

**«Изучить технику,
овладеть наукой»
СТАЛИН**

Г. А. МАКСИМОВИЧ

**МЕТОДЫ ГРАФИЧЕСКОГО
ИЗОБРАЖЕНИЯ АНАЛИЗОВ БУРОВЫХ
ВОД**

G. A. MAKSIMOVİÇİN
BYRGY SYLARb TƏHLİLİNİN ÇİZQİ TƏSVİRİ
U S Y L L A R b

Гостипография «Красный Восток»
Азполиграф ВСНХ.
Баку, Карантинная, 84
Главлит 1065 Зак. 1546
Стат-формат Б-5 Тираж 1500 экз.

Редактор Я. В. Гаврилов
Техн. редактор А. М. Удалий

ПРЕДИСЛОВИЕ

Точное выяснение характера воды и путей ее проникновения в скважины является решающим фактором, определяющим содержание технического плана борьбы с обводнением скважины. Между тем, состояние изученности водоносности наших нефтеносных месторождений до сих пор не удовлетворительно и не обеспечивает быстрой и решительной борьбы с водой.

Анализ графических методов интерпретации вод представляет большой интерес и заостряет внимание на возможности более широкого и плодотворного применения различных графических методов распознавания вод.

Графическое изображение анализов различных вод применяется уже продолжительное время (см. список литературных источников).

В наиболее старых работах составные части воды изображались в виде гипотетических солей, позднее – в окислах и ангидридах, а в новейших – в эквивалентной форме. Графическая характеристика вод нефтяных скважин, применяемая в последнее время, основана исключительно на эквивалентном способе.

Часть графиков имеет своей целью выяснить генезис того или иного анализа. Главнейшие работы такого рода А. И. Огильви (5, 18,) Д. Шерборн Роджерса (10, 15) и В. Шишочкина (19). Во всех рассмотренных работах, за исключением Линдтропа, были применены полные анализы вод, в которых определены главнейшие анионы и катионы. Между тем, практика грозненских нефтяных месторождений, где мы имеем свиты в 10 – 20 и более пористых пластов, содержащих нефть, воду или то и другое, отделенных друг от друга в 10 – 15, а иногда и 2 – 3 м водонепроницаемых пород, заставила прибегнуть при классификации вод столь сближенных пластов к специальным коэффициентам, так как ни характеристическая формула Пальмера с графиком Роджерса, ни применение генетического графика Роджерса этого не достигали. В качестве таких коэффициентов или характеристических цифровых отношений были приняты суммы эквивалентов ионов кислот $rSO_4+rCl+rCO_3$ и отношение

$$\frac{Cl}{SO_4 + CO_3}$$

Применение этих коэффициентов позволило различать даже воды пластов, отделенных друг от друга водонепроницаемыми пропластками в 2 – 3 м, тогда как при генетической классификации воды целых свит попадают в одну группу, а характеристическая формула Пальмера в таких случаях мало помогает.

Практическим следствием применения в Грозненском районе приведенных выше двух коэффициентов, а также необходимости в нефтяном деле срочного решения вопроса о принадлежности определяемой воды к тому или иному горизонту, был переход на систему так называемых предварительных анализов.

Под этим названием в Грозненском районе подразумевают такие, в которых определены Cl, SO_4 и сухой остаток в gr/l, а также щелочность.

Применение быстрого метода анализа, естественно, требует и дальнейшей экономии времени путем упрощения распознавания анализов при помощи графиков и диаграмм. Графики при изображении предварительных анализов применяются уже довольно давно, но не получили должного распространения. Возможно, что причиной этого является недостаточная разработанность существующих методов. Задачей настоящей работы является выбор наиболее рационального метода графического изображения.

В настоящей работе мы остановимся только на графических характеристиках, принятых в Грознефти предварительных анализов. Их произведено к настоящему времени¹ в Вознесенском районе около 300, в Старогрозненском – 3716, в Новогрозненском – 4075 и в Калужском, Ильском и Разведочных – около 400. Таким образом, общее их число достигает солидной цифры – около 8500. Наличие столь значительного числа анализов гарантирует, что работа по нахождению наилучшего метода графического их изображения будет бесполезна.

Каким же требованиям должен отвечать наилучший метод графического изображения?

Первым условием является простота построения. Ясно, что, если графическое сравнение двух анализов будет более сложно, чем сопоставление по численным величинам, то оно теряет смысл метода, упрощающего и облегчающего работу.

Вторым условием является наглядность получаемого изображения.

Третьим непременным условием является универсальность метода. Необходимо, чтобы все разнообразие существующих вод умещалось на одной таблице. В противном случае, при необходимости применения нескольких диаграмм, требующих, естественно, предварительного определения того, на какой диаграмме может быть нанесена данная группа вод (и на какой другие), графический метод уже неудобен.

Четвертым условием является возможность различия отдельных групп вод. В нашем случае нефтяных месторождений группировка вод производится по пластам. Необходимо, чтобы применяемый метод давал, по возможности, более четкое разграничение вод различных пластов.

Пятым условием является удобство определения рода воды по построенному графику. Непременным условием в данном случае является возможность установить, к какой группе вод следует отнести определяемую, конечно, при наличии уже выработанной классификации.

Желательным является и определение составляющих компонентов в случае смесей вод. Однако, это условие, в виду сложности вопроса о смесях, не может являться обязательным.

Шестым условием является возможность по данным графика определить исходные данные анализа в эквивалентах ионов. Обычно это удается в виде определения суммы и отношения эквивалентов ионов кислот. Некоторые методы, возможно, дадут исходные данные более полно.

Рассмотрев эти основные требования, предъявляемые к графической характеристике анализов вод, попытаемся найти наилучший метод. Для этого воспользуемся данными анализов вод какого-либо из районов и, построив по ним все виды диаграмм, на конкретном примере выявим преимущества и недостатки каждого из методов. Сравнивая их, получим возможность остановиться на наиболее рациональном.

В качестве материала для построений воспользуемся анализами вод Вознесенского района, классификацию которых мы произвели (30). Анализы приведены в таблицах 1 и 2.

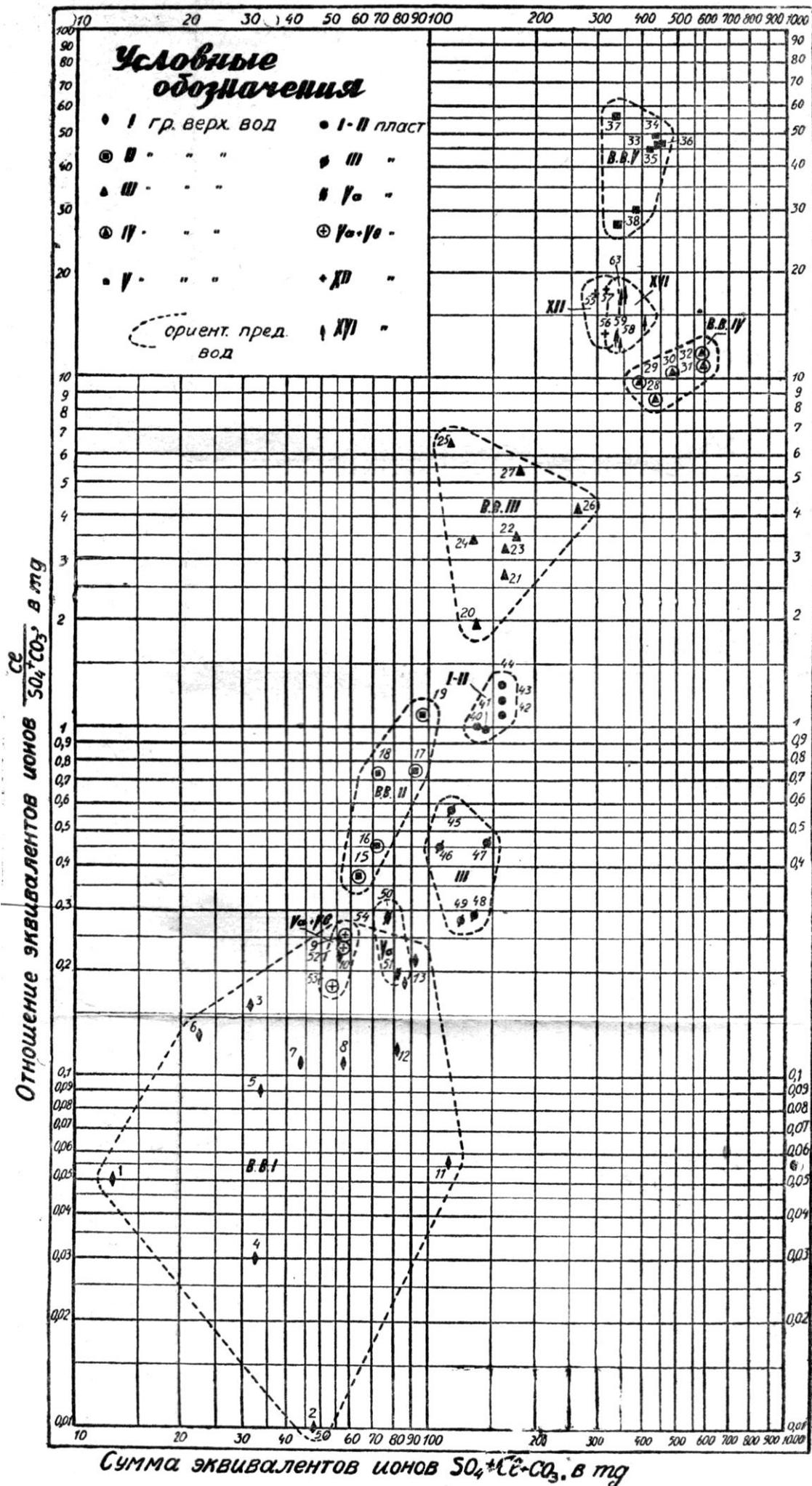
¹ Работа написана в августе 1930 г. до отделения Майнефти.

Таблица 20

Верхние воды

№№ по порядку	№№ скважин	Время взятия пробы	Глубина скв. в м	Сухой остаток в г/л	Щелочность	Составные части г/л		Эквиваленты ионов в мг					
						SO ₃	Cl	SO ₄	Cl	CO ₃	SO ₄ +Cl+CO ₃	Cl/SO ₄ +CO ₃	
I группа													
1	1	артез.	9/VII-27	32,00	8,834	5,7	0,2635	0,0220	6,59	0,62	5,69	12,90	0,05
2	1	«	15/IX-27	32,00	1,994	6,0	1,6815	0,0035	42,04	0,10	5,99	48,13	0,002
3	3	«	2/XII-26	из рез.	1,390	9,6	0,6895	0,1520	17,23	4,29	5,59	31,11	0,16
4	4		19/I-24	40,53	1,950	10,4	0,8375	0,0380	20,92	1,07	10,39	32,38	0,03
5	9		2/XII-26	281,33	1,600	22,8	0,3215	0,0901	8,04	2,71	22,78	33,53	0,09
6	9		24/II-27	324,31	1,080	14,5	0,2175	0,0880	5,12	2,48	14,49	22,09	0,13
7	29		29/IX-28	337,72	2,059	28,4	0,4335	0,1552	10,84	4,38	28,37	43,59	0,11
8	30		13/X-28	289,86	2,856	23,2	1,1535	0,2095	28,85	5,78	23,18	57,81	0,11
9	24		20/V-29	614,48	2,539	13,6	1,2815	0,4000	32,04	11,28	13,59	56,91	0,25
10	24		22/V-28	960,12	2,517	12,3	1,3355	0,3953	33,40	11,16	12,29	56,85	0,23
11	46		11/IX-29	141,00	5,939	29,0	3,0820	0,2554	76,95	7,20	28,97	113,12	0,058
12	4	артез.	9/VII-27	178,31	5,830	5,3	2,6995	0,3140	67,48	8,86	5,30	81,64	0,12
13	14		2/III-26	71,32	3,290	30,0	1,7695	0,5680	44,24	16,02	29,97	90,23	0,22
14	14		24/II-27	147,22	4,340	28,0	1,7315	0,5320	43,29	15,00	27,97	86,26	0,19
II группа													
15	18		-	148,83	3,700	23,2	0,8655	0,5880	21,64	16,58	23,18	61,40	0,37
16	18		9/VII-27	172,82	4,826	38,0	0,4655	0,7920	11,64	22,33	37,96	71,93	0,45
17	18		1/IX-27	424,59	5,037	44,9	0,3095	1,3857	7,74	39,08	44,86	91,68	0,74
18	29		29/IX-28	371,55	2,059	32,4	0,4015	1,0786	10,04	30,42	32,37	72,83	0,72
19	58		26/I-30	392,00	5,700	42,4	0,1855	1,7880	4,63	50,40	42,36	97,39	1,07
III группа													
20	27		5/VII-28	238,96	7,990	46,6	-	3,2800		92,50	46,55	139,05	1,98
21	17		25/VI-27	313,64	9,160	35,6	0,2975	4,1640	7,44	117,43	35,56	160,43	2,73
22	17		9/VII-27	339,54	9,800	34,4	0,2175	4,7620	5,44	134,29	34,37	174,10	3,45
23	12		15/VIII-27	320,04	9,880	16,6	0,8815	4,4907	22,04	126,64	16,58	165,26	3,28
24	60		25/I-30	148,00	9,281	28,6	0,0785	3,7219	1,96	105,00	28,57	135,53	3,43
25	60		25/I-30	148,00	8,814	15,4	0,0120	3,6125	0,30	101,80	15,33	117,38	6,49
26	20		15/XI-27	323,97	15,859	49,8	0,0835	7,6832	2,09	216,67	49,75	268,51	4,17
27	32		10/XI-28	410,57	10,085	16,4	0,4335	5,2768	10,84	148,80	16,38	176,02	5,46
IV группа													
28	23		4ДХ-27	215,49	44,900	44,8		13,9552		393,54	44,76	438,30	8,77
29	4		17/VII-24	332,23	21,950	37,2	-	12,8000	-	360,96	37,16	398,12	9,70
30	5		15/XI-25	329,48	28,790	42,3	Следы	15,8000	-	445,56	42,26	487,84	10,53
31	7		20/XI-25	341,38	34,850	49,0	Следы	19,2000	-	541,44	48,95	590,39	11,05
32	19		15/VIII-27	193,85	36,790	46,8	-	19,4717	-	549,10	46,75	595,85	11,73
V группа													
33	49		26/X-29	398,00	30,252	9,2		15,3080		431,68	9,19	440,87	46,9
34	49		31/X-29	398,00	30,252	8,8	-	15,3080	-	431,68	8,79	440,47	49,1
35	49		1/XI-29	406,00	29,654	9,2	1	14,7560	-	416,12	9,19	425,31	45,2
36	49		8/XI-29	406,00	32,176	9,2	-	15,4150		434,69	9,19	443,83	47,3
37	7		20/XI-25	341,38	34,850	1,9	0,1615	11,8600	4,04	334,45	1,90	340,39	56,2
38	36		22/II-29	-	27,878	12,0	-	11,6468	-	328,44	11,99	340,43	27,3
39	16		1/IX-27	448,06	34,070	12,2	1	13,3672	-	376,95	12,19	389,14	30,8

