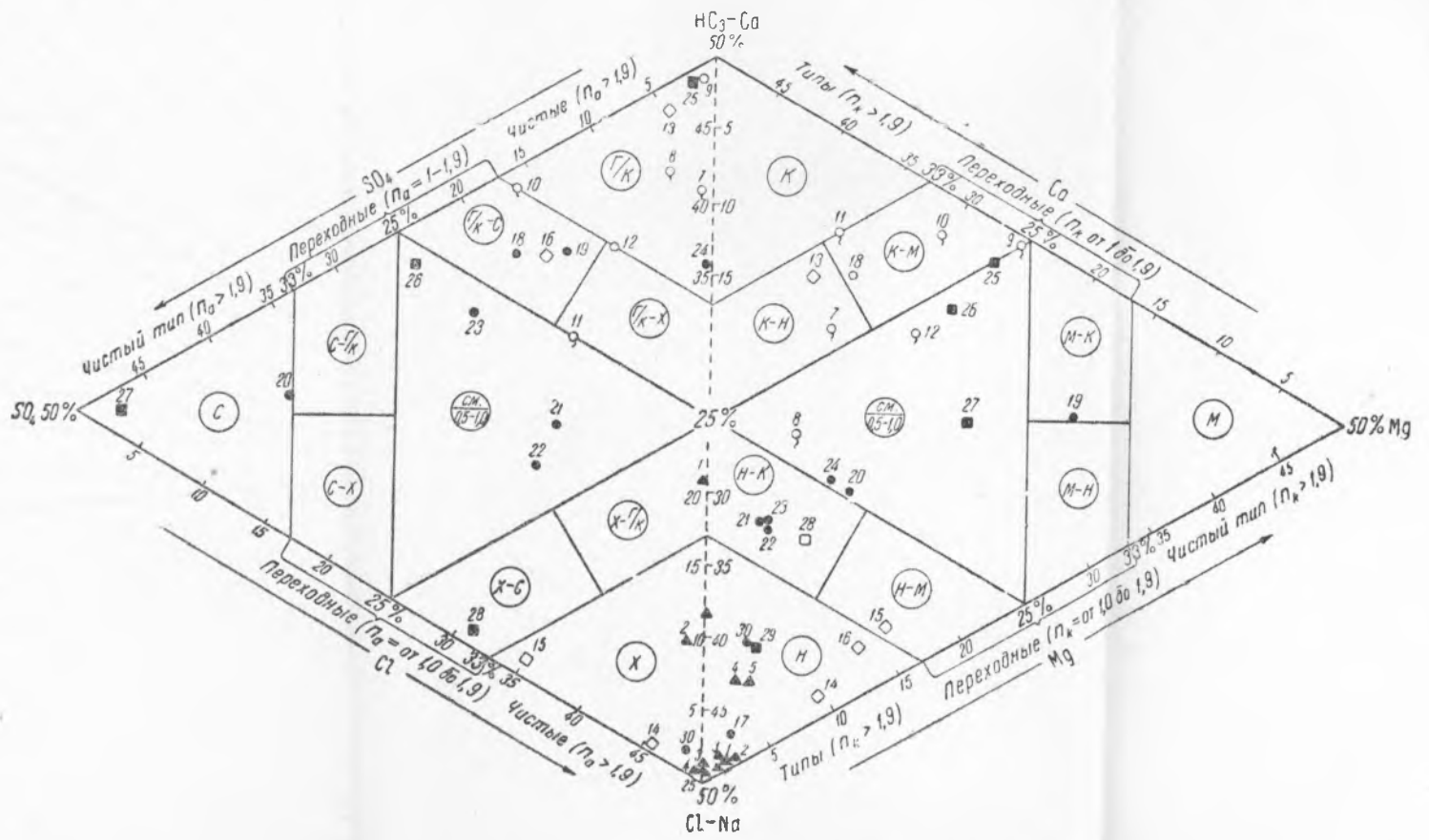


Рис. 2. График-ромб. Обозначение см. рис. 3

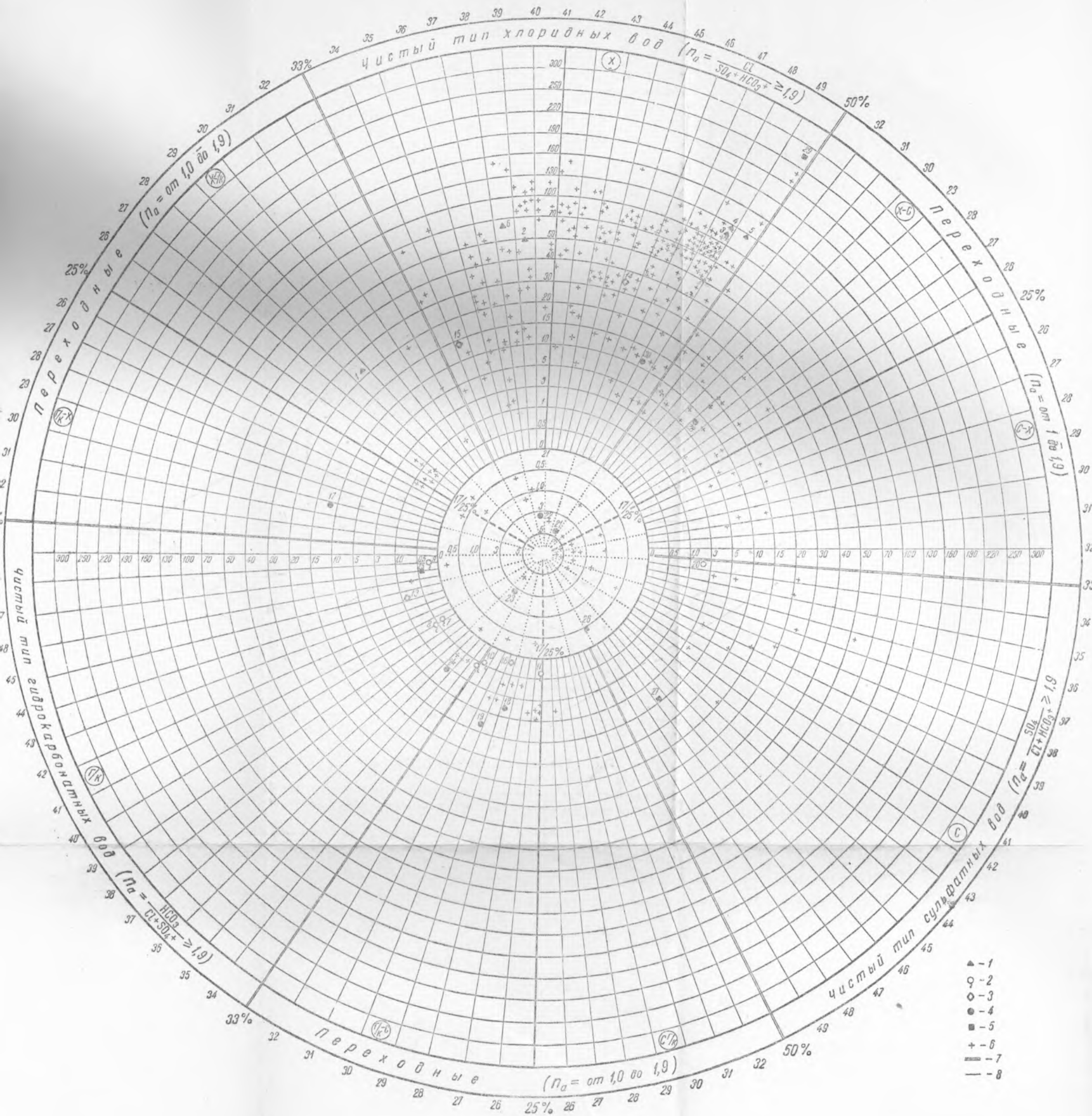


Рис. 3. График-круг. 1 — анализ вод нефтяных месторождений; 2 — анализ вод из источников Самарской Луки; 3 — анализ поверхностных вод; 4 — анализ минеральных вод; 5 — анализ вод Подмосквой котловины по вертикали; 6 — анализ вод ю.-в. Шарвани; 7 — границы чистых типов вод; 8 — границы смешанных и переходных типов вод. Г/К — гидрокарбонатные воды, С — сульфатные воды, X — хлоридные воды, C/M — смешанные воды, K — кальциевые воды, M — магниевые воды, H — натриевые воды. Коэффициенты по преобладающему аниону ( $n_a$ ) или катиону ( $n_k$ ) смешанного (0,0 — 1,0), переходного (1,0 — 1,9) или чистого ( $> 1,9$ ) типов воды

левой верхней трапеции среди переходных гидрокарбонатно-сульфатных вод. Из катионов преобладающим будет кальций, равный 29,5%, и тип воды также переходный кальциево-магниевый. Эссентукский источник № 20 по нашей классификации окажется сульфатным чистого типа, а по катионам — смешанный. Вода нижнего карбона из Ордынской скважины (№ 26) и по анионам и по катионам — смешанного типа. Наконец, мацестинская вода № 30 будет чистого хлоридно-натриевого типа.

