

ГЕОФИЗИКА

К ВОПРОСУ О ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

Матевосян А.К.

*Институт геологических наук НАН РА
0019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,
E-mail: arshak.matevosyan@yandex.ru
Поступила в редакцию 16.01.2020*

В статье рассмотрены особенности графической визуализации результатов трехкомпонентных систем; приведены принципы оптимальной классификации данных по основным параметрам и характеристикам; проанализированы и предложены эффективные градации при отображении экспериментальных данных с применением график-треугольников. На конкретном примере показана необходимость обоснованного графического представления и анализа таких многокомпонентных систем.

В настоящее время решающее значение придается больше визуализации данных экспериментальных исследований в разных областях науки и техники. Объективное наглядное представление сложных явлений и сред агрегатов зачастую играет решающую роль в изучении различных многофакторных процессов. Очевидно, что неверно обоснованная и примененная классификация данных наблюдаемых (*определяемых*) свойств среды и протекающих в ней процессов зачастую приводит к получению непригодных исходных данных, неприемлемым результатам и абсурдным обобщениям, и в итоге к информации, не находящей дальнейшего применения.

Важное место визуализации практически на всех стадиях электроразведочных исследований (*в процессе измерений, обработки, сопоставления и интерпретации большой совокупности данных, полученных разными методами и модификациями*) уделено и в наших предыдущих работах. При этом, особую важность в процессе обработки и интерпретации электроразведочных данных приобретает представление характера проявления различных основных пространственных и амплитудно-временных векторных и тензорных параметров исследуемых электрических полей с применением сложных многоэлектродных установок измерений с различными системами возбуждения искусственного электрического поля (Электроразведка, 1989; Матевосян, 1999; 2003¹; 2003²; 2017). Рациональный комплекс графической иллюстрации основных интерпретируемых пространственно-

временных зависимостей зачастую играет определяющую роль для объективного более достоверного объяснения протекающих в геологической среде сложных физико-химических процессов. В частности, такой методический (*системный*) подход применен в (Матевосян, 2017) на разных этапах детализации векторных измерений: построение кривых дифференциальной (*первой производной переходной характеристики вызванной поляризации по логарифму времени*) кажущейся поляризуемости, диаграмм векторов плотности тока, напряженностей первичного и вторичного электрических полей, временных диаграмм компонентов тензора кажущейся поляризуемости, круговых временных диаграмм, разверток диаграмм различных параметров **кажущегося сопротивления (КС)** и **кажущейся поляризуемости (КП)**.

Использование и сопоставление разнообразного графического материала позволили выявить и показать, что в ряде случаев круговые диаграммы параметров КС и КП не однозначно характеризуют двухмерный тензор второго ранга КС и КП (*в частности, при исследовании магнитотеллурического поля – четырехкомпонентная система*), и для устранения отмеченной неоднозначности (*с целью эффективной интерпретации динамики измененных электрических полей и параметров*) предлагается особый способ визуализации – построение отрезков с координатами компонентов соответствующих тензоров (Матевосян, 2000²). В способе исследования вариаций геомагнитного поля (Матевосян, 2000¹), заключающемся в определении трехмерного тензора второго ранга нормированного кажущегося электрического сопротивления (*девятоккомпонентная система*), представлен другой специфический способ визуализации, способствующий сопоставлению полученных данных по результатам трехкомпонентных измерений за три цикла наблюдений и с применением различных пунктов наблюдений (*путем построения «пространственных треугольников»*). Следует подчеркнуть, что указанные графические построения отражают и имеют конкретный физический смысл – необходимое условие при обосновании правильности, логичности, объективности и эффективности примененного способа визуализации.

В настоящей статье рассмотрены особенности графического способа представления результатов трехкомпонентных систем (*сумма значений всех трех компонентов принимается равной 100%*). Приведены принципы оптимальной классификации данных по основным параметрам и характеристикам, а также проанализированы и предложены эффективные градации при отображении экспериментальных данных с применением график-треугольников. На конкретном примере (*результатах гидрохимических исследований минеральных вод Армении*) показана необходимость и особая важность визуализации и анализа таких многокомпонентных систем.