№№ по порядку	№№ скважин	Время взятия пробы	Глубина скв. в м	Сухой остаток в г/л	Щелочность	Составные части г/л		Эквиваленты ионов в мг				
						SO ₃	Cl	SO ₄	Cl	CO ₃	SO ₄ +Cl+CO ₃	Cl/SO ₄ +CO ₃
I и II пласт												
40	7	5/VII-28	-	7,360	70,2	-	2,4600	-	69,40	70,13	139,53	0,99
41	7	-	-	7,735	72,9	-	2,4250	-	68,40	72,83	141,23	0,94
42	7	28/V-29	-	7,978	75,9	0,0575	2,9950	1,44	84,49	75,82	161,75	1,09
43	14	15/VIII-27	369,11	9,050	76,7	-	3,1240	-	88,10	76,63	164,73	1,15
44	14	13/IX-27	-	11,718	72,0	-	3,3006	-	93,08	71,93	165,01	1,29
III пласт												
45	9	22/V-28	496,83	6,050	75,00	-	1,5200	-	42,86	74,92	117,78	0,57
46	11	15/VIII-28	437,69	5,830	78,40	-	1,0800	-	30,53	78,32	108,85	0,45
47	22	5/VII-28	386,80	6,430	100,30	-	1,3000	-	46,65	100,20	146,85	0,46
48	23	24/VIII-28	414,00	6,100	104,70	-	1,0800	-	30,46	104,60	135,06	0,29
49	23	29/IX-28	414,00	6,100	96,80	-	0,9700	-	27,36	96,70	124,06	0,28
Va пласт												
50	27	22/X-28	400,20	3,950	60,50	-	0,6208	-	17,50	60,44	77,94	0,29
51	26	22/X-28	480,05	3,986	67,10	-	0,4889	-	13,78	67,03	80,81	0,20
Va + Vb пласты												
52	58	7/III-30	443,00	4,600	43,20	0,0976	0,3938	2,44	11,11	43,16	56,71	0,24
53	58	5/III-30	443,00	3,400	44,80	0,0335	0,2864	0,84	8,08	44,76	53,68	0,18
54	58	4/III-30	443,00	3,200	44,60	0,0800	0,4164	2,00	11,75	44,56	58,31	0,25
XII пласт												
55	27	1/III-29	542,55	16,900	16,40	-	9,9400	-	280,30	16,39	296,69	17,20
56	21	14/V-28	541,90	15,760	20,00	0,0735	10,2800	1,84	289,90	19,98	311,72	13,22
57	17	3/III-28	548,33	16,930	16,80	-	10,4400	-	294,40	16,79	311,19	17,50
XVI пласт												
58	12	6/VI-28	561,75	20,160	24,40	-	1,1200	-	313,58	24,38	337,96	12,82
59	12	6/VI-29	561,75	19,760	24,50	-	1,2400	-	316,97	24,48	341,45	12,90
60	12	6VI-28	561,75	19,760	24,40	-	11,0800	-	312,46	24,38	336,84	12,80
61	13	3/XII-28	605,84	30,830	26,00	-	13,5020	-	380,76	25,98	406,74	14,64
62	13	4/XII-28	605,94	27,880	19,20	-	11,9520	-	337,05	19,18	356,23	17,50
63	13	21/XII-28	605,94	17,500	18,80	-	11,7800	-	332,20	18,78	350,98	17,60



Фиг. 2

В первой из них помещено 39 анализов верхних вод – притоков из слоев, находящихся выше спаниодонтелловых отложений поднадвиговой части складки. Во второй имеется 24 анализа вод из спаниодонтелловых и спириалисовых слоев поднадвиговой части. Всего для настоящей работы взято 63 анализа. Имея такое сравнительно большое число анализов, можно считать, что выводы о достоинствах и недостатках того или иного графического метода будут достаточно обоснованными.

В указанной выше работе (30) была применена логарифмическая диаграмма. Построим ее (фиг. 1) по данным таблиц 1 и 2, при чем по оси абсцисс отложим отношение rCl/rSO_4+rCO_3 в дальнейшем будем сокращенно обозначать значком Δ , а по оси ординат – $rSO_4+rCl+rCO_3$ (сокращенное обозначение Σ). Точки анализов одного пласта оконтурим. Построим на логарифмической же бумаге диаграмму, у которой по оси абсцисс отложим Σ , а по оси ординат Δ (фиг. 2).

Сравнивая фиг. 2 с фиг. 1, видим, что она отличается лишь перемещением всех точек, происходящим как бы при отражении в зеркальной плоскости предыдущей диаграммы, с поворотом на 90° . Каковы же достоинства этого метода? Построение весьма простое и быстрое, изображение довольно наглядно, при чем благодаря тому, что обе оси координат логарифмированы, диаграмма является универсальной. Опыт применения этой диаграммы показал, что, имея установленные на основании достоверных анализов графические пределы для различных групп вод, определение принадлежности взятого анализа к той или иной группе происходит быстро.

Зная сумму и отношение эквивалентов ионов кислот, строят точку и по контуру, в который она попала, определяют горизонт, к которому относятся притоки данной воды. В случае, если вода обязана своим происхождением притокам лишь из одного горизонта, точка, ей соответствующая, попадает в пределы контура. Более сложен вопрос о смесях вод. Здесь диаграмма не всегда дает указание на происхождение воды. Иногда, поскольку классификация произведена по сумме и отношению эквивалентов ионов кислот, при преобладании одного какого-либо компонента в смеси, диаграмма позволяет судить о происхождении главного компонента. Данные, применяемые для построения, это сумма эквивалентов ионов и отношение хлора к сумме SO_4+CO_3 . Их всегда можно определить для любой точки диаграммы. Более детальные данные, т. е. эквиваленты ионов отдельных кислот, определить не удастся.

К недостаткам метода следует отнести то, что, приняв для оконтуривания вод одной группы постоянный радиус (в нашем случае 5 mm), имеем, при большой минерализации и большой величине отношения, перекрывание контуров различных групп вод, хотя численные пределы их не заходят друг за друга. Вторым видимым недостатком диаграммы, это попадание контура одной группы воды в другой. Однако, это уже не зависит от графического метода, а происходит отчасти вследствие бли-

зости химического состава вод, разделенных друг от друга небольшими толщами пластов и, отчасти, при сходстве состава вод стратиграфически далеко отстоящих отложений; причина, повидимому, кроется в том, что мы обладаем по существу только половиною анализа – данными о количестве кислот. Возможно, что в основаниях мы будем иметь большую разницу. Этим и исчерпываются данные о логарифмической диаграмме. Укажем лишь, что впервые она в виде фиг. 1 была предложена Н. Т. Линдтропом (20,24), а затем применялась Г. А. Максимовичем (28,30).

Второй метод построения диаграммы вод был применен М. Г. Танасевичем в 1925 году и приведен в его дипломной работе, защищенной в 1926 году. Этот же, примерно, способ графического изображения был приведен в докладе М. А. Жданова (21) Геологическому бюро; ссылку на него имеем в докладе А. А. Аносова (26) Кубано-черноморской Г. Т. К., опубликованном затем в «Аз. Нефтяном Хозяйстве» (27).

В общем, по мысли автора этого метода², он, помимо наглядного изображения, имел в виду возможность определения исходных данных анализа по данным диаграммы.

Строится она следующим образом. Из начала прямоугольных координат произвольным радиусом строится дуга окружности. Отношения эквивалентов ионов откладываются в масштабе в виде тангенсов, а по радиусам, соответствующим этим углам или тангенсам, откладываются от окружности в произвольном масштабе векторы, выражающие сумму эквивалентов ионов $SO_4+Cl+CO_3$.

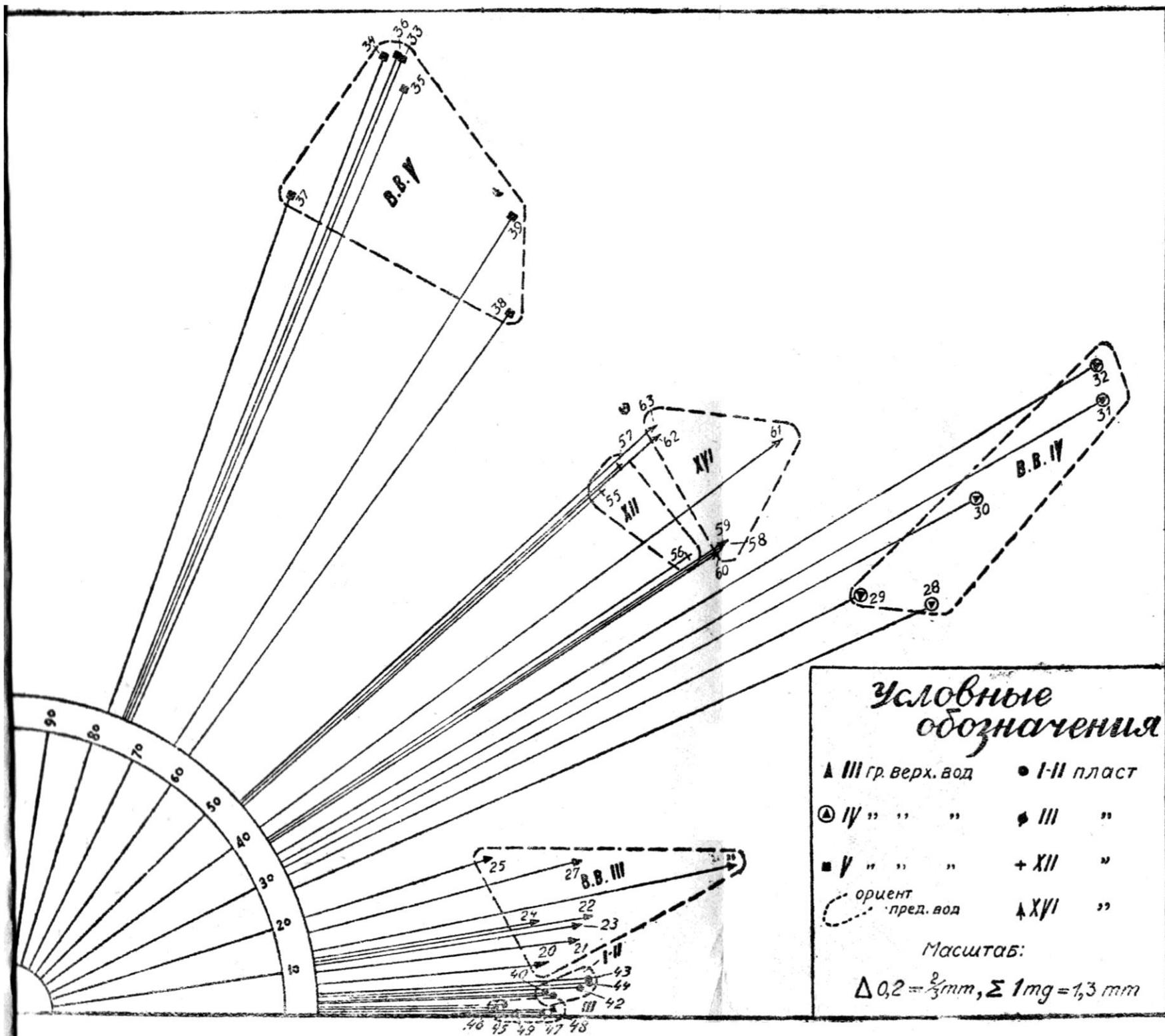
Данные таблиц 1 и 2 нанесены на построенную описанным способом диаграмму (фиг. 3). При этом контуры групп вод здесь отделены несколько иначе, чем в указанной ранее работе А. А. Аносова и более ранних. Оконтуриваются не все векторы одной группы, а их конечные точки. Это придает диаграмме сходство с логарифмической (фиг. 2).

