

**Г. А. Максимович**

**О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ВОД ПОДЗЕМНЫХ КАРСТОВЫХ ОЗЕР СССР**

Характеристика подземных озер была автором опубликована (9). Попытаемся осветить их химизм. К сожалению, химические анализы вод подземных озер немногочисленны. Один из первых принадлежит А. А. Лебединцеву и В. И. Бондареву (7), которые исследовали воду озера в пещере Суук-хоба в Крыму, приуроченную к известнякам. Химический анализ этот, по данным П. М. Васильевского и П. И. Желтова (1), следующий:

Соли	в литре воды в г	в 100 частях сухого вещества
Углекислая известь	0,13480	66,88 %
Углекислая магнезия	0,00950	4,71 %
Сернокислая известь	0,00461	2,29 %
Магнезия в виде других солей	0,00733	3,64 %
Кремневая кислота	0,01659	7,23 %
Органическое вещество	0,01070	5,30 %
	0,18353	90,05 <sup>1</sup>

Химический состав подземных озер в советское время изучается, начиная с 1917 года, когда Э. Э. Карстенс анализирует воду озера Пятигорского провала (5), А. Д. Нацкий характеризует озеро Бахарденской пещеры (11, 12, 13), Г. А. Максимович и Г. Г. Кобяк публикуют данные по Кунгурской пещере, где приводятся анализы за 1934 и 1940 гг. (10). Освещается состав вод озер пещеры на р. Ик в Башкирии, Кизеловской пещеры (3, 6, 8). В популярном журнале имелось указание на изучение химического состава вод подземных озер Сюкеевских пещер, без приведения анализов (2). Анализы эти были любезно предоставлены автору.

Некоторые химические анализы вод подземных озер Пермской области произведены экспедицией кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета в 1954 г. С. П. Ермаков публикует неполный химический анализ подземного озера Пашийской пещеры (4), а Е. В. Ястребов – Дивьей (14).

Таблица 1

**Химический состав вод подземных карстовых озер СССР (в мг/л)**

№№ п/п.	Озера пещер	Минерализация	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na+K	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Дата анализа	Литер ист.
Пещеры в известняках HCO <sub>3</sub> -Ca гидрохимическая фация												
1	Суук-Хоба (Крым)	172	—	3	90	55	7	—	17	—	1896	1,7
2	Кизеловская	218	2	1	162	52	1	1	—	—	31.8.34	3
3	Кизеловская	689	117	146	217	181	2	17	6	1	12.1.50	6
4	Дивья	243	10	19	152	63	—	—	—	—	6.7.57	14
Пещеры в гипсах. SO <sub>4</sub> -Ca-HCO <sub>3</sub> гидрохимическая фация												
5	Икская	1475	14	938	97	410	12	4	—	—	1939	3
6	Кунгурская. Грот Колизей	2159	2	1473	80	546	58	1	11	2	12.1934	10
7	Грот Колизей	2172	3	1472	84	546	58	2	11	1	29.3.40	10
8	Грот Колизей	1991	—	1320	107	361	56	147	—	—	7.1954	
9	Грот Титанический	2083	3	1363	120	567	25	2	10	2	12.1934	10
10	«	1999	4	1297	130	497	42	39	—	—	5.10.35	10
11	«	2055	4	1360	122	567	24	2	10	1 <sup>1</sup>	6.4.40	10
12	П.-Сергинская 1	1726	8	1117	121	422	48	11	—	—	7.1954	
13	Девичья	1776	8	1055	194	446	23	25	21	4	2.9.48	2
14	Девичья	1904	14	1127	222	494	24	9	14	—	12.11.48	2
15	Девичья	1735	—	1017	217	480	21	—	32	42	7.9.49	2
16	Девичья	1979	9	1172	245	511	33	9	—	—	8.9.51	2
SO <sub>4</sub> -Ca-Na гидрохимическая фация												
17	Кунгурская. Грот дождей	2011	—	1320	107	312	48	225	—	—	7.1954	
18	Грот геологов, озеро 2 <sup>4</sup>	1944	15	1282	161	259	48	180	—	—	7.1954	
19	Грот геологов, озеро 1	2032	—	1282	175	320	62	195	—	—	7.1954	
20	Девичья	1510	6	918	146	267	11	162	—	—	18.6.53	2
21	Грот Титанический	2061	15	1282	188	263	76	236	—	—	7.1954	
Карстовая шахта в гипсах и известняках. SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Ca гидрохимическая фация												
22	Дивичья <sup>5</sup>	707	5	323	177	166	12	12	8	3 <sup>3</sup>	5.6.49	2
23	Бреховский провал, оз. 1	985	8	456	255	185	27	55	—	—	7.1954	
24	« , оз. 2	1075	12	518	255	200	34	58	—	—	7.1954	
Пещеры с минеральными водами												
25	Пятигорский провал	4350	868	725	1406	406	58	831+58	—	—	11.1917	5
26	Бахарденское озеро	2757	394	1382	966	336	81	428+40	—	—	1915	11
27	«	2858	468	1255	228	323	53	507+27	—	—	1924	12,13