Предлагаемый выбор классификации (*систематизации*) данных многокомпонентной системы наблюдений основывается на критериях оптимальной градации при решении конкретно поставленной задачи и

определения систематической методической погрешности компонентов с учетом уровня помех (*природных естественно-вариационных, искусственно-вызванных, техногенных искажающих факторов*). Основными параметрами и характеристиками различных (*известных и предлагаемых*) градаций (*разделений, расчленений*) график-треугольника при изучении трехкомпонентной системы являются (*следует считать*): количество секторов (*фрагментов*) и узлов, количество стыков (*контактов*) секторов в каждом узле, форма (*изометрия*) и относительная площадь (*нормированная по величине всей площади график-треугольника*) каждого сектора, диапазоны изменения каждого компонента в разных секторах. Ниже рассмотрим варианты градаций график-треугольника с параллельным представлением на конкретном примере трехкомпонентной системы: при классификации минеральных вод Армянской и химическому составу (Геология Армянской ССР, том IX, 1969).

Различные градации график-треугольника изображены на рис. 1, а в табл. 1 и 2 приведены основные характеристики каждого сектора разных конфигураций (*известных и предлагаемых*) разделений график-треугольника. В настоящее время простая градация график-треугольника (*4 сектора, включая смешанный*) известна при классификации химического состава подземных вод (Богомолов, 1975) (рис.1а), достаточно грубая, мало информативная, которая скорее всего носит иллюстрационный («*символический*») характер (Гидрогеология СССР, 1968, том XI, Армянская ССР). Известна также чрезмерно-детальная градация (*25 секторов*) (Ланге, 1969) (рис.1б), однако в ней присутствуют «мелкие» области неоднозначно-выделяемых смешанных типов (*9 секторов*), что служит веским аргументом не в пользу эффективности применения такой расчлененной классификации.

Общепризнанная химическая классификация природных (*подземных*) вод основана на формуле М.Г. Курлова, по которой (*в зависимости от выбора величины эквивалентного состава ионов (анионов – HCO_3 , Cl , SO_4 и катионов – Ca , $\text{Na}+\text{K}$, Mg): больше 10 или 20%*), которая в виде градации график-треугольника представлена рис. 1в или 1г, соответственно. Однако, при этих градациях не выделяется центральный смешанный сектор (*область переходного химического состава*), что является существенным недостатком такой классификации. С целью теоретического обоснования необходимости выделения в график-треугольнике переходной (*смешанной*) области между центральными секторами (*ввиду возможно такого естественного проявления результатов исследований, в частности, гидрохимизма подземных вод*), рассмотрим случай практически равных содержаний компонентов трехкомпонентной системы *ABC* при погрешности определений равной 2%: (*A, B, C*)= $33\pm 2\%$ или $A+B+C=100\%$ – область центрального узла градации график-треугольника (рис. 1в, 1г), в котором стыкуются (*контактируют*) 6 внутренних секторов: *ABC, ACB, BAC, BCA, CAB и CBA* (*в частности, для типичного смешанного анионного состава воды – HCO_3 , Cl и SO_4*). Нетрудно представить, что в рас-