Первое, что бросается в глаза при рассмотрении диаграммы, это малое количество групп вод. Нет I и II групп верхних вод, Va и $Va - Vb$ пластов.

Построение векторов этих групп, в виду небольших величин сумм и отношений в принятом масштабе, технически невозможно. Уже изображения вод III пласта недостаточно четки. Вместе с тем эта диаграмма лишена недостатка предыдущей. Контуры XII и XVI пластов на ней не перекрывают друг друга. Зато имеем перекрытие контуров I–II и III пластов, чего на логарифмической бумаге не наблюдалось.

В общем такого рода диаграмма не является универсальной. Построение ее несколько сложнее, чем для логарифмической, при чем наглядность получаемого изображения, выигрывая в одной части, теряет зато в другой, что имеет своим следствием соответственное упрощение и усложнение распознавания различных групп вод. Некоторое усложнение построения графического изображения анализов имеет своим последствием прибавление некоторых неудобств при определении рода воды по построенному графику.

² Личное сообщение М. Г. Танасевича.



Фиг. 3

Условные обозначения

▲ III гр. верх. вод ● I-II пласт

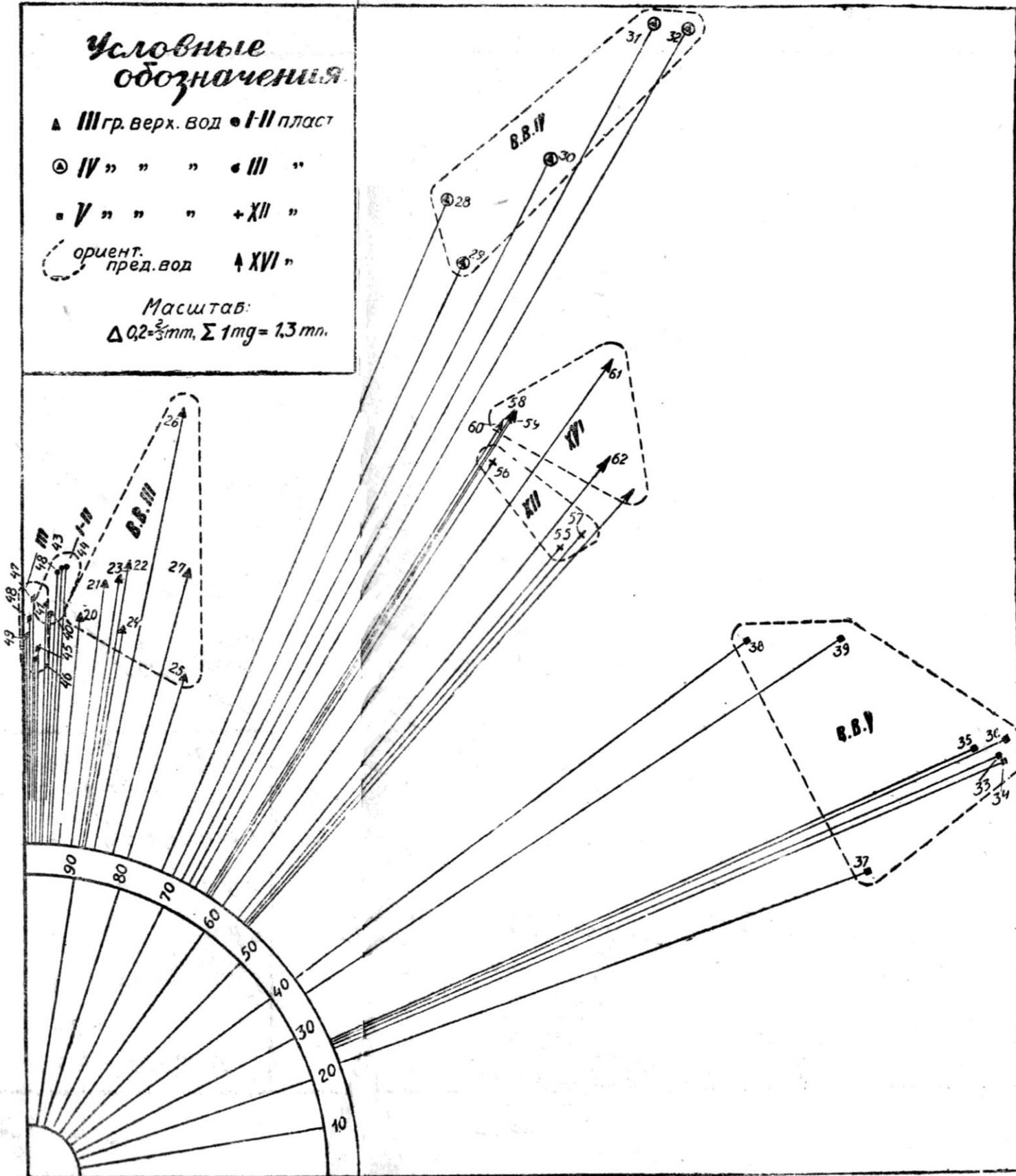
⊙ IV " " " ● III "

■ V " " " + XII "

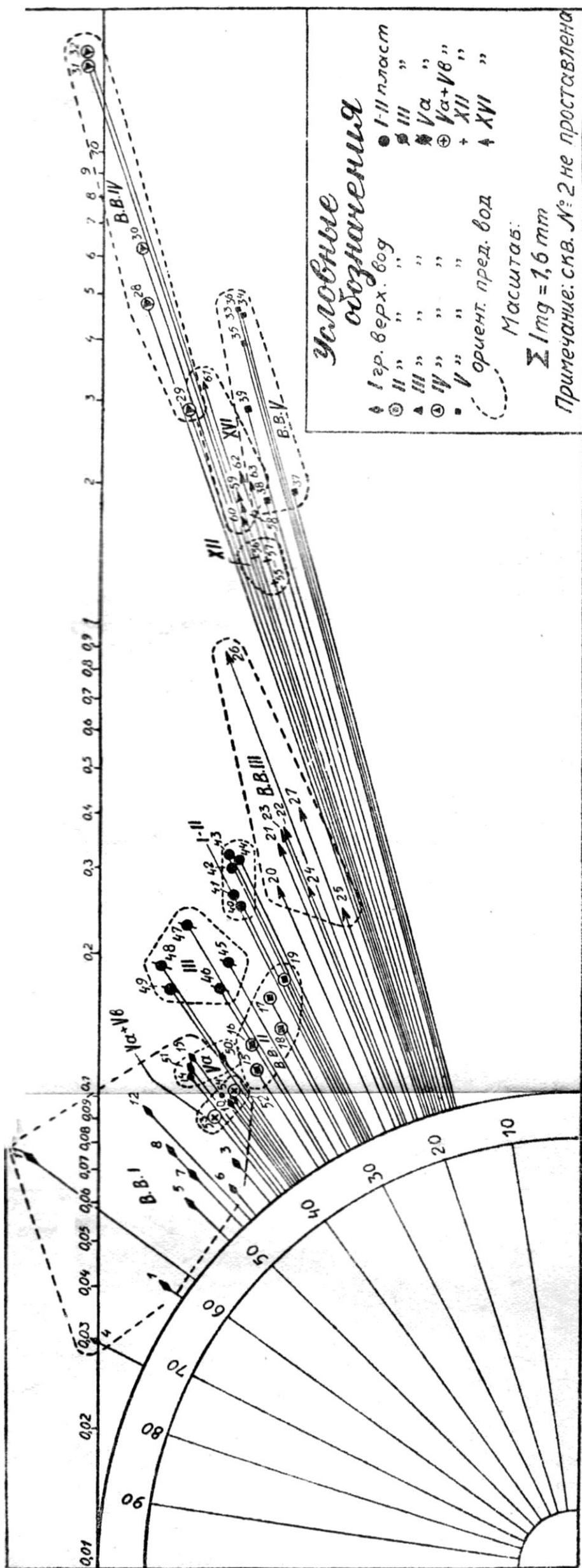
○ ориент. пред. вод ▲ XVI "

Масштаб:

$\Delta 0,2 = \frac{2}{3} \text{мм}, \Sigma 1 \text{мм} = 1,3 \text{мм.}$



Фиг. 4



Фиг. 5

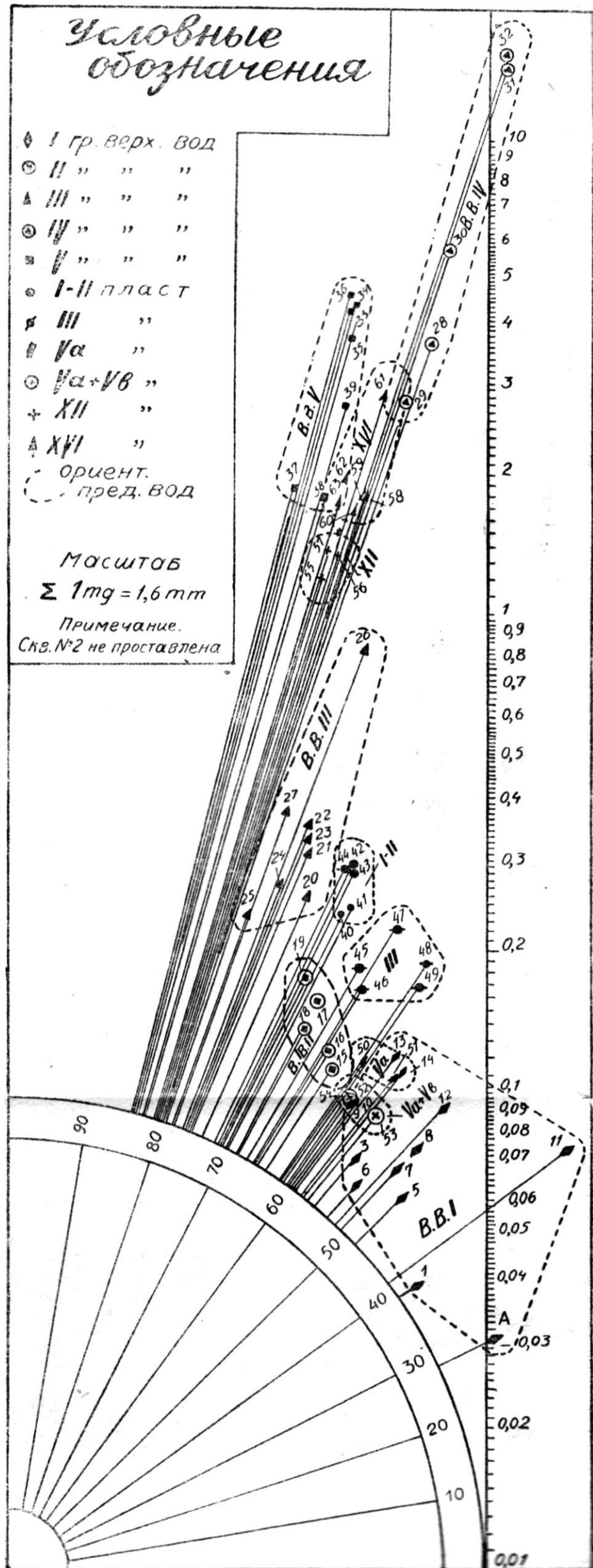
Условные обозначения

- ◆ I гр. верх. вод
- ⊙ II " " "
- ▲ III " " "
- ⊕ IV " " "
- ⊖ V " " "
- I-II пласт
- ⊠ III "
- ⊡ IVa "
- ⊙ Va+Vb "
- + XII "
- ▲ XVI "
- ориент.
- - - пред. вод

МАСШТАБ

$\Sigma 1 \text{ м} = 1,6 \text{ см}$

Примечание.
Скв. №2 не представлена



Фиг. 6

Основное преимущество этого метода – возможность определения эквивалентов ионов, элементов анализа.

Построим аналогичную диаграмму, у которой отношение эквивалентов ионов отложим по котангенсам (фиг. 4). Расположение отдельных групп вод в этой диаграмме аналогично обычной логарифмической (фиг. 1). О ней можно сказать то же, что и о предыдущей, только расположение фигур более привычно.

Построение векторной диаграммы, в виду больших колебаний величины Δ , а также в значительной степени и Σ , при применении обычного масштаба не дает возможности нанести анализы вод, отличающихся малой минерализацией и малым количеством хлора. Чтобы исправить этот недостаток, нами была применена векторная диаграмма, где линия котангенсов, на которой откладывается отношение эквивалентов ионов Cl к $\text{SO}_4 + \text{CO}_3$, логарифмирована. В результате на такой диаграмме удалось изобразить все анализы вод (фиг. 5).

Так как отношения нанесены на котангенсе, то расположение групп вод на этой диаграмме, как и на предыдущей (фиг. 4), сходно с таким же на обычной логарифмической (фиг. 1). Хотя все группы вод и удалось нанести так, что диаграмма, в отличие от двух предыдущих простых векторных, является универсальной, однако, построение ее более сложно, а пределы отдельных групп вод перекрывают друг друга. Так, например, границы XVI пласта – контуры IV и V групп верхних вод. Контуры XII и XVI пластов, как и в простых векторных диаграммах, отделены друг от друга. От этого теряется наглядность, а установление принадлежности вод к тому или иному горизонту, вследствие усложнения построения, занимает большее время.