Таблица 1

	№ 18 Кисло- водск. нарзан	№ 20 Эссентуки, ист. № 20	№ 26 Ордынск. скв., С <sub>1</sub>	№ 30 Ст. Маце- ста, скв. 4	
Сухой остаток в г/л . . . . .	2,23	2,62	0,500	10,968	
% эквива- лентный состав	Cl <sup>-</sup> . . . . .	5,9	7,25	2,5	48,26
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	15,4	33,35	24,0	0,02
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . . . . .	28,7	9,4	23,5	1,72
	Ca <sup>++</sup> . . . . .	29,5	14,6	23,7	7,8
	Mg <sup>++</sup> . . . . .	11,3	11,2	18,6	3,5
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> . . . . .	9,2	24,2	7,7	38,7	
Козф. по преобл. аниону . . . . .	1,3	2,0	0,92	27,8	
Тип воды . . . . .	г-к-с	г-к-с	с-г/к-х	х	

График-круг состоит из ряда concentрических окружностей, вписанных один в другой на равных расстояниях (рис. 3). Пятая окружность, считая от центра, принимается за нулевую и отделяет смешанные воды от чистых и переходных типов, размещенных по секторам. Вся плоскость окружностей разбивается на три равных сектора. В каждом из них в центре выделяется малый сектор для чистого типа вод и по сторонам — два меньших сектора для переходных типов вод. Каждая из окружностей разделена на 99 равных частей, отвечающих сумме мг-экв.‰ анионов или катионов, принятых за 100. Проценты ставятся на внешнем круге по часовой стрелке, от 33 до 50% для чистого типа вод и от 25 до 33% для переходных. Воды смешанные размещаются во внутреннем малом круге в процентах от 17 до 25 (см. рис. 3 на вклейке). Сухой остаток в граммах на литр наносится по окружностям от нулевой к центру и к периферии\*.

Приведем пример. Требуется нанести на график-круг точку анализа мацестинской воды № 30. Сухой остаток воды равен 10,97 г. Тип воды хлоридный. От нулевой окружности к периферии в секторе чистого хлоридного типа находим окружность, соответствующую величине сухого остатка в граммах, и затем, передвигаясь вправо, отыскиваем радиус, отвечающий 48,26%, т. е. содержанию хлора в воде. Полученная точка и будет искомой.

Таким образом, на квадрате и ромбе двумя точками характеризуются по главным анионам и катионам все типы вод, переходы между ними и смешанные воды. На круге отражается минерализация подземных вод.

Предлагаемые графики дают наглядное представление о химическом составе воды с отдельным определением содержания каждого из шести главных солевых компонентов; дают возможность нанести очень большое количество анализов, позволяя гидрохимически характеризо-

\* Градация величин сухого остатка по окружностям и нулевая окружность могут меняться в зависимости от характера документируемого материала.



вать целые провинции по отдельным компонентам и по степени минерализации, и создают представление о соотношении анионного и катионного распределения в подземных водах. Подобная характеристика особенно наглядна и полезна при использовании материалов стационарных наблюдений режимных станций Союза, в которых собираются данные анализов, многолетние и по сезонам.

Как пример гидрохимической характеристики целой провинции сошлемся на график-круг с точками анализов грунтовых вод юго-восточной Ширвани Кура-Араксинской низменности (рис. 3, крестики). При одном взгляде на график бросается в глаза подавляющее распространение хлоридного типа вод с высокой минерализацией, сульфатных вод мало, а гидрокарбонатные — в ничтожном количестве. Минерализация сульфатных вод свыше 4—5 г/л указывает на присутствие в водах значительного количества глауберовой соли.

Поступило  
9 VIII 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. И. Толстихин, К вопросу о графическом изображении анализов воды, 1931. <sup>2</sup> К. В. Филатов, Тр. об-ва исп. природы, в. 8 (12) (1947). <sup>3</sup> Н. Н. Славянов, Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применение, 1932.