<sup>1</sup> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,3;

<sup>2</sup> 0,12;

<sup>3</sup> 0,05;

<sup>4</sup> Na больше, чем Ca;

<sup>5</sup> во время половодья;

<sup>6</sup> CO<sub>3</sub>.

<sup>1</sup> другие составные части не были определены за неимением достаточного количества воды.

По данным химических анализов, как опубликованных, так и имеющихся у автора, подземные озера можно разделить на приуроченные к известнякам или к гипсам (табл. 1). К первым относятся озера пещер Кизеловской, Дивьей, Суук-хоба, а также не приведенной в таблице Пашийской. Здесь преобладают гидрокарбонатно-кальциевые воды. Ко второй группе относятся воды озер Икской, Куигурской, Пермско-Сергинской пещер Пермской области и Девичьей (из группы Сюкеевских пещер в Татарии), которые характеризуются сульфатно-кальциевыми водами. Исключением является один анализ (№ 22 в таблице 1) пробы, взятой во время половодья, когда воды р. Волги проникали в Девичью пещеру. Такой же, примерно, состав вод озер на дне карстовой шахты Бреховского провала, где наблюдаются сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые воды.

Особую группу представляют подземные озера, питающиеся восходящими минеральными водами. Сюда относятся Пятигорский провал и Бахарденская пещера. В первом озере гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-сульфатные воды с минерализацией 4351 мг/л имеют температуру 30°, 2. Состав свободного газа CO<sub>2</sub> – 83 %, N<sub>2</sub> – 16,8 %, O<sub>2</sub> – 0,2 % и H<sub>2</sub>S – следы. Озеро в Бахарденской пещере с температурой 34–37°, 5 характеризуется сульфатно-натриево-хлоридно-кальциевыми водами и минерализацией 2757–2858 мг/л.

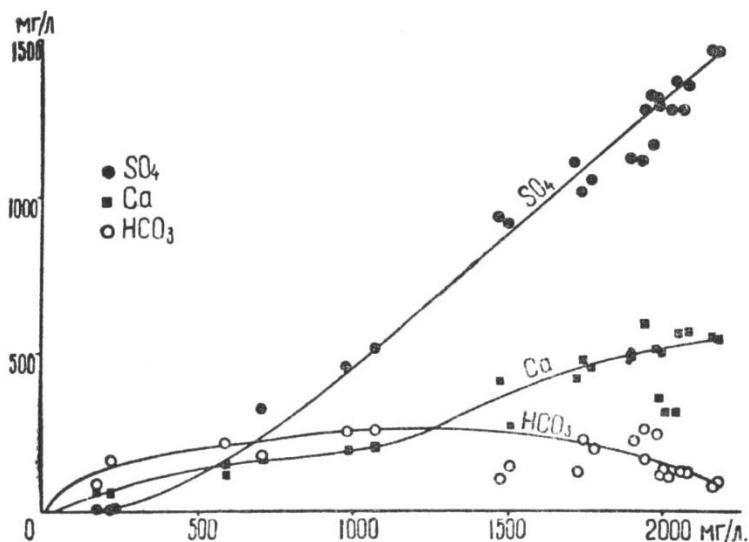


Рис. 1. Изменение гидрохимических фаций вод подземных озер в зависимости от общей минерализации.