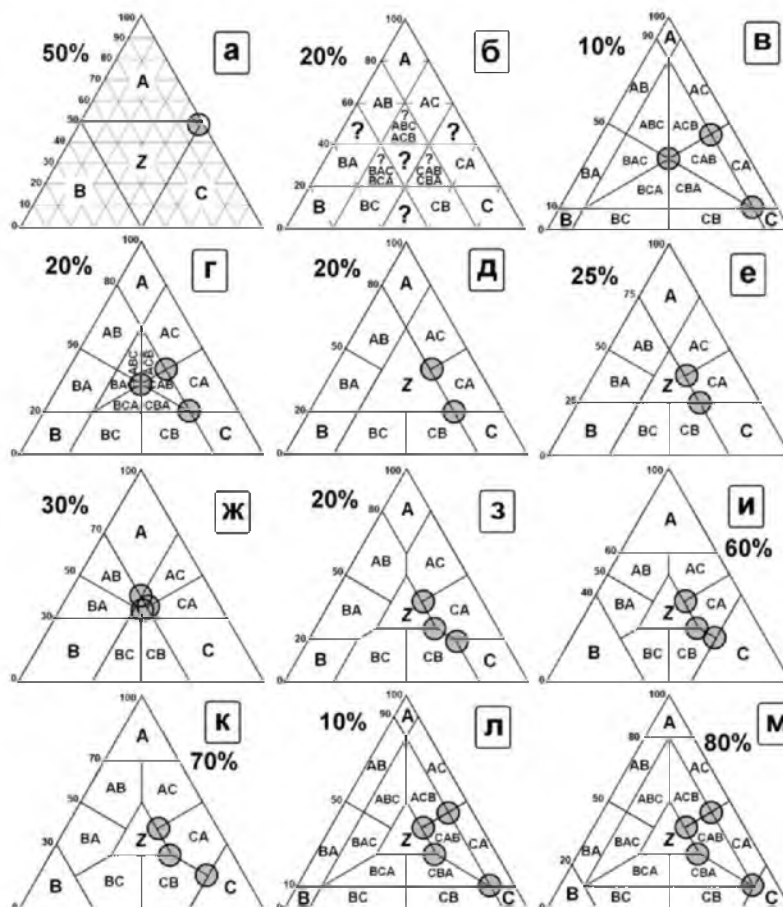


Рис.1. Различные градации график-треугольника с отмеченными узлами (затемненные кружки) при погрешности экспериментальных исследований трехкомпонентной системы *ABC* равной $\pm 5\%$.

Применяемые: а – рассмотренная в (Богомолов Г.В. 1975), 4 сектора; б – представленная в (Ланге О.К. 1969); в – согласно классификации, представленной в (Гидрогеология СССР. 1968. том XI. Армянская ССР), 15 секторов; г – согласно классификации (Геология Армянской ССР. том IX. 1969. Минеральные воды), 15 секторов. Предлагаемые: с присутствием переходного (смешанного) сектора: 10 секторов – д, е, ж, комбинированные – з, и, к; 16 секторов – комбинированные: л, м.

в рассмотренном случае полученные результаты можно причислить к любому из перечисленных шести секторов, что в итоге приводит к абсурдному заключению. Это обстоятельство однозначно диктует необходимость выделения нереходной области (*Z*) в центральной части график-треугольника. Такой градации, в некоторой степени, соответствует применяемый график-треугольник рис. 1а (Богомолов, 1975). Однако согласно этой градации, к смешанному типу относятся находящиеся в области граничных (внешних) узлов данные: например, при $(A, B, C) = (49\%, 48\%, 3\%)$ при погрешности исследований $\pm 5\%$, с чем естественно нельзя согласиться, поскольку в данном случае имеем явно выраженное доминирование двух компонентов над третьим (соответствие «внешним» типам *AB*, *AC* или

ВС, а не «внутренним» **ABC**, **ACB**, **BAC**, **BCA**, **CAB** или **CBA**, при градациях рис.1в или 1г). В итоге, эта градация, несмотря на свою простоту при классификации экспериментальных данных (всего 4 сектора), в области узлов приводит к неудовлетворительному результату: к неопределенности при причислении данных к конкретному классу (*типу*); н тем самым требует дополнительной детализации.

Таблица 1

Интервалы изменения составляющих трехкомпонентной системы
при различной градации график-треугольника.

Рис.1	компоненты	сектор графика-треугольника			
		А	AB	ABC	Z
		интервал изменения, %			
а	А	> 50	–	–	< 50
	В	< 50			< 50
	С	< 50			< 50
в	А	> 80	45 – 90	33.3 – 80	–
	В	< 10	10 – 50	10 – 45	
	С	< 10	< 10	10 – 33.3	
г	А	> 60	40 – 80	33.3 – 60	–
	В	< 20	20 – 50	20 – 40	
	С	< 20	< 20	20 – 33.3	
д	А	> 60	40 – 80	–	20 – 60
	В	< 20	20 – 50		20 – 60
	С	< 20	< 20		20 – 60
е	А	> 50	37.5 – 75	–	25 – 50
	В	< 25	25 – 50		25 – 50
	С	< 25	< 25		25 – 50
ж	А	> 40	35 – 70	–	30 – 40
	В	< 30	30 – 50		30 – 40
	С	< 30	< 30		30 – 40
з	А	> 60	37.5 – 80	–	25 – 50
	В	< 20	20 – 50		25 – 50
	С	< 20	< 25		25 – 50
и	А	> 60	37.5 – 60	–	25 – 50
	В	< 40	20 – 50		25 – 50
	С	< 40	< 25		25 – 50
к	А	> 70	37.5 – 70	–	25 – 50
	В	< 30	15 – 50		25 – 50
	С	< 30	< 25		25 – 50
л	А	> 80	45 – 90	37.5 – 80	25 – 50
	В	< 10	10 – 50	10 – 45	25 – 50
	С	< 10	< 10	10 – 25	25 – 50
м	А	> 80	45 – 80	37.5 – 80	25 – 50
	В	< 20	10 – 50	10 – 45	25 – 50
	С	< 20	< 10	10 – 25	25 – 50