Определение исходных данных для построения, благодаря логарифмированию, несколько усложняется, а нахождение эквивалентов ионов отдельных элементов почти невозможно.

По данным тех же двух таблиц построим векторную диаграмму, у которой отношение эквивалентов ионов $\text{Cl}/\text{SO}_4 + \text{CO}_3$ отложено по логарифмированному тангенсу. Полученная диаграмма (фиг. 6), являясь перестроением предыдущей (фиг. 5), сходна по расположению контуров с построенной по тангенсам простой векторной (фиг. 3) и логарифмической (фиг. 2) диаграммой.

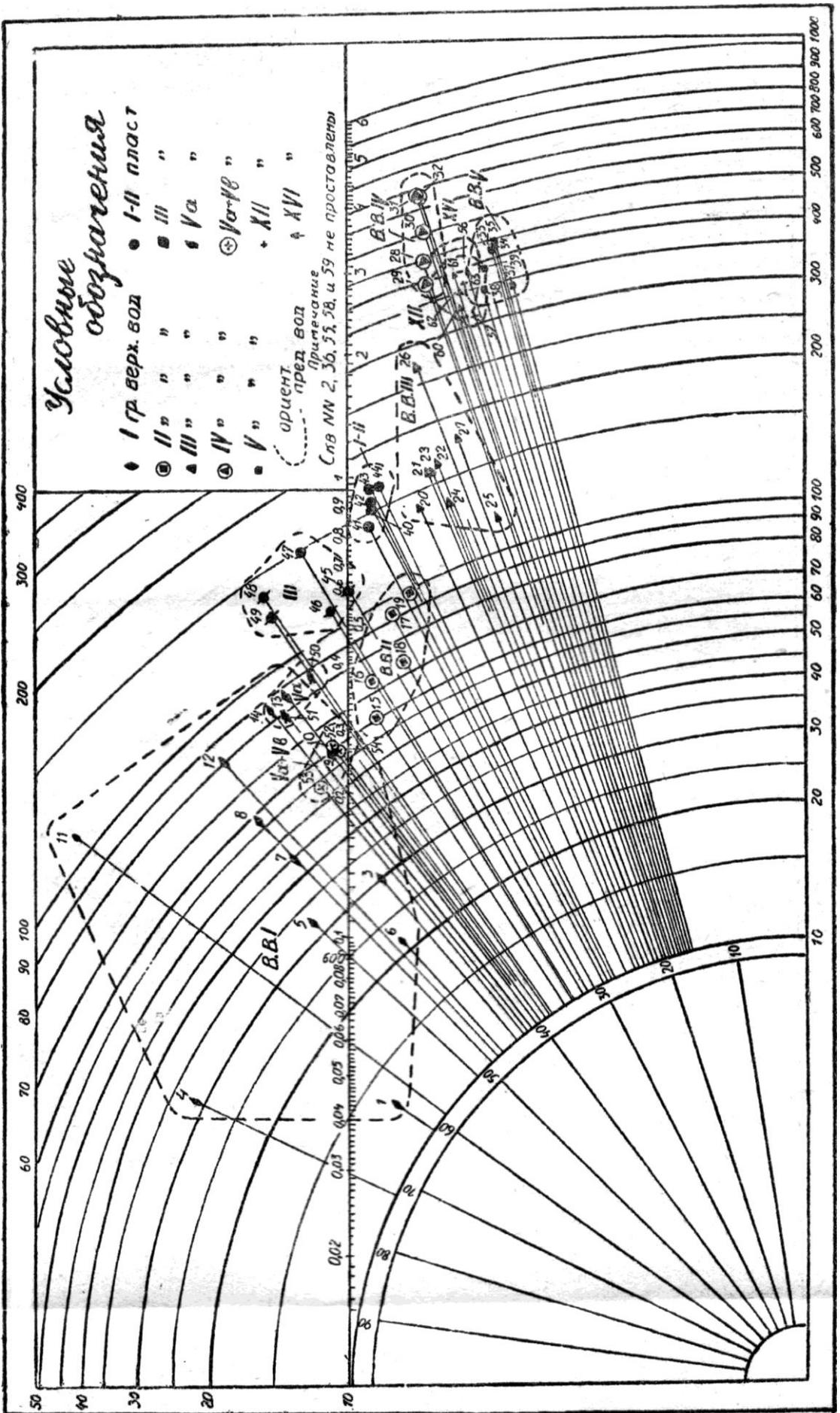
В предыдущих двух диаграммах мы логарифмировали линии тангенса и котангенса. Для полноты прологарифмируем и векторы. Из начала координат построим ряд концентрических кругов, радиусы которых будут возрастать не линейно, а логарифмически. Нанесем данные анализов на диаграмму, где отношения отложены по логарифмической линии котангенсов и векторы от окружности по радиусам, которые взяты логарифмически.

Получим диаграмму, изображенную на фиг. 7. Она весьма сильно напоминает векторную диаграмму с логарифмированием котангенсов. Контуры II группы верхних вод также заходят в контуры I – II и III

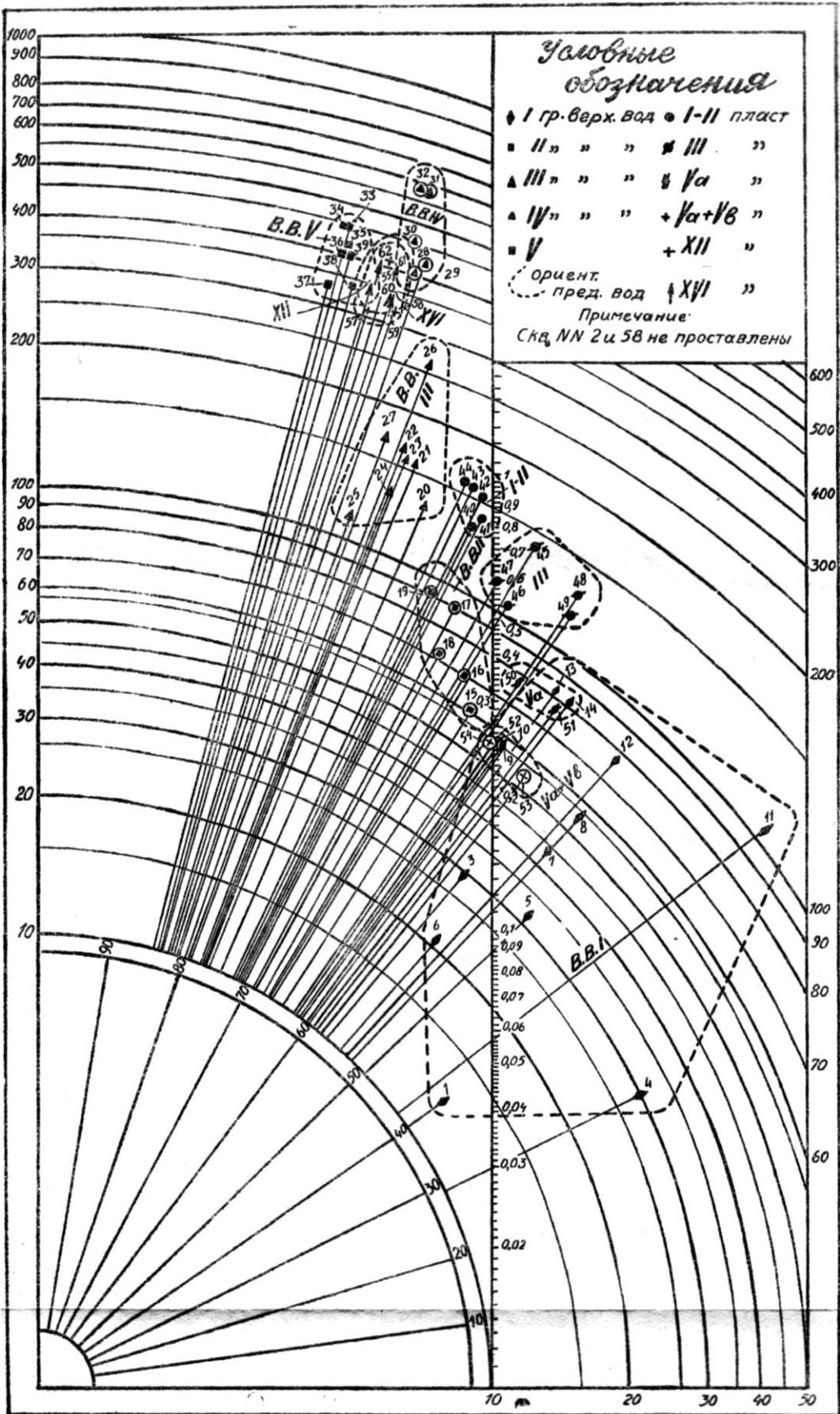
Таблица 3

№№ диаграмм	Условия Название диаграмм	Простота построения	Наглядность полученного изображения	Универ- сальность	Возможность различия отдельных групп вод	Удобство определения рода воды по графику	Возможность по данным графика определить исходные данные анализа
1	Простая логарифмическая $\Delta(\text{Cl}/\text{SO}_4+\text{CO}_3)$ по оси X*	Построение весьма простое	Изображение наглядно	Универ- сальна	Группы различаются, но при больших величинах Σ и Δ пределы сливаются	Определение весьма удобно	Определимы только Σ и Δ
2	Простая логарифмическая Δ по оси Y**	«	«	«	«	«	«
3	Простая векторная Δ по котангенсу	Построение простое	«	Не универ- сальна	Группы с малыми численными значениями Σ и Δ даже не могут быть изображены	Определение просто но не все воды можно изобразить	Возможны не только Σ и Δ , но и их составляющие в эквивалентах ионов
4	Простая векторная Δ по тангенсу	«	«	«	«	«	«
5	Векторная с Δ по логарифмированн ому котангенсу	Построение несложное	«	Универ- сальна	Группы различаются	Определение несложное	Определимы только Σ и Δ
6	Векторная с Δ по логарифмированн ому тангенсу	«	«	«	«	«	«
7	Векторная логарифмическая с Δ по котангенсу	«	«	«	Пределы групп перекрывают т друг друга	Определение усложнено перекрытием групп	«
8	Векторная, логарифмическая с Δ по тангенсу	«	«	«	«	«	«

* Диаграмма вытянута по оси X, что более удобно.
** Диаграмма вытянута вверх.



Фиг. 7



Фиг. 8

пластов, контур XVI пласта попадает на IV и V группы верхних вод. Туда же накладывается контур XII пласта. В результате диаграмма, обладая всеми свойствами векторной с логарифмированным котангенсом, строится сложнее ее и, вдобавок, контуры еще более перекрывают друг друга.

Построение такой же диаграммы с отношениями по тангенсу (фиг. 8) показывает, что она, являясь видоизменением предыдущей, обладает теми же свойствами, а по расположению своему сходна с предыдущими диаграммами, у которых отношение отложено по тангенсу.

Закончив на этом рассмотрение различного вида диаграмм, перейдем к суммированию найденных характеристик и выбору наилучшей.

Всего в настоящей работе приведено 8 диаграмм. Для упрощения сравнения приводим их характеристики в таблице 3.

Из сопоставления преимуществ и недостатков диаграмм видим, что диаграммы 3 и 4, несмотря на возможность определять исходные данные, в виду своей неуниверсальности, менее всего применимы. Диаграммы 7 и 8, будучи более сложными в сравнении с 5 и 6, менее наглядны.

Таким образом, вопрос сводится к выбору между диаграммами 1, 2, 5 и 6. Сравнение свойств решает вопрос в пользу 1 и 2 диаграмм.

Остается остановиться на одной из них, так как по своим основным достоинствам и недостаткам они аналогичны. Здесь придет на помощь новый фактор – удобство пользования диаграммой. Первая из них, вытянутая в горизонтальном направлении, более удобна. Кроме того, она получила некоторое распространение в Грозненском районе. Приведенный выше материал убеждает нас, что ею и следует пользоваться в дальнейшем.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. H. Q u i n c k e . Balneologische Tafeln. Berlin. 1872.
2. M. B o t t l e r . Graphische Tafeln zur vergleichung der Mineralquellen deutscher und deutsch- österreichischen Kurorte. Kissingen. 1891.
3. E. N i n t z и L . G r ü n h u t . Deutscher Bäderbuch. Leipzig. 1907.
4. Л. А. Ячевский. Материалы для изучения физико-химической природы минеральных источников. «Горный журнал», 1910, № 3.
5. А. Н. Огильви. Каптаж Нарзана и его история. Труды Геол. ком. Нов. серия, вып. 58, СПб, 1911.
6. S. Jaczevsky. Kritische Übersicht der Materialien zur Erforschung der physisch-chemische Natur der Wasserquellen. Budapest. 1911.
7. И. И. Штанге. О результатах периодических химических исследований источников района Кавказских минеральных вод. Записки Русского бальнеологического общества в Пятигорске, 1914, № 1.
8. F. J a c o b s . Veröffentlichung der Zentralstelle für Balneologie. 1914.
9. E. N i n t z и L . G r ü n h u t . Die Mineralwasser, Moore und Mineralschlamm. Handbuch der Balneologie med. Klimatologie und Balneographie. Leipzig. 1916.
10. G. S h e r b u r n e R o g e r s . Chemical Relations of the Oil Fields Waters in San Joaquin Valley. California. U. S. Geol. Survey, 1917.
11. G. S h e r b u r n e R o g e r s . The Interpretation of Water Analyses by the Geologist. Economic Geology, 1917, № 1.
12. F. Tickell. A Method for the graphical Interpretation of Water Analysis. Sum. of Oper. Calif. Oil Filds, vol. 6, № 9. Cal. State Min. Bureau, 1921.
13. W. D. C o l l i n s . Graphic Representation of Water Analyses. Ind. and Eng. Chemistry. Vol. 15, № 4, 1923.
14. Э. Э. Карстенс. Способы изображения состава минеральных вод и необходимость метода выяснения анализов. «Курортное дело». № 1. Москва, 1927.
15. Дж. Ш е р б о р н Р о д ж е р с . Химические соотношения вод нефтяных месторождений. Москва, 1924.
16. E. M. P a r k s . Water Analyses in Oil Production and some Analyses from Paison Soidep Wyoming. Bull. Am. Ass. of Petr. Geol. 1925, № 9.