Приведенные новые анализы не изменили сделанные Л. В. Голубевой (3) выводы о зависимости гидрохимических фаций карстовых озер от общей минерализации (рис. 1). Пределы ее для гидрохимических фаций подземных озер в известняках и гипсах (без минеральных): гидрокарбонатно-кальциевая с минерализацией до 550 мг/л, сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая – 650–1250 мг/л, сульфатно-кальциевая при минерализации >1250 мг/л. Они несколько отличаются от приведенных Л. В. Голубевой, которая рассматривала не только подземные, но и в значительной степени поверхностные карстовые озера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильевский П. М. и Желтов П. И. Гидрогеологические исследования горы Чатырдага в 1927 г. Тр. ВГРО, в. 142, стр. 11, 1932.
2. Галиев У. З., Кавеев М. С. и Любочка В. А. Гидрохимия Сюкеевских пещер. Природа, № 5, стр. 93–94, 1955.
3. Голубева Л. В. Химический состав вод некоторых карстовых озер Пермской области. Гидрохимические материалы, т. 21, стр. 81–85, 1953.
4. Ермаков С. П. Пашийская пещера «Большие воронки». Землеведение, т. IV, стр. 79, 1957.
5. Карстенс Э. Э. Материалы по химическому составу минеральных источников Северного Кавказа. Мат. по общей и прикладной геологии, вып. 33, табл. II. Л. 1933.
6. Кузнецова Л. С., Чирвинский П. Н. Кальцитовые озерно-карстовые пленки и их вероятный генезис. Минералогический сборник Львовского геол. об-ва, № 5, стр. 319–324, 1951.
7. Лебединцев А. А. и Бондарев В. И. Химическое исследование образцов морской воды у Севастополя и Ялты и воды из сталактитовой пещеры Суук-хоба. Записки Крымского горного клуба, № 1, стр. 17, 1896.
8. Максимович Г. А. Кальцитовые пленки озерных ванночек пещер. Зап. Всесоюзного минералогии, об-ва, ч. 84, № 1, стр. 78–79, 1955.
9. Максимович Г. А. Подземные карстовые озера. Спелеология и карстование, стр. 41–52, изд. МОИП, 1959.
10. Максимович Г. А., Кобяк Г. Г. К характеристике вод подземных озер. Доклады АН СССР, т. 31, № 1, стр. 26–28, 1941.
11. Нацкий А. Д. Серные источники Закаспийской области. Ест. произв. силы России, т. IV, 1918.
12. Никшич И. И. Геологические и гидрогеологические исследования в Полторацком уезде. Ташкент, 1924.
13. Петров М. П. Бахарденская пещера. Природа, № 1, стр. 66, 1956.
14. Ястребов Е. В. Дивья пещера. Стр. 25. Пермь. 1958.

Г. А. Максимович

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ВОД  
ПОДЗЕМНЫХ КАРСТОВЫХ ОЗЕР СССР

Характеристика подземных озер была автором опубликована (9). Попытаемся осветить их химизм. К сожалению, химические анализы вод подземных озер немногочисленны. Один из первых принадлежит А. А. Лебединцеву и В. И. Бондареву (7), которые исследовали воду озера в пещере Суук-хоба в Крыму, приуроченную к известнякам. Химический анализ этот, по данным П. М. Васильевского и П. И. Желтова (1), следующий:

Соли	в литре воды в г	в 100 частях сухого вещества
Углекислая известь	0,13480	66,88%
Углекислая магнезия	0,00950	4,71%
Сернокислая известь	0,00461	2,29%
Магнезия в виде других солей	0,00733	3,64%
Кремневая кислота	0,01659	7,23%
Органическое вещество	0,01070	5,30%
	0,18353	90,05 *

Химический состав подземных озер в советское время изучается, начиная с 1917 года, когда Э. Э. Карстенс анализирует воду озера Пятигорского провала (5), А. Д. Нацкий характеризует озеро Бахарденской пещеры (11, 12, 13), Г. А. Максимович и Г. Г. Кобяк публикуют данные по Кунгурской пещере, где приводятся анализы за 1934 и 1940 гг. (10). Освещается состав вод озер пещеры на р. Ик в Башкирии, Кизеловской пещеры (3, 6, 8). В популярном журнале имелось указание на изучение химического состава вод подземных озер Сюкеевских пещер, без приведения анализов (2). Анализы эти были любезно предоставлены автору.

Некоторые химические анализы вод подземных озер Пермской области произведены экспедицией кафедры динамической геоло-

\* другие составные части не были определены за неимением достаточного количества воды.