Таблица 2

Величины относительных площадей секторов (фрагментов)
при разной градации график-треугольника.

Рис. 1	сектор графика-треугольника			
	A	AB	ABC	Z
	относительная площадь, %			
а	25	–	–	25
в	2	7.5	8.17	–
г	8	10	2.67	–
д	8	10	–	16
е	12.5	9.375	–	6.25
ж	18	7.5	–	1
з	8	11.625	–	6.25
и	16	7.625	–	6.25
к	9	11.125	–	6.25
л	2	7.5	7.125	6.25
м	4	6.5	7.125	6.25

Сопоставление расчленений график-треугольника при классификации (дифференциации) трехкомпонентной системы, при котором считается значным (представительным) присутствие\наличие компонента более 10% (рис.1в) и 20% (рис.1г), соответственно, показывает, что увеличение внешних секторов за счет внутренних (при переходе с 10% на 20% согласно (Геология Армянской ССР. том IX. 1969. Минеральные воды)), судя по рис.1 и табл.1 и 2, вполне логично и оправдано, поскольку при этом в целом значительно уменьшается относительная площадь внутренних (менее «однозначных») секторов (табл.2), что в итоге приводит к снижению степени (уровня) неопределенности при дифференциации результатов, характеризующихся средними (соразмерными) величинами трех компонентов.

На рис.1д изображена упрощенная градация (10 секторов), чем-то похожая на рис.1г, однако в ней шесть выше рассмотренных внутренних сектора объединены в один: центральный переходной (Z). Аналогичные градации при разных параметрах представлены на рис.1е и 1ж (также 10 секторов). В этих модификациях, в узлах сетки сходятся 3 или 4 сектора, что несомненно говорит о существенной рациональности такой градации по сравнению с рис.1в и 1г (15 секторов). Однако нетрудно заметить, что при относительно малой величине (сравнимой с точностью исследований) центрального переходного сектора (рис.1ж), такую градацию также нельзя считать оптимальной, поскольку сектор Z практически не позволяет уверенно разделять смежные с ним сектора, т.е. не выполняет предназначенную ему основную функцию. С учетом выше рассмотренного, на рис.1з предлагается комбинированная (с использованием фраг-

ментов диаграмм рис.1д и 1е) градация график-треугольника (10 секторов), при которой все узлы сетки образованы на стыках только трех секторов, что безусловно эффективно уменьшает области неоднозначной трактовки данных. Несколько видоизмененные комбинированные градации приведены на рис.1и и 1к (также 10 секторов и с присутствием центрального переходного). На рис.1л и 1м изображены более детальные градации диаграммы рис. 1в с добавлением центрального смешанного (итого 16 секторов), но считать их эффективными при погрешности исследований порядка 5% (Геология Армянской ССР. 1969; Гидрогеология СССР. 1968; Халатян и др., 2004)) нет оснований, поскольку излишняя необоснованная детализация график-треугольника приводит к смысванию предусматриваемых существенных различий между отдельными смежными классами и в целом к нерациональной дифференциации данных между практически мало отличающимися типами/ подтипами. Однако, судя по величинам относительных площадей разных секторов график-треугольника (табл.2), такие дифференциации могут быть применены и быть вполне эффективны при погрешности не более 2%.

Таким образом, основываясь на вышеприведенных критериях и основных параметрах (характеристиках) градации трехкомпонентной системы (рис.1 и табл.1 и 2) к оптимальным раздроблениям график-треугольников в настоящее время при изучении минеральных вод Армении можно отнести рис.1з и 1к (по 10 секторов).