17. А. С. Уклонский. Материалы для геохимической характеристики вод Туркестана. Ташкент 1925, изд. Упр. водн. хоз.
18. А. Н. Огильви. К вопросу о методике изучения минеральных источников. Труды бальнеологического института. Т. II. Пятигорск, 1925.
19. В. Шишочкин. Графико-аналитический метод исследования вод источников и буровых скважин. «Нефтяное и Сланцевое Хозяйство», 1925, № 2.
20. Н. Т. Линдтроп. Буровые воды Новогрозненского района. «Нефтяное и Сланцевое Хозяйство», 1925, № 6.
21. М. А. Жданов. Предварительная классификация вод III группы Старогрозненского района по пластам. 1925. Неопубликованный доклад.
22. Н. Н. Славянов. Материалы по геологическому изучению Тамбуканского озера. Мат. по общ. и прикл. геол. Вып. 41. П. р. 1926.
23. Г. Хельквист. Методы обработки химических анализов вод нефтяных месторождений. «Аз. Нефтяное Хозяйство», № 2.
24. Н. Т. Линдтроп. Outline of Water Problems in New-Grozny Oil Filds, Russia. Bull. of the Am. Ass. of Petrol. Geolog. II № 10.
- 24-a. С. E. Reislle. Identification of Oil Fild Waters by chemical Analyses. Washington. 1927.
25. Н. Н. Славянов. О некоторых малоизвестных минеральных источниках Кубанской области. Мат. по общей и прикладной геологии. Вып. 82. Ленинград, 1928.
26. А. А. Аносов. Материалы к характеристике буровых вод Калужского района. 5. II – 1929.
27. А. А. Аносов. Материалы к характеристике буровых вод Калужских нефтяных промыслов. «Аз. Нефтяное Хозяйство», 1927, № 8–9.
28. Г. А. Максимова. О характеристике буровых вод Калужских промыслов. 1929, 15/XI. Неопубликованный доклад.
29. Н. Н. Славянов. Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применение. Мат. по общ. и прикл. геологии. Вып. 97, Ленинград, 1929.
30. Г. А. Максимова. Классификация буровых вод Вознесенского района, 1930, 8/V. Неопубликованный доклад.

„Изучить технику,
овладеть наукой“
СТАЛИН

Г. А. МАКСИМОВИЧ

МЕТОДЫ ГРАФИЧЕСКОГО
ИЗОБРАЖЕНИЯ АНАЛИЗОВ
БУРОВЫХ ВОД

Баку

ОНТИ—АЗНЕФТЕИЗДАТ

1932

„Изучить технику,
овладеть наукой“.

СТАЛИН

Г. А. МАКСИМОВИЧ

МЕТОДЫ ГРАФИЧЕСКОГО
ИЗОБРАЖЕНИЯ АНАЛИЗОВ
БУРОВЫХ ВОД

G. A. MAKSIMOVİÇİN
BYRGY SYLARǪ TǪHLILININ CIZQI TǪSVIRI
USYLLARǪ

Гостипография „Красный Восток“
Азполиграфы ВСНХ.
Баку, Карантинная, 84
Главлит 1065 Зак. 1546
Стат-формат Б-5 Тираж 1500 экз.

Редактор Я. В. Гаврилов
Техн. редактор А. М. Удалый

ПРЕДИСЛОВИЕ

Точное выяснение характера воды и путей ее проникновения в скважины является решающим фактором, определяющим содержание технического плана борьбы с обводнением скважины. Между тем, состояние изученности водоносности наших нефтеносных месторождений до сих пор не удовлетворительно и не обеспечивает быстрой и решительной борьбы с водой.

Анализ графических методов интерпретации вод представляет большой интерес и заостряет внимание на возможности более широкого и плодотворного применения различных графических методов распознавания вод.

Графическое изображение анализов различных вод применяется уже продолжительное время (см. список литературных источников).

В наиболее старых работах составные части воды изображались в виде гипотетических солей, позднее—в окислах и ангидридах, а в новейших—в эквивалентной форме. Графическая характеристика вод нефтяных скважин, применяемая в последнее время, основана исключительно на эквивалентном способе.

Часть графиков имеет своей целью выяснить генезис того или иного анализа. Главнейшие работы такого рода А. И. Огильви (5, 18,) Д. Шерборн Роджерса (10, 15) и В. Шишочкина (19). Во всех рассмотренных работах, за исключением Линдтропа, были применены полные анализы вод, в которых определены главнейшие анионы и катионы. Между тем, практика грозненских нефтяных месторождений, где мы имеем свиты в 10—20 и более пористых пластов, содержащих нефть, воду или то и другое, отделенных друг от друга в 10—15, а иногда и 2—3 м водонепроницаемых пород, заставила прибегнуть при классификации вод столь сближенных пластов к специальным коэффициентам, так как ни характеристическая формула Пальмера с графиком Роджерса, ни применение генетического графика Роджерса этого не достигали. В качестве таких коэффициентов или характеристических цифровых отношений были приняты суммы эквивалентов ионов кислот $rSO_4 + rCl + rCO_3$ и отношение $\frac{rCl}{rSO_4 + rCO_3}$.

Применение этих коэффициентов позволило различать даже воды пластов, отделенных друг от друга водонепроницаемыми пропластками в 2—3 м, тогда как при генетической классификации воды целых свит попадают в одну группу, а характеристическая формула Пальмера в таких случаях мало помогает.

Практическим следствием применения в Грозненском районе приведенных выше двух коэффициентов, а также необходимости в нефтяном деле срочного решения вопроса о принадлежности определяемой воды к тому или иному горизонту, был переход на систему так называемых предварительных анализов.

Под этим названием в Грозненском районе подразумевают такие, в которых определены Cl , SO_4 и сухой остаток в gr/l , а также щелочность.

Применение быстрого метода анализа, естественно, требует и дальнейшей экономии времени путем упрощения распознавания анализов при помощи графиков и диаграмм. Графики при изображении предварительных анализов применяются уже довольно давно, но не получили должного распространения. Возможно, что причиной этого является недостаточная разработанность существующих методов. Задачей настоящей работы является выбор наиболее рационального метода графического изображения.

В настоящей работе мы остановимся только на графических характеристиках, принятых в Грознефти предварительных анализов. Их произведено к настоящему времени¹ в Вознесенском районе около 300, в Старогрозненском—3716, в Новогрозненском—4075 и в Калужском, Ильском и Разведочных—около 400. Таким образом, общее их число достигает солидной цифры—около 8500. Наличие столь значительного числа анализов гарантирует, что работа по нахождению наилучшего метода графического их изображения будет бесполезна.

Каким же требованиям должен отвечать наилучший метод графического изображения?

Первым условием является простота построения. Ясно, что, если графическое сравнение двух анализов будет более сложно, чем сопоставление по численным величинам, то оно теряет смысл метода, упрощающего и облегчающего работу.

Вторым условием является наглядность получаемого изображения.

Третьим неперенным условием является универсальность метода. Необходимо, чтобы все разнообразие существующих вод умещалось на одной таблице. В противном случае, при необходимости применения нескольких диаграмм, требующих, естественно, предварительного определения того, на какой диаграмме может быть нанесена данная группа вод (и на какой другие), графический метод уже неудобен.

Четвертым условием является возможность различия отдельных групп вод. В нашем случае нефтяных месторождений группировка вод производится по пластам. Необходимо, чтобы применяемый метод давал, по возможности, более четкое разграничение вод различных пластов.

Пятым условием является удобство определения рода воды по построенному графику. Непременным условием в данном случае является возможность установить, к какой группе вод следует отнести определяемую, конечно, при наличии уже выработанной классификации.

Желательным является и определение составляющих компонентов в случае смесей вод. Однако, это условие, в виду сложности вопроса о смесях, не может являться обязательным.

Шестым условием является возможность по данным графика определить исходные данные анализа в эквивалентах ионов. Обычно это удается в виде определения суммы и отношения эквивалентов ионов кислот. Некоторые методы, возможно, дадут исходные данные более полно.

Рассмотрев эти основные требования, предъявляемые к графической характеристике анализов вод, попытаемся найти наилучший метод. Для этого воспользуемся данными анализов вод какого-либо из районов и, построив по ним все виды диаграмм, на конкретном примере выявим преимущества и недостатки каждого из методов. Сравнивая их, получим возможность остановиться на наиболее рациональном.

В качестве материала для построений воспользуемся анализами вод Вознесенского района, классификацию которых мы произвели (30). Анализы приведены в таблицах 1 и 2.

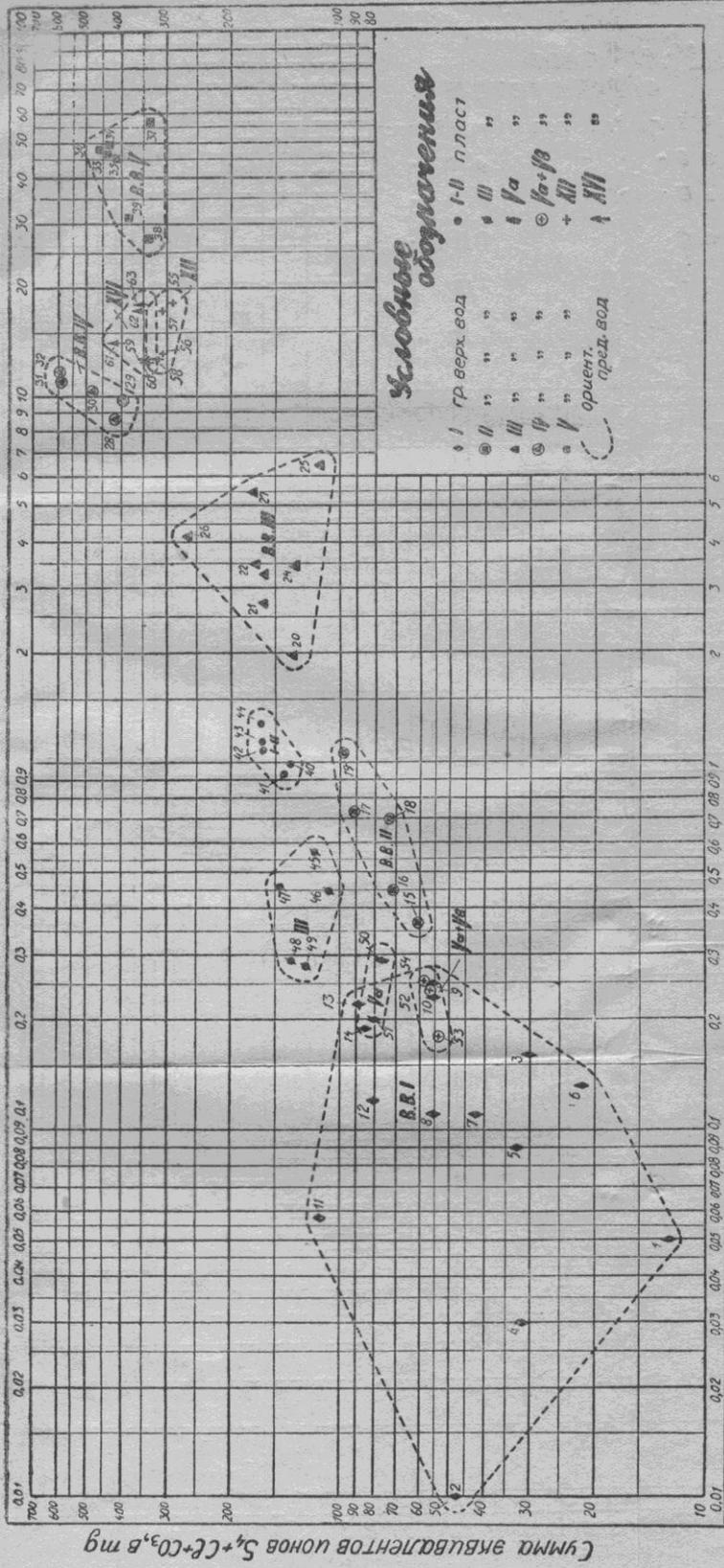
¹ Работа написана в августе 1930 г. до отделения Майнефти.