Таблица 1

## Химический состав вод подземных карстовых озер СССР (в мг/л)

№№ п/п.	Озера пещер	Минерализация	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na+K	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Дата анализа	Литер. ист.
Пещеры в известняках HCO <sub>3</sub> -Ca гидрохимическая фация												
1	Суук-Хоба (Крым)	172	—	3	90	55	7	—	17	—	1896	1,7
2	Кизеловская	218	2	1	162	52	1	1	—	—	31.8.34	3
3	Кизеловская	689	117	146	217	181	2	17	6	1	12.1.50	6
4	Дивья	243	10	19	152	63	—	—	—	—	6.7.57	14
Пещеры в гипсах. SO <sub>4</sub> -Ca-HCO <sub>3</sub> гидрохимическая фация												
5	Икская	1475	14	938	97	410	12	4	—	—	1939	3
6	Кунгурская. Грот Колизей	2159	2	1473	80	546	58	1	11	2	12.1934	10
7	Грот Колизей	2172	3	1472	84	546	58	2	11	1	29.3.40	10
8	Грот Колизей	1991	—	1320	107	361	56	147	—	—	7.1954	10
9	Грот Титанический	2083	3	1363	120	567	25	2	10	2	12.1934	10
10	"	1999	4	1297	130	497	42	39	—	—	5.10.35	10
11	"	2055	4	1360	122	567	24	2	10	1 <sup>1</sup>	6.4.40	10
12	П.-Сергинская I	1726	8	1117	121	422	48	11	—	—	7.1954	2
13	Девичья	1776	8	1055	194	446	23	25	21	4	2.9.48	2
14	Девичья	1904	14	1127	222	494	24	9	14	—	12.11.48	2
15	Девичья	1735	—	1017	217	480	21	—	32	4 <sup>2</sup>	7.9.49	2
16	Девичья	1979	9	1172	245	511	33	9	—	—	8.9.51	2
SO <sub>4</sub> -Ca-Na гидрохимическая фация												
17	Кунгурская. Грот дождей	2011	—	1320	107	312	48	225	—	—	7.1954	—
18	Грот геологов, озеро 2 <sup>4</sup>	1944	15	1282	161	259	48	180	—	—	7.1954	—

<sup>1</sup> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—0,3; <sup>2</sup> 0,12; <sup>4</sup> Na больше, чем Ca;

Продолжение таблицы 1

№ № п/п.	Озера пещер	Минерализация	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na+K	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Дата анализа	Литер. ист.
19	Грот геологов, озеро 1	2032	—	1282	175	320	62	195	—	—	7.1954	2
20	Девичья	1510	6	918	146	267	11	162	—	—	18.6.53	
21	Грот Титанический	2061	15	1282	188	263	76	236	—	—	7.1954	
Карстовая шахта в гипсах и известняках. SO <sub>4</sub> —HCO <sub>3</sub> —Ca гидрохимическая фаза												
22	Девичья <sup>5</sup>	707	5	323	177	166	12	12	8	3 <sup>3</sup>	5.6.49	2
23	Бреховский провал, оз. 1	985	8	456	255	185	27	55	—	—	7.1954	
24	" оз. 2	1075	12	518	255	200	34	58	—	—	7.1954	
Пещеры с минеральными водами												
25	Пятигорский провал	4350	868	725	1406	406	58	831+58	—	—	11.1917	5
26	Бахарденское озеро	2757	394	1382	96 <sup>6</sup>	336	81	428+40	—	—	1915	11
27	" "	2858	468	1255	228	323	53	507+27	—	—	1924	12,13

<sup>3</sup> 0,05; <sup>5</sup> во время половодья; <sup>6</sup> CO<sub>2</sub>.

гии и гидрогеологии Пермского университета в 1954 г. С. П. Ермаков публикует неполный химический анализ подземного озера Пашийской пещеры (4), а Е. В. Ястребов — Дивьей (14).

По данным химических анализов, как опубликованных, так и имеющихся у автора, подземные озера можно разделить на приуроченные к известнякам или к гипсам (табл. 1). К первым относятся озера пещер Кизеловской, Дивьей, Суук-хоба, а также не приведенной в таблице Пашийской. Здесь преобладают гидрокарбонатно-кальциевые воды. Ко второй группе относятся воды озер Икской, Кунгурской, Пермско-Сергинской пещер Пермской области и Девичьей (из группы Сюкеевских пещер в Татарии), которые характеризуются сульфатно-кальциевыми водами. Исключением является один анализ (№ 22 в таблице 1) пробы, взятой во время половодья, когда воды р. Волги проникали в Девичью пещеру. Такой же, примерно, состав вод озер на дне карстовой шахты Бреховского провала, где наблюдаются сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые воды.

Особую группу представляют подземные озера, питающиеся восходящими минеральными водами. Сюда относятся Пятигорский провал и Бахарденская пещера. В первом озере гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-сульфатные воды с минерализацией 4351 мг/л имеют температуру 30°, 2. Состав свободного газа  $\text{CO}_2$  — 83%,  $\text{N}_2$  — 16,8%,  $\text{O}_2$  — 0,2% и  $\text{H}_2\text{S}$  — следы. Озеро в Бахарденской пещере с температурой 34—37°, 5 характеризуется сульфатно-натриево-хлоридно-кальциевыми водами и минерализацией 2757—2858 мг/л.