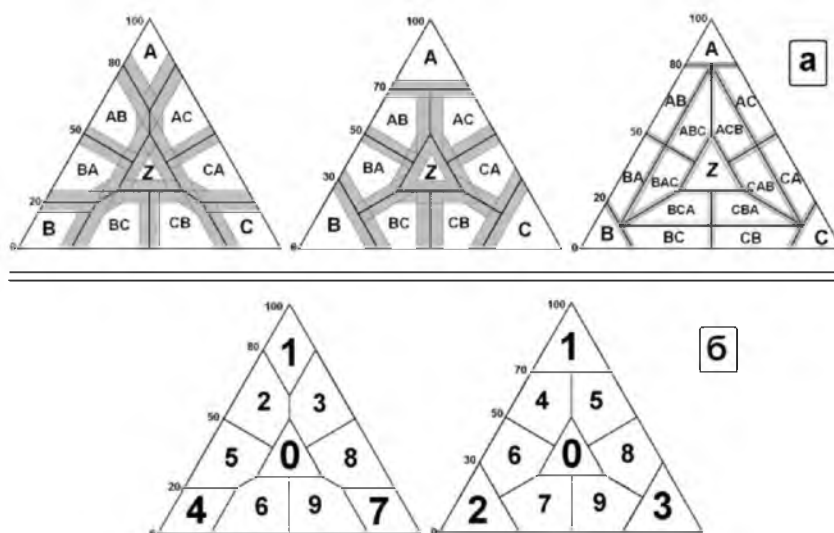


Рис.2. Предлагаемые варианты равносторонней градации график-треугольника при погрешности экспериментальных исследований равной $\pm 5\%$ (10 секторов, согласно рис.1з и 1к) и $\pm 2\%$ (16 секторов, рис.1м) с затемненными зонами неоднозначности (а) и примеры условной цифровой нумерации секторов график-треугольника при десятичной классификации трехкомпонентной системы (б).

На рис.2а изображены комбинированные градации (также 10 секторов с присутствием центрального – переходного и всех узлов, образованных на стыках только трех секторов – рис.1з и 1к) с затемнением зои неоднозначности (при погрешности исследований $\pm 5\%$), которые можно рекомендовать при классификации химического (анионного и катионного) состава минеральных вод Армении: $10 \cdot 10 = 100$ типов (вместо применяемых, на наш взгляд необоснованно детализированных, $15 \cdot 15 = 225$ (Геология Армянской ССР. 1969)). Примечательно, что площадь отмеченных зон равна приблизительно половине площади каждого сектора и в целом график-треугольника, что очень важно и вполне удовлетворительно при такой высокой погрешности. Очевидно, что более детальная градация (в частности, 15 секторов) приводит к существенному увеличению зон неоднозначности, и в итоге, к иррациональной классификации данных. На рис. 2б предложены варианты нумерации секторов график-треугольника (цифровая классификация – десятичная градация), удобные при компьютерной обработке и интерпретации данных.

В табл.3 приведена 225 типовая классификация минеральных вод Армении (Геология Армянской ССР. 1969) с обозначением выявленных

Таблица 3

Приведенная в (Геология Армянской ССР. том IX. 1969. Минеральные воды) классификация минеральных вод Армении (57 типов) по основным ионным концентрациям (на основе 225 типовой классификации, в соответствии представленному график-треугольнику на рис.1г). Знаками «-», «+» и «±» обозначены типы смешанного (анионного, катионного и одновременного анион-катионного, соответственно) химического состава минеральных вод.

225 ТИПОВ				катионы															
				Ca				Na				Mg							
				Na	Na	Mg	Mg	Ca	Ca	Mg	Mg	Ca	Ca	Na	Na				
					Mg	Na			Mg	Ca			Na	Ca					
анионы	HCO ₃																15		
		Cl															9		
		Cl	SO ₄	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	0
		SO ₄	Cl	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	5
		SO ₄																10	
	Cl																	2	
		HCO ₃																3	
		HCO ₃	SO ₄	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	0
		SO ₄	HCO ₃	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	0
		SO ₄																0	
	SO ₄																	4	
		HCO ₃																5	
		HCO ₃	Cl	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	1
		Cl	HCO ₃	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	-	-	±	±	-	0
		Cl																3	
				4	6	3	2	5	8	8	4	4	8	1	1	1	1	1	57
				20				32				5							

Таблица 4

Классификация приведенных в (Геология Армянской ССР. том IX. 1969. Минеральные воды) данных минеральных вод Армении по основным ионным концентрациям (в присутствии смешанного сектора – 100 типовая классификация) в соответствии представленному график-треугольнику на рис.1д (47 типов).