Верхние воды

№№ по порядку	№№ скважин	Время взятия пробы	Глубина скв. в м	Сухой остаток в г/л	Щелочность	Составные части г/л		Эквиваленты ионов в мг				
						SO ₃	Cl	SO ₄	Cl	CO ₃	SO ₄ +Cl+ CO ₃	Cl
I группа												
1	1 артез.	9/VII-27	32,00	8,834	5,7	0,2635	0,0220	6,59	0,62	5,69	12,90	0,05
2	1 "	15/IX-27	32,00	1,994	6,0	1,6815	0,0035	42,04	0,10	5,99	48,13	0,002
3	3 "	2/XII-26 на рез.	40,53	1,390	9,6	0,6895	0,1520	17,23	4,29	5,59	31,11	0,16
4	4 "	19/I-24	40,53	1,950	10,4	0,8375	0,0380	20,92	1,07	10,39	32,38	0,03
5	9	2/XII-26	281,33	1,600	22,8	0,3215	0,090	8,04	2,71	22,78	33,53	0,09
6	9	24/II-27	324,31	1,080	14,5	0,2175	0,0880	5,12	2,48	14,49	22,09	0,13
7	29	29/IX-28	337,72	2,059	28,4	0,4335	0,1552	10,84	4,38	28,37	43,59	0,11
8	30	13/X-28	289,86	2,856	23,2	1,1535	0,2095	28,85	5,78	23,18	57,81	0,11
9	24	20/V-29	614,48	2,539	13,6	1,2815	0,4000	32,04	11,28	13,59	56,91	0,25
10	24	22/V-28	960,12	2,517	12,3	1,3355	0,3953	33,40	11,16	12,29	56,85	0,23
11	46	11/IX-29	141,00	5,939	29,0	3,0820	0,2554	76,95	7,20	28,97	113,12	0,058
12	4 артез.	9/VII-27	178,31	5,830	5,3	2,6995	0,3140	67,48	8,86	5,30	81,64	0,12
13	14	2/III-26	71,32	3,290	30,0	1,7695	0,5680	44,24	16,02	29,97	90,23	0,22
14	14	24/II-27	147,22	4,340	28,0	1,7315	0,5320	43,29	15,00	27,97	86,26	0,19
II группа												
15	18	—	148,83	3,700	23,2	0,8655	0,5880	21,64	16,58	23,18	61,40	0,37
16	18	9/VII-27	172,82	4,826	38,0	0,4655	0,7920	11,64	22,33	37,96	71,93	0,45
17	18	1/IX-27	424,59	5,037	44,9	0,3095	1,3857	7,74	39,08	44,86	91,68	0,74
18	29	29/IX-28	371,55	2,059	32,4	0,4015	1,0786	10,04	30,42	32,37	72,83	0,72
19	58	26/I-30	392,00	5,700	42,4	0,1855	1,7880	4,63	50,40	42,36	97,39	1,07
III группа												
20	27	5/VII-28	238,96	7,990	46,6	—	3,2800	—	92,50	46,55	139,05	1,98
21	17	25/VI-27	313,64	9,160	35,6	0,2975	4,1640	7,44	117,43	35,56	160,43	2,73
22	17	9/VII-27	339,54	9,800	34,4	0,2175	4,7620	5,44	134,29	34,37	174,10	3,45
23	12	15/VIII-27	320,04	9,880	16,6	0,8815	4,4907	22,04	126,64	16,58	165,26	3,28
24	60	25/I-30	148,00	9,281	28,6	0,0785	3,7219	1,96	105,00	28,57	135,53	3,43
25	60	25/I-30	148,00	8,814	15,4	0,0120	3,6125	0,30	101,80	15,33	117,38	6,49
26	20	15/XI-27	323,97	15,859	49,8	0,0835	7,6832	2,09	216,67	49,75	268,51	4,17
27	32	10/XI-28	410,57	10,085	16,4	0,4335	5,2768	10,84	148,80	16,38	176,02	5,46
IV группа												
28	23	4/IX-27	215,49	44,900	44,8	—	13,9552	—	393,54	44,76	438,30	8,77
29	4	17/VII-24	332,23	21,950	37,2	—	12,8000	—	360,96	37,16	398,12	9,70
30	5	15/XI-25	329,48	28,790	42,3	Следы	15,8000	—	445,56	42,26	487,84	10,53
31	7	20/XI-25	341,38	34,850	49,0	Следы	19,2000	—	541,44	48,95	590,39	11,05
32	19	15/VIII-27	193,85	36,790	46,8	—	19,4717	—	549,10	46,75	595,85	11,73
V группа												
33	49	26/X-29	398,00	30,252	9,2	—	15,3080	—	431,68	9,19	440,87	46,9
34	49	31/X-29	398,00	30,252	8,8	—	15,3080	—	431,68	8,79	440,47	49,1
35	49	1/XI-29	406,00	29,654	9,2	—	14,7560	—	416,12	9,19	425,31	45,2
36	49	8/XI-29	406,00	32,176	9,2	—	15,4150	—	434,69	9,19	443,88	47,3
37	7	20/XI-25	341,38	34,850	1,9	0,1615	11,8600	4,04	334,45	1,90	340,39	56,2
38	36	22/II-29	—	27,878	12,0	—	11,6468	—	328,44	11,99	340,43	27,3
39	16	1/IX-27	448,06	34,070	12,2	—	13,3672	—	376,95	12,19	389,14	30,8

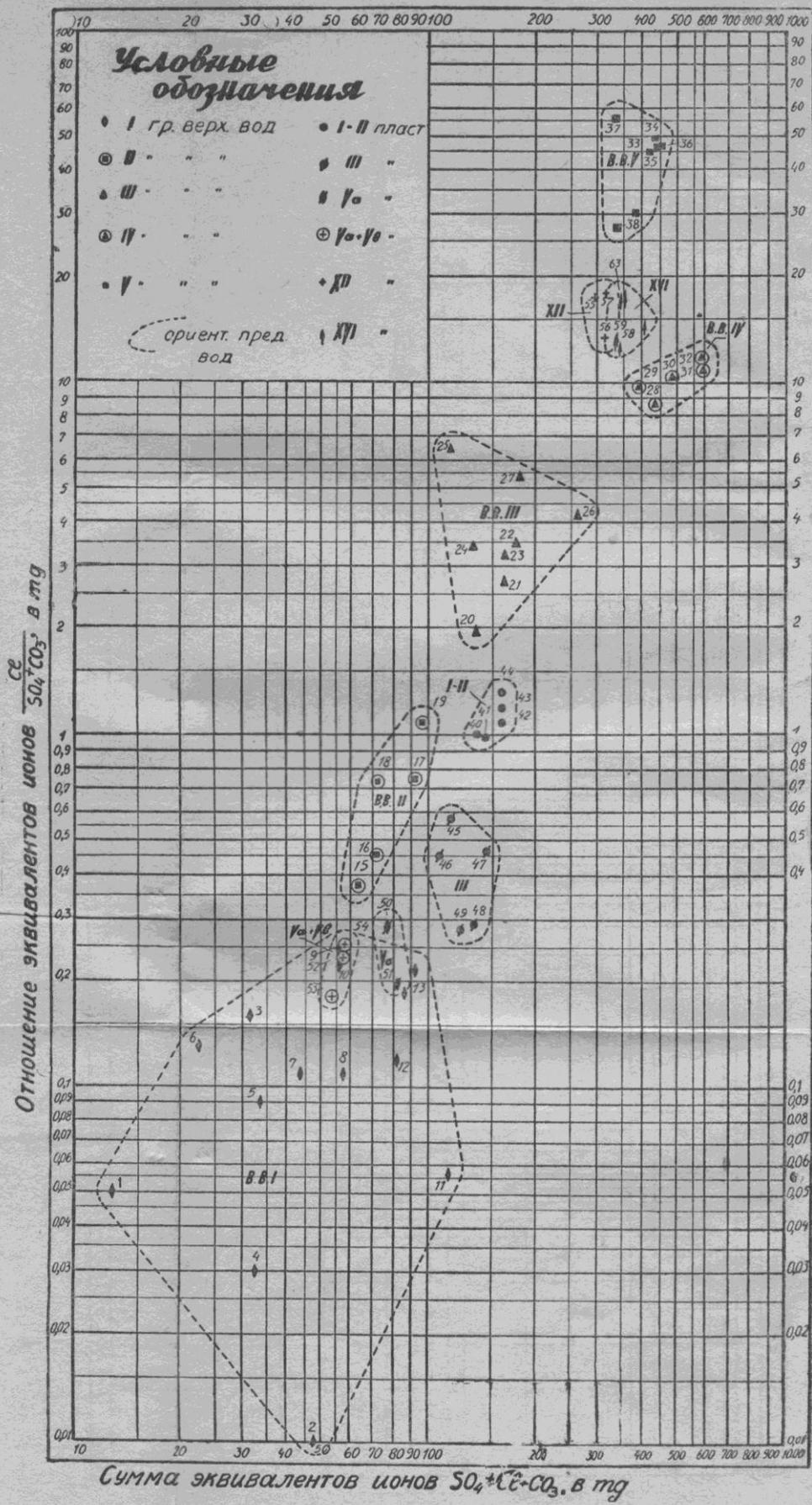
Таблица 2

№№ анализов	№№ скважин	Время взятия пробы	Глубина сква- жин в м	Сухой остаток в г/л	Щелочность	Составные части в г/л		Эквиваленты ионов в мг				
						SO ₃	Cl	SO ₄	Cl	CO ₃	SO ₄ +Cl+ CO ₃	Cl SO ₄ +CO ₃
I и II пласт												
40	7	5/VII-28	—	7,360	70,2	—	2,4600	—	69,40	70,13	139,53	0,99
41	7	—	—	7,735	72,9	—	2,4250	—	68,40	72,83	141,23	0,94
42	7	28/V-29	—	7,978	75,9	0,0575	2,9950	1,44	84,49	75,82	161,75	1,09
43	14	15/VIII-27	369,11	9,050	76,7	—	3,1240	—	88,10	76,63	164,73	1,15
44	14	13/IX-27	—	11,718	72,0	—	3,3006	—	93,08	71,93	165,01	1,29
III пласт												
45	9	22/V-28	496,83	6,050	75,00	—	1,5200	—	42,86	74,92	117,78	0,57
46	11	15/VIII-28	437,69	5,830	78,40	—	1,0800	—	30,53	78,32	108,85	0,45
47	22	5/VII-28	386,80	6,430	100,30	—	1,3000	—	46,65	100,20	146,85	0,46
48	23	24/VIII-28	414,00	6,100	104,70	—	1,0800	—	30,46	104,60	135,06	0,29
49	23	29/IX-28	414,00	6,100	96,80	—	0,9700	—	27,36	96,70	124,06	0,28
Va пласт												
50	27	22/X-28	400,20	3,950	60,50	—	0,6208	—	17,50	60,44	77,94	0,29
51	26	22/X-28	480,05	3,986	67,10	—	0,4889	—	13,78	67,03	80,81	0,20
Va + Vb пласты												
52	58	7/III-30	443,00	4,600	43,20	0,0976	0,3938	2,44	11,11	43,16	56,71	0,24
53	58	5/III-30	443,00	3,400	44,80	0,0335	0,2864	0,84	8,08	44,76	53,68	0,18
54	58	4/III-30	443,00	3,200	44,60	0,0800	0,4164	2,00	11,75	44,56	58,31	0,25
XII пласт												
55	27	1/III-29	542,55	16,900	16,40	—	9,9400	—	280,30	16,39	296,69	17,20
56	21	14/V-28	541,90	15,760	20,00	0,0735	10,2800	1,84	289,90	19,98	311,72	13,22
57	17	3/III-28	548,33	16,930	16,80	—	10,4400	—	294,40	16,79	311,19	17,50
XVI пласт												
58	12	6/VI-28	561,75	20,160	24,40	—	11,1200	—	313,58	24,38	337,96	12,82
59	12	6/VI-29	561,75	19,760	24,50	—	11,2400	—	316,97	24,48	341,45	12,90
60	12	6/VI-28	561,75	19,760	24,40	—	11,0800	—	312,46	24,38	336,84	12,80
61	13	3/XII-28	605,84	30,830	26,00	—	13,5020	—	380,76	25,98	406,74	14,64
62	13	4/XII-28	605,94	27,880	19,20	—	11,9520	—	337,05	19,18	356,23	17,50
63	13	21/XII-28	605,94	17,500	18,80	—	11,7800	—	332,20	18,78	350,98	17,60



Отношение $\frac{Ca}{Ca+CO_3}$ в т/т

Фиг. 1



Фиг. 2

В первой из них помещено 39 анализов верхних вод—притоков из слоев, находящихся выше спаниодонтелловых отложений поднадвиговой части складки. Во второй имеется 24 анализа вод из спаниодонтелловых и спириалисовых слоев поднадвиговой части. Всего для настоящей работы взято 63 анализа. Имея такое сравнительно большое число анализов, можно считать, что выводы о достоинствах и недостатках того или иного графического метода будут достаточно обоснованными.