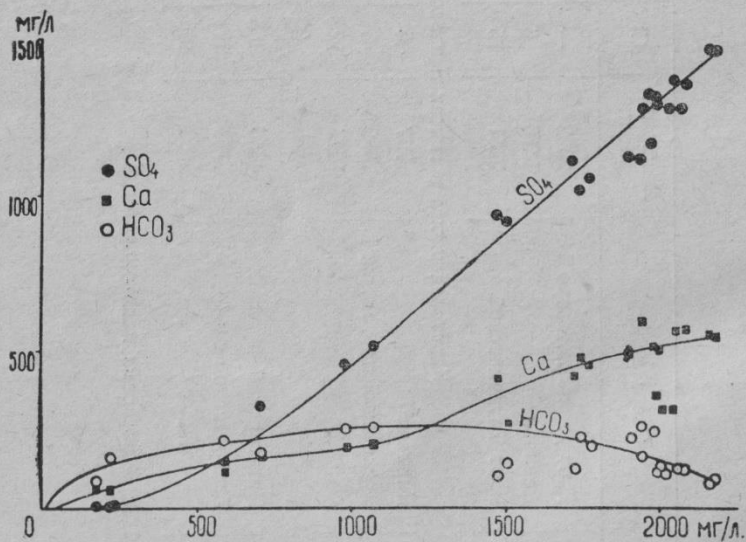


Рис. 1. Изменение гидрохимических фаций вод подземных озер в зависимости от общей минерализации.

Приведенные новые анализы не изменили сделанные Л. В. Голубевой (3) выводы о зависимости гидрохимических фаций карстовых озер от общей минерализации (рис. 1). Пределы ее для гидрохимических фаций подземных озер в известняках и гипсах (без минеральных): гидрокарбонатно-кальциевая с минерализацией до 550 мг/л, сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая — 650—1250 мг/л, сульфатно-кальциевая при минерализации >1250 мг/л. Они несколько отличаются от приведенных Л. В. Голубевой, которая рассматривала не только подземные, но и в значительной степени поверхностные карстовые озера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильевский П. М. и Желтов П. И. Гидрогеологические исследования горы Чатырдага в 1927 г. Тр. ВГРО, в. 142, стр. 11, 1932.
2. Галиев У. З., Кавеев М. С. и Любочка В. А. Гидрохимия Сюлеевских пещер. Природа, № 5, стр. 93—94, 1955.
3. Голубева Л. В. Химический состав вод некоторых карстовых озер Пермской области. Гидрохимические материалы, т. 21, стр. 81—85, 1953.
4. Ермаков С. П. Пашийская пещера «Большие воронки». Землеведение, т. IV, стр. 79, 1957.
5. Карстенс Э. Э. Материалы по химическому составу минеральных источников Северного Кавказа. Мат. по общей и прикладной геологии, вып. 33, табл. II, Л. 1933.
6. Кузнецова Л. С., Чирвинский П. Н. Кальцитовые озерно-карстовые пленки и их вероятный генезис. Минералогический сборник Львовского геол. об-ва, № 5, стр. 319—324, 1951.
7. Лебединцев А. А. и Бондарев В. И. Химическое исследование образцов морской воды у Севастополя и Ялты и воды из сталактитовой пещеры Суук-хоба. Записки Крымского горного клуба, № 1, стр. 17, 1896.
8. Максимович Г. А. Кальцитовые пленки озерных ванночек пещер. Зап. Всесоюзного минералогич. об-ва, ч. 84, № 1, стр. 78—79, 1955.
9. Максимович Г. А. Подземные карстовые озера. Спелеология и карстование, стр. 41—52, изд. МОИП, 1959.
10. Максимович Г. А., Кобяк Г. Г. К характеристике вод подземных озер. Доклады АН СССР, т. 31, № 1, стр. 26—28, 1941.
11. Нацкий А. Д. Серные источники Закаспийской области. Ест. произв. силы России, т. IV, 1918.
12. Никшич И. И. Геологические и гидрогеологические исследования в Полторацком уезде. Ташкент, 1924.
13. Петров М. П. Бахарденская пещера. Природа, № 1, стр. 66, 1956.
14. Ястребов Е. В. Дивья пещера. Стр. 25. Пермь. 1958.

Пермский государственный университет им. А. М. Горького

В. Г. Охапкин, В. Д. Щеглов

#### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОЗЕРНОЙ ВОДЫ И ЛЬДА КОЧМЕНСКОЙ ПЕЩЕРЫ

Осенью 1961 г. нами была обследована Кочменская ледяная пещера, расположенная в окрестностях д. Смолино в Пермской области. Она выработана в гипсах и ангидритах кунгурского яру-