100 типов			катионы										
			Ca			Na			Mg				Z ⁺
			Na	Mg		Ca	Mg		Ca	Na			
анионы	HCO ₃										10	24	
		Cl									7		
		SO ₄									7		
	Cl										2	5	
		HCO ₃									3		
		SO ₄									0		
	SO ₄										4	12	
		HCO ₃									5		
		Cl									3		
	Z											6	6
			4	6	5	8	8	8	1	1	1	5	47
			15			24			3			5	

типов источников (всего 57 типов) (градуация рис.1г), а в табл.4 эти же данные перегруппированы в 100 типовую классификацию (итого 47 типов) (градуация рис.1е). Выделенные центральные прямоугольники (36 подтипов, обозначенные «±» – табл.3) соответствуют области смешанного анион-катионного состава. Примечательно, что последние объединены в один смешанный тип – Z Z⁺ (табл.4). Также обратим внимание (табл.4), что из 47 обнаруженных типов – 10 с содержанием химических компонентов смешанного (анионного и/или катионного) составов можно в определенной мере считать высоким уровнем неоднозначности, однако нетрудно представить, что применение рекомендуемых градаций (рис.1з и 1к вместо рис.1д) существенно понизит указанный уровень (поскольку при этом величина относительной площади смешанного\переходного сектора уменьшится в 2,5 раза – табл.2). Таким образом, в данном случае (при достаточно большой погрешности исследований) отказ от излишне расчлененной (детальной) классификации не приводит к потере важной информации, а наоборот, повышает достоверность результатов и значительно упрощает различные манипуляции в процессе обработки, визуализации, интерпретации и геологическом истолковании исходного полевого материала.

Приведенные на рис.1 все градации график-треугольника являются симметричными (равносторонними, предусмотренными для представления равносильных компонентов), однако в зависимости от исследуемого процесса не исключается и асимметричное (неравностороннее) разделение с особым выделением требуемого одного компонента. С целью одно-

временной иллюстрации надежности каждого определения (измерения), целесообразно изображение данных на график-треугольнике выполнять «прозрачными» или «окрашенными» значками (принятыми условными обозначениями, характеризующими результаты по дополнительным специфическим параметрам) размером, соответствующим погрешности исследований. Это позволит максимально повысить объективность сопоставления разнохарактерных данных, полученных как при разной точности исследований, так и отличающихся по существу изучаемого процесса. Например, по времени – выявив динамику изменения параметров трехкомпонентной системы – мониторинг; по применяемой методике, экспериментальным особенностям, аппаратным характеристикам, тем самым повысив информативность графического материала, что особенно важно при анализе, интерпретации результатов и их научно-прикладном истолковании.

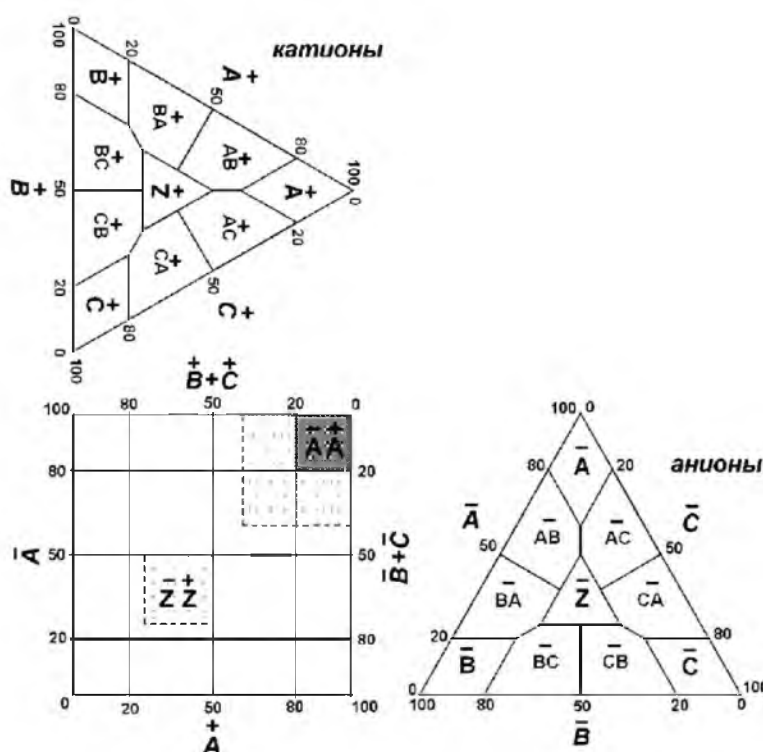


Рис.3. Комплексная диаграмма химического состава подземных вод: два график-треугольника и график-квадрат согласно градации рис.1з.