В указанной выше работе (30) была применена логарифмическая диаграмма. Построим ее (фиг. 1) по данным таблиц 1 и 2, при чем по оси абсцисс отложим отношение $\frac{rCl}{rSO_4 + rCO_3}$ (в дальнейшем будем сокращенно обозначать значком Δ), а по оси ординат— $rSO_4 + rCl + rCO_3$ (сокращенное обозначение Σ). Точки анализов одного пласта оконтурим. Построим на логарифмической же бумаге диаграмму, у которой по оси абсцисс отложим Σ , а по оси ординат Δ (фиг. 2).

Сравнивая фиг. 2 с фиг. 1, видим, что она отличается лишь перемещением всех точек, происходящим как бы при отражении в зеркальной плоскости предыдущей диаграммы, с поворотом на 90° . Каковы же достоинства этого метода? Построение весьма простое и быстрое, изображение довольно наглядно, при чем благодаря тому, что обе оси координат логарифмированы, диаграмма является универсальной. Опыт применения этой диаграммы показал, что, имея установленные на основании достоверных анализов графические пределы для различных групп вод, определение принадлежности взятого анализа к той или иной группе происходит быстро.

Зная сумму и отношение эквивалентов ионов кислот, строят точку и по контуру, в который она попала, определяют горизонт, к которому относятся притоки данной воды. В случае, если вода обязана своим происхождением притокам лишь из одного горизонта, точка, ей соответствующая, попадает в пределы контура. Более сложен вопрос о смесях вод. Здесь диаграмма не всегда дает указание на происхождение воды. Иногда, поскольку классификация произведена по сумме и отношению эквивалентов ионов кислот, при преобладании одного какого-либо компонента в смеси, диаграмма позволяет судить о происхождении главного компонента. Данные, применяемые для построения, это сумма эквивалентов ионов и отношение хлора к сумме $SO_4 + CO_3$. Их всегда можно определить для любой точки диаграммы. Более детальные данные, т. е. эквиваленты ионов отдельных кислот, определить не удастся.

К недостаткам метода следует отнести то, что, приняв для оконтуривания вод одной группы постоянный радиус (в нашем случае 5 mm), имеем, при большой минерализации и большой величине отношения, перекрывание контуров различных групп вод, хотя численные пределы их не заходят друг за друга. Второй видимый недостаток диаграммы, это попадание контура одной группы воды в другой. Однако, это уже не зависит от графического метода, а происходит отчасти вследствие бли-

зости химического состава вод, разделенных друг от друга небольшими толщами пластов и, отчасти, при сходстве состава вод стратиграфически далеко отстоящих отложений; причина, повидимому, кроется в том, что мы обладаем по существу только половиною анализа—данными о количестве кислот. Возможно, что в основаниях мы будем иметь большую разницу. Этим и исчерпываются данные о логарифмической диаграмме. Укажем лишь, что впервые она в виде фиг. 1 была предложена Н. Т. Линдтропом (20,24), а затем применялась Г. А. Максимовичем (28,30).

Второй метод построения диаграммы вод был применен М. Г. Танасевичем в 1925 году и приведен в его дипломной работе, защищенной в 1926 году. Этот же, примерно, способ графического изображения был приведен в докладе М. А. Жданова (21) Геологическому бюро; ссылку на него имеем в докладе А. А. Аносова (26) Кубано-черноморской Г. Т. К., опубликованном затем в „Аз. Нефтяном Хозяйстве“ (27).

В общем, по мысли автора этого метода², он, помимо наглядного изображения, имел в виду возможность определения исходных данных анализа по данным диаграммы.

Строится она следующим образом. Из начала прямоугольных координат произвольным радиусом строится дуга окружности. Отношения эквивалентов ионов откладываются в масштабе в виде тангенсов, а по радиусам, соответствующим этим углам или тангенсам, откладываются от окружности в произвольном масштабе векторы, выражающие сумму эквивалентов ионов $SO_4 + Cl + CO_3$.

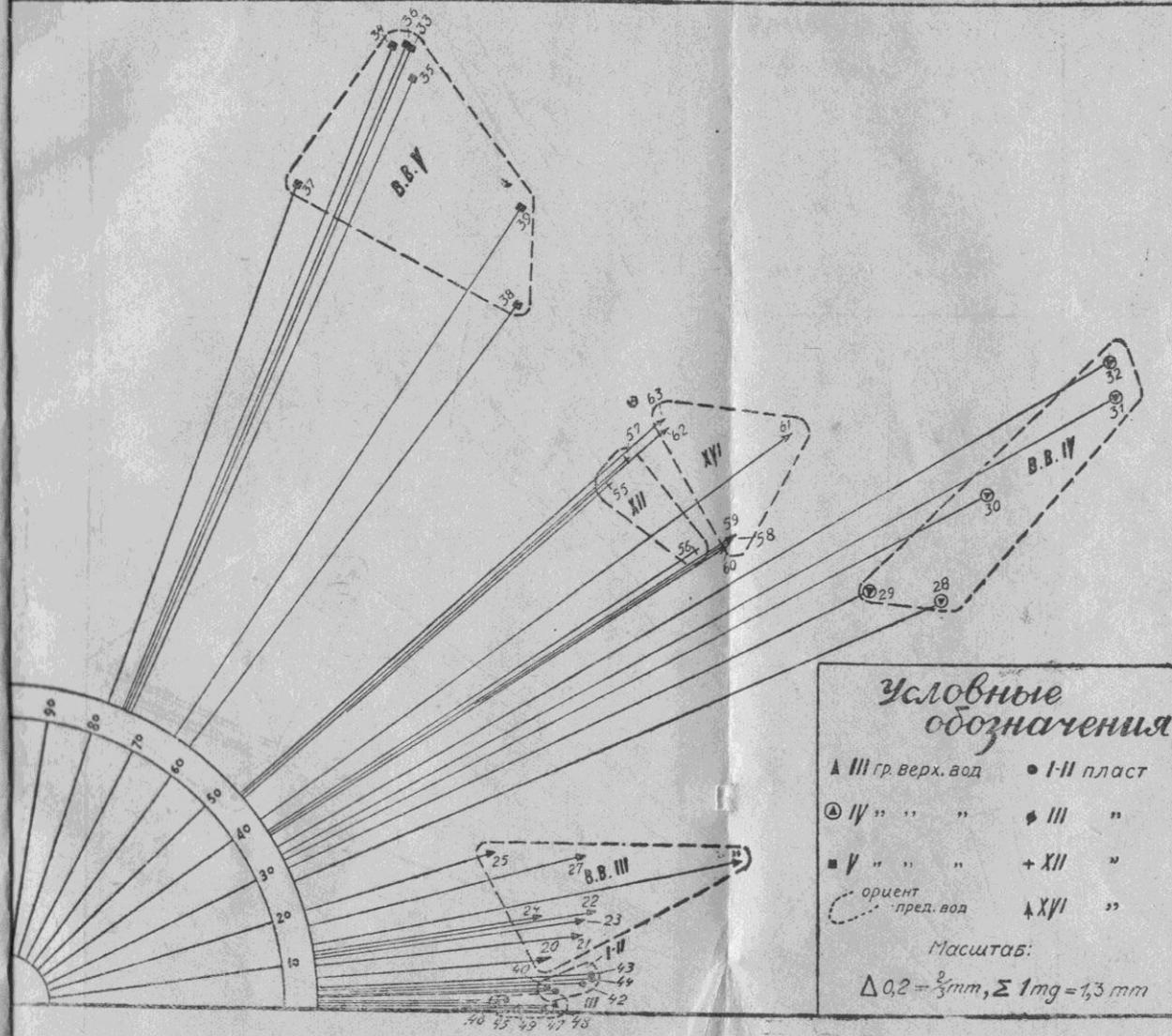
Данные таблиц 1 и 2 нанесены на построенную описанным способом диаграмму (фиг. 3). При этом контуры групп вод здесь отделены несколько иначе, чем в указанной ранее работе А. А. Аносова и более ранних. Оконтуриваются не все векторы одной группы, а их конечные точки. Это придает диаграмме сходство с логарифмической (фиг. 2).

Первое, что бросается в глаза при рассмотрении диаграммы, это малое количество групп вод. Нет I и II групп верхних вод, Va и Va—Vb пластов.

Построение векторов этих групп, в виду небольших величин сумм и отношений в принятом масштабе, технически невозможно. Уже изображения вод III пласта недостаточно четки. Вместе с тем эта диаграмма лишена недостатка предыдущей. Контуры XII и XVI пластов на ней не перекрывают друг друга. Зато имеем перекрытие контуров I—II и III пластов, чего на логарифмической бумаге не наблюдалось.

В общем такого рода диаграмма не является универсальной. Построение ее несколько сложнее, чем для логарифмической, при чем наглядность получаемого изображения, выигрывая в одной части, теряет зато в другой, что имеет своим следствием соответственное упрощение и усложнение распознавания различных групп вод. Некоторое усложнение построения графического изображения анализов имеет своим следствием прибавление некоторых неудобств при определении рода воды по построенному графику.

² Личное сообщение М. Г. Танасевича.



Условные обозначения

- ▲ III гр верх. вод
- I-II пласт
- ⊙ IV " " "
- ◆ III "
- V " " "
- + XII "
- орент
- пред. вод
- ▲ XVI "

Масштаб:

$\Delta 0,2 = \frac{2}{3} \text{ mm}, \Sigma 1 \text{ mg} = 1,3 \text{ mm}$

Условные обозначения

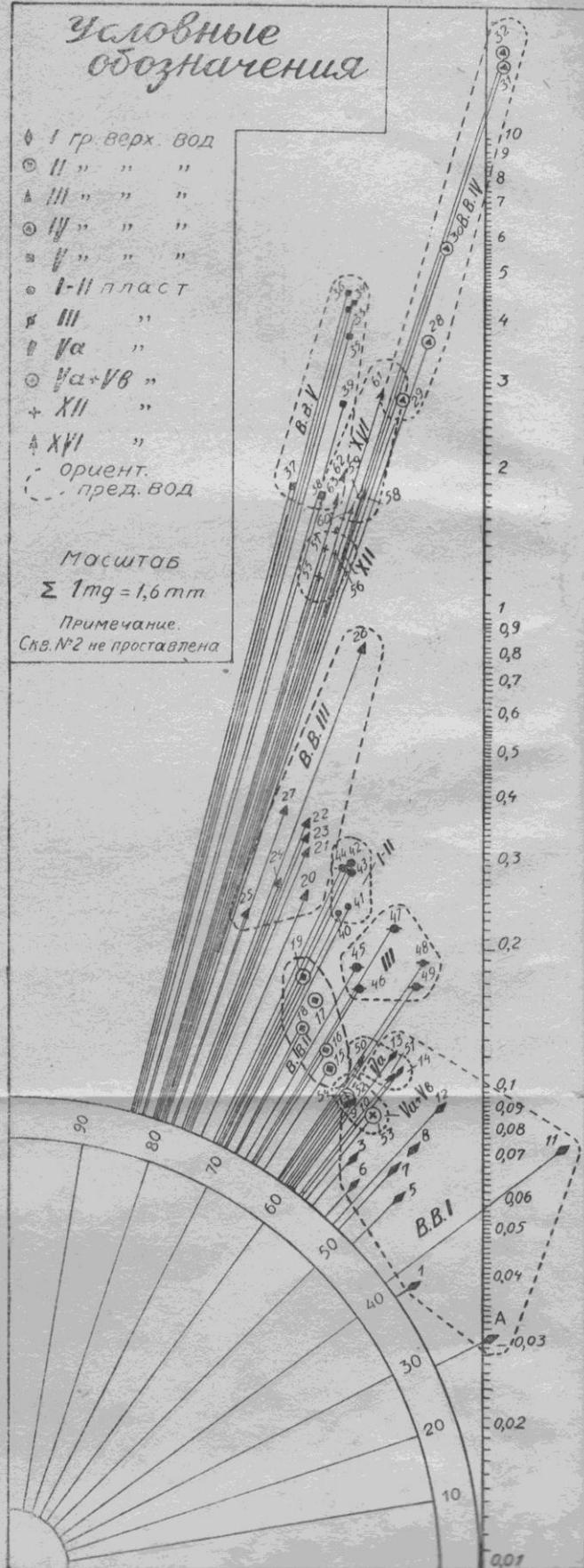
- ◆ I гр. верх. вод
- ⊙ II " " "
- ▲ III " " "
- ⊙ IV " " "
- ⊙ V " " "
- I-II пласт
- ⊙ III " "
- ⊙ IVa " "
- ⊙ IVa+Vb " "
- + XII " "
- ▲ XVI " "
- ориент.
- - - пред. вод

Масштаб

$\Sigma 1 \text{ м} = 1,6 \text{ м.м.}$

Примечание.

Сл. №2 не представлена



Фиг. 6

Основное преимущество этого метода — возможность определения эквивалентов ионов, элементов анализа.

Построим аналогичную диаграмму, у которой отношение эквивалентов ионов отложим по котангенсам (фиг. 4). Расположение отдельных групп вод в этой диаграмме аналогично обычной логарифмической (фиг. 1). О ней можно сказать то же, что и о предыдущей, только расположение фигур более привычно.

Построение векторной диаграммы, в виду больших колебаний величины Δ , а также в значительной степени и Σ , при применении обычного масштаба не дает возможности нанести анализы вод, отличающихся малой минерализацией и малым количеством хлора. Чтобы исправить этот недостаток, нами была применена векторная диаграмма, где линия котангенсов, на которой откладывается отношение эквивалентов ионов Cl к $\text{SO}_4 + \text{CO}_3$, логарифмирована. В результате на такой диаграмме удалось изобразить все анализы вод (фиг. 5).