На рис.3 изображена комплексная диаграмма: два график-треугольника и график-квадрат, аналогичная предложенной Н.И. Толстихиным (представленная в (Ланге, 1969)) и применяемая при одновременном/совместном рассмотрении двух трехкомпонентных систем (в частности, анион-катионного состава подземных вод). Следует обратить внимание, что верхний график-треугольник нами перевернут на 180° (в связи с чем,

изменены направления и надписи горизонтальных осей график-квадрата), что позволяет привычным образом представить зависимость компонентов на график-квадрате, тем самым, устранив неудобства по целостному восприятию данной многокомпонентной графической зависимости. При представлении большого количества данных на график-треугольнике, во избежание необъективного истолкования данных вследствие их наложения (совмещения), рекомендуется (целесообразно) дополнительное построение гистограмм распределения компонентов трехкомпонентной системы (рис.4).

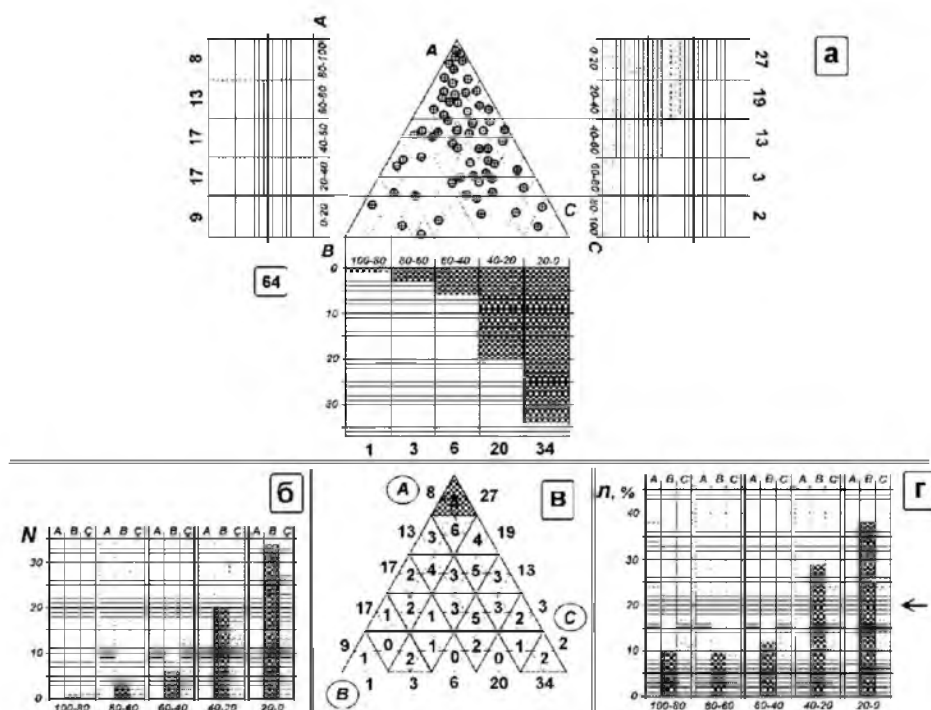


Рис.4. Пример построения гистограмм распределения компонентов трехкомпонентной системы ABC (64 определения измерения).

- а – график-треугольник и гистограммы распределения количества данных трех компонентов в пяти интервалах;
- б – диаграмма (совмещенная гистограмма) распределения количества данных трех компонентов в пяти интервалах измерения N ;
- в – график-треугольник с представлением количества данных в каждом единичном треугольнике;
- г – диаграмма (совмещенная гистограмма) распределения количества данных трех компонентов в пяти интервалах, нормированные по величине относительной площади каждого интервала изменения n (по количеству единичных треугольников), в процентах: (стрелкой показана величина n при равномерном распределении компонента по всему график-треугольнику – в данном случае равная 20%).

Резюмируя вышесказанное, можно заключить, что четкая систематизация, объективный и всесторонний анализ данных и результатов с поэтапной визуализацией на всех стадиях научно-исследовательских работ –

необходимое и обязательное требование (*наряду с соблюдением действующих инструкций и методических указаний*) и является неотъемлемой частью современного экспериментального процесса, пренебрежение которым может привести к отсутствию возможности выявления и исправления ошибок (*методических, аппаратных, технических*), неверным субъективными выводам, заключению и практическим рекомендациям.

Визуализация данных имеет особое значение и при изучении особенностей пространственно-временного распределения сложного непредсказуемого характера **техногенного электромагнитного поля (ТЭМП)** при работах электроразведочным методом блуждающих токов (Матевосян, 2004). Особенно перспективным (*с целью увеличения достоверности интерпретации электроразведочного полевого материала*) представляется применение график-треугольников при изучении распределения и динамики изменения трехфазного переменного ТЭМП (*также являющегося трехкомпонентной системой*) в геологической среде.

Автор выражает искреннюю признательность Гюрджян Нарине, принявшей активное добровольное участие при вводе, корректировке и систематизации исходных данных предшествующих опубликованных исследований химического состава минеральных вод Армении, а также благодарность Авакяну А.А. за эффективное обсуждение статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Богомолов Г.В. 1975. Гидрогеология с основами инженерной геологии. М., Высшая школа, 319с.
- Геология Армянской ССР. том IX. 1969. Минеральные воды. Ереван, Изд. АН АрмССР, 524с.
- Гидрогеология СССР. 1968. том XI. Армянская ССР. М., Недра, 352с.
- Ланге О.К. 1969. Гидрогеология. М., Высшая школа, 368с.
- Матевосян А.К. 1999. Исследование особенностей электрических полей многоэлектродных систем возбуждения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LII, №1, с.53-63.
- Матевосян А.К. 2000¹. Способ интерпретации вариаций геомагнитного поля. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LIII, №1-2, с.93-98.
- Матевосян А.К. 2000². К вопросу интерпретации вариаций поля теллурических токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LIII, №3, с.59-61.
- Матевосян А.К. 2003¹. Многоазимутальное комбинированное электрическое зондирование. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №1, с.50-58.
- Матевосян А.К. 2003². Трехазимутальная модификация МАК-зондирования. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №2, с.56-59.
- Матевосян А.К. 2004. Обработка, интерпретация и визуализация результатов векторной съемки методом блуждающих токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №2, с. 52-58.
- Матевосян А.К. 2017. Оперативный способ рашифровки локальных аномалий от рудных объектов методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №2, с.34-49.
- Халатян Э.С., Хачанов Х.В., Шагинян Г.В. 2004. Минеральные воды НКР и перспективы их использования. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №3, с.44-47.
- Электроразведка. 1989. Справочник геофизика. М., Недра, в двух книгах – 438с., 378с.

**ԵՌԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ
ՎԻԶՈՒԱԼԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Մաթևոսյան Ա.Կ.

Ամփոփում

Հոդվածում քննարկվում են եռաբաղադրիչ համակարգերի արդյունքների վիզուալացման առանձնահատկությունները, տվյալների օպտիմալ դասակարգման սկզբունքները ըստ հիմնական պարամետրերի և բնութագրերի, վերլուծվում և առաջարկվում են արդյունավետ աստիճանականացումները գրաֆիկ-եռանկյունների օգտագործմամբ փորձարարական տվյալների ցուցադրման ժամանակ: Կոնկրետ օրինակի վրա ցույց է տրվում նման բազմաբաղադրիչ համակարգերի գրաֆիկական ներկայացման անհրաժեշտությունն և վերլուծության առանձնահատկությունը:

ON VISUALIZATION OF THREE-COMPONENT SYSTEMS DATA

Matevosyan A.K.

Abstract

This article discusses the features of visualization of the three-component systems results and the principles of the optimal classification of data according to the main parameters and characteristics. The effective gradations are analyzed and proposed when displaying experimental data using graph-triangles. A concrete example shows the need and special importance of the graphical presentation and analysis of such multicomponent systems.