Так как отношения нанесены на котангенсе, то расположение групп вод на этой диаграмме, как и на предыдущей (фиг. 4), сходно с таким же на обычной логарифмической (фиг. 1). Хотя все группы вод и удалось нанести так, что диаграмма, в отличие от двух предыдущих простых векторных, является универсальной, однако, построение ее более сложно, а пределы отдельных групп вод перекрывают друг друга. Так, например, границы XVI пласта — контуры IV и V групп верхних вод. Контуры XII и XVI пластов, как и в простых векторных диаграммах, отделены друг от друга. От этого теряется наглядность, а установление принадлежности вод к тому или иному горизонту, вследствие усложнения построения, занимает большее время.

Определение исходных данных для построения, благодаря логарифмированию, несколько усложняется, а нахождение эквивалентов ионов отдельных элементов почти невозможно.

По данным тех же двух таблиц построим векторную диаграмму, у которой отношение эквивалентов ионов $\frac{\text{Cl}}{\text{SO}_4 + \text{CO}_3}$ отложено по логарифмированному тангенсу. Полученная диаграмма (фиг. 6), являясь перестроением предыдущей (фиг. 5), сходна по расположению контуров с построенной по тангенсам простой векторной (фиг. 3) и логарифмической (фиг. 2) диаграммой.

В предыдущих двух диаграммах мы логарифмировали линии тангенса и котангенса. Для полноты прологарифмируем и векторы. Из начала координат построим ряд концентрических кругов, радиусы которых будут возрастать не линейно, а логарифмически. Нанесем данные анализов на диаграмму, где отношения отложены по логарифмической линии котангенсов и векторы от окружности по радиусам, которые взяты логарифмически.

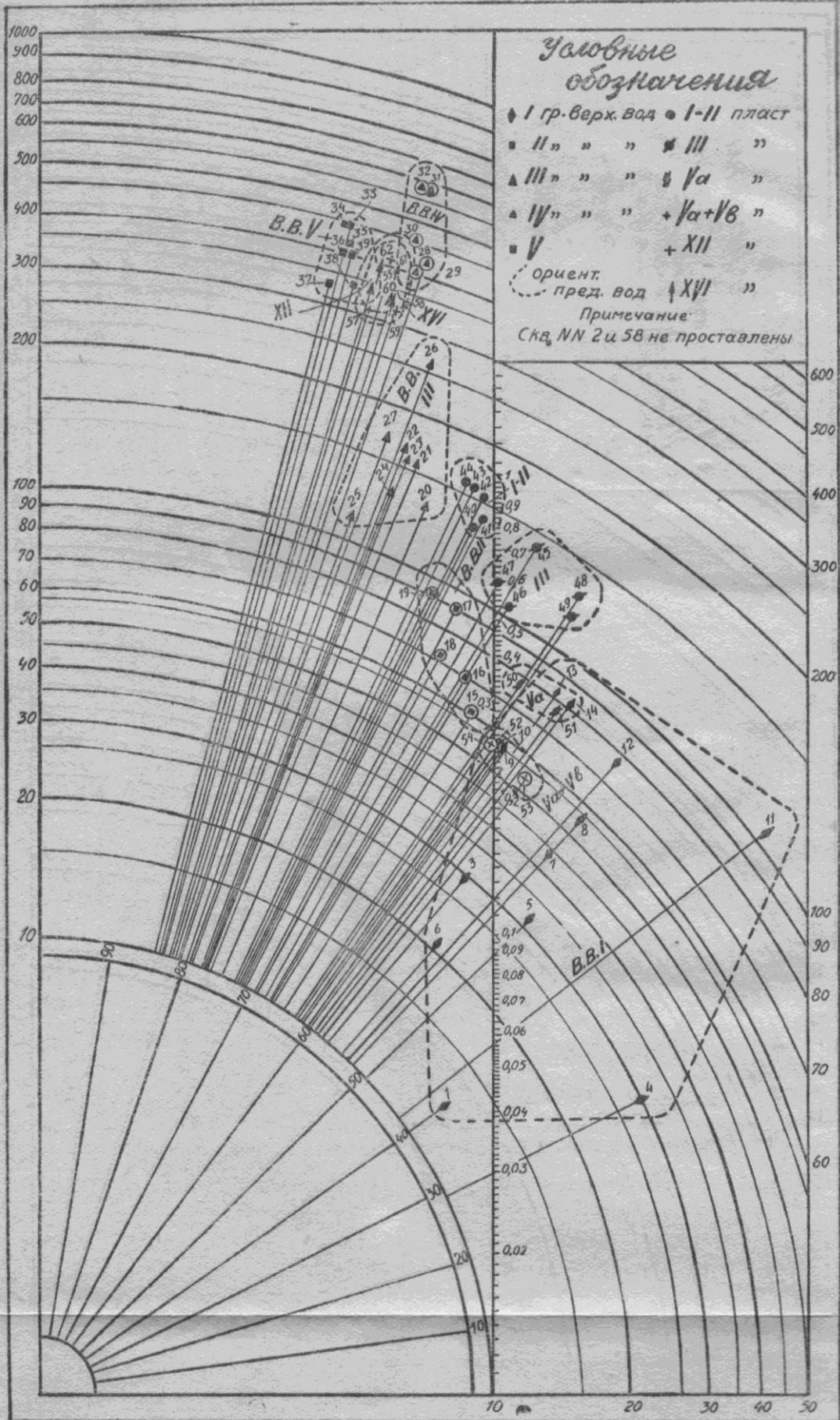
Получим диаграмму, изображенную на фиг. 7. Она весьма сильно напоминает векторную диаграмму с логарифмированием котангенсов. Контуры II группы верхних вод также заходят в контуры I—II и III

Таблица 3

№ диаграмм	Условия		Простота построения	Наглядность полнотного изображения	Универсальность	Возможность различия отдельных групп вод	Удобство определения рода воды по графику	Возможность по данным графика определить исходные данные анализа
	Название диаграмм	Условия						
1	Простая логарифмическая Δ по оси X^*	Простое построение	Изобразительно наглядно	Универсальна	Группы различаются, но при больших величинах Σ и Δ пределы сливаются	Определение весьма удобно	Определены только Σ и Δ	
2	Простая логарифмическая Δ по оси Y^{**}	"	"	"	"	"	"	
3	Простая векторная Δ по котангенсу	Построение простое	"	Не универсальна	Группы с малыми численными значениями Σ и Δ даже не могут быть изображены	Определение просто но не все воды можно изобразить	Возможны не только Σ и Δ , но и их составляющие в эквивалентах ионов	
4	Простая векторная Δ по тангенсу	"	"	"	"	"	"	
5	Векторная с Δ по логарифмическому котангенсу	Построение несложное	"	Универсальна	Группы различаются	Определение несложное	Определены только Σ и Δ	
6	Векторная с Δ по логарифмическому тангенсу	"	"	"	"	"	"	
7	Векторная логарифмическая с Δ по котангенсу	"	"	"	"	"	"	
8	Векторная логарифмическая с Δ по тангенсу	"	"	"	Пределы групп перекрывают друг друга	Определение усложнено перекрываем групп	"	

* Диаграмма вытянута по оси X, что более удобно.

** Диаграмма вытянута вверх.



Фиг. 8

пластов, контур XVI пласта попадает на IV и V группы верхних вод. Туда же накладывается контур XII пласта. В результате диаграмма, обладая всеми свойствами векторной с логарифмированным котангенсом, строится сложнее ее и, вдобавок, контуры еще более перекрывают друг друга.

Построение такой же диаграммы с отношениями по тангенсу (фиг. 8) показывает, что она, являясь видоизменением предыдущей, обладает теми же свойствами, а по расположению своему сходна с предыдущими диаграммами, у которых отношение отложено по тангенсу.

Закончив на этом рассмотрение различного вида диаграмм, перейдем к суммированию найденных характеристик и выбору наилучшей.

Всего в настоящей работе приведено 8 диаграмм. Для упрощения сравнения приводим их характеристики в таблице 3.

Из сопоставления преимуществ и недостатков диаграмм видим, что диаграммы 3 и 4, несмотря на возможность определять исходные данные, в виду своей неуниверсальности, менее всего применимы. Диаграммы 7 и 8, будучи более сложными в сравнении с 5 и 6, менее наглядны.

Таким образом, вопрос сводится к выбору между диаграммами 1, 2, 5 и 6. Сравнение свойств решает вопрос в пользу 1 и 2 диаграмм.

Остается остановиться на одной из них, так как по своим основным достоинствам и недостаткам они аналогичны. Здесь придет на помощь новый фактор—удобство пользования диаграммой. Первая из них, вытянутая в горизонтальном направлении, более удобна. Кроме того, она получила некоторое распространение в Грозненском районе. Приведенный выше материал убеждает нас, что ею и следует пользоваться в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Quincke. Balneologische Tafeln. Berlin. 1872.
2. M. Bottler. Graphische Tafeln zur vergleichung der Mineralquellen deutscher und deutsch-österreichischen Kurorte. Kissingen. 1891.
3. E. Nintz и L. Grünhut. Deutscher Bäderbuch. Leipzig. 1907.
4. Л. А. Ячевский. Материалы для изучения физико-химической природы минеральных источников. „Горный журнал“, 1910, № 3.
5. А. И. Огильви. Каптаж Нарзана и его история. Труды Геол. ком. Нов. серия, вып. 58, СПб, 1911.
6. S. Jaczevsky. Kritische Übersicht der Materialien zur Erforschung der physisch-chemische Natur der Wasserquellen. Budapest. 1911.
7. И. И. Штанге. О результатах периодических химических исследований источников района Кавказских минеральных вод. Записки Русского бальнеологического общества в Пятигорске, 1914, № 1.
8. F. Jacobs. Veröffentlichung der Zentralstelle für Balneologie. 1914.
9. E. Hintz и L. Grünhut. Die Mineralwasser, Moore und Mineralschlamm. Handbuch der Balneologie med. Klimatologie und Balneographie. Leipzig. 1916.
10. G. Sherburne Rogers. Chemical Relations of the Oil Fields Waters in San Joaquin Valley. California. U. S. Geol. Survey, 1917.
11. G. Sherburne Rogers. The Interpretation of Water Analyses by the Geologist. Economic Geology, 1917, № 1.
12. F. Tickell. A Method for the graphical Interpretation of Water Analysis. Sum. of Oper. Calif. Oil Fields, vol. 6, № 9. Cal. State Min. Bureau, 1921.
13. W. D. Collins. Graphic Representation of Water Analyses. Ind. and Eng. Chemistry. Vol. 15, № 4, 1923.
14. Э. Э. Карстенс. Способы изображения состава минеральных вод и необходимость метода выяснения анализов. „Курортное дело“. № 1. Москва, 1927.
15. Дж. Шерборн Роджерс. Химические соотношения вод нефтяных месторождений. Москва, 1924.
16. E. M. Parks. Water Analyses in Oil Production and some Analyses from Paison Soidep Wyoming. Bull. Am. Ass. of Petr. Geol. 1925, № 9.

17. А. С. Уклонский. Материалы для геохимической характеристики вод Туркестана. Ташкент 1925, изд. Упр. водн. хоз.
18. А. Н. Огильви. К вопросу о методике изучения минеральных источников. Труды бальнеологического института. Т. II. Пятигорск, 1925.
19. В. Шишкин. Графико-аналитический метод исследования вод источников и буровых скважин. „Нефтяное и Сланцевое Хозяйство“, 1925, № 2.
20. Н. Т. Линдтроп. Буровые воды Новогрозненского района. „Нефтяное и Сланцевое Хозяйство“, 1925, № 6.
21. М. А. Жданов. Предварительная классификация вод III группы Старогрозненского района по пластам. 1925. Неопубликованный доклад.
22. Н. Н. Славянов. Материалы по геологическому изучению Тамбуканского озера. Мат. по общ. и прикл. геол. Вып. 41. Пp. 1926.
23. Г. Хельквист. Методы обработки химических анализов вод нефтяных месторождений. „Аз. Нефтяное Хозяйство“, 1926, № 2.
24. Н. Т. Линдтроп. Outline of Water Problems in New-Grozny Oil Fields, Russia. Bull. of the Am. Ass. of Petrol. Geolog. 1927, II № 10.
- 24-a. С. E. Reistle. Identification of Oil Field Waters by chemical Analyses. Washington. 1927.
25. Н. Н. Славянов. О некоторых малоизвестных минеральных источниках Кубанской области. Мат. по общей и прикладной геологии. Вып. 82. Ленинград, 1928.
26. А. А. Аносов. Материалы к характеристике буровых вод Калужского района. 5. II—1929.
27. А. А. Аносов. Материалы к характеристике буровых вод Калужских нефтяных промыслов. „Аз. Нефтяное Хозяйство“, 1927, № 8-9.
28. Г. А. Максимович. О характеристике буровых вод Калужских промыслов. 1929, 15/XI. Неопубликованный доклад.
29. Н. Н. Славянов. Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применение. Мат. по общ. и прикл. геологии. Вып. 97, Ленинград, 1929.
30. Г. А. Максимович. Классификация буровых вод Вознесенского района, 1930, 8/V. Неопубликованный доклад.