

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЬДА ОЗЕР (И ПРУДОВ)

Химический состав льда озер и прудов почти не изучен. Если по химизму речных, прудовых и пещерных льдов имеются некоторые данные (3, 1, 9), то в доступной нам гидрохимической литературе и сводках (6, 11, 12) есть единственный неполный химический анализ льда Тамбуканского глауберового озера в районе Кавказских минеральных вод.

В марте 1961 года нами были отобраны пробы льда и воды из наиболее крупных карстовых озер Чусовской стрелки Камского водохранилища. В январе 1962 года взяты пробы льда, воды и снега из озер 1 и 5 (дд. Городище и Залесная). Вода и лед из карстового озера в д. Гора и из Полазнинского пруда (Пермская область) отбирался И. Н. Шестовым. Химические анализы льда, воды и снега озер Балтым, Шарташ и Петрокаменского пруда (Свердловская область) были любезно предоставлены З. М. Балабановой. Всего в работе приводится тринадцать анализов озерного и прудового льда, двенадцать – воды и пять – снега, отобранных одновременно. Химические анализы выполнены в гидрогеохимических лабораториях кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета и Уральского отделения ВНИОРХ'а. Результаты сведены в таблицу (табл. 1).

Покровный лед озер смешанного происхождения. Верхняя его часть образуется из атмосферного снега, а нижняя представляет результат замерзания воды (6). Химический состав льда обусловлен его происхождением и местонахождением. Атмосферный лед отличается сравнительно малым разнообразием фаций. Состав гидрогенного льда зависит от состава вод, из которых он образовался.

Общая минерализация льда описываемых озер невелика и изменяется в пределах от 22 до 80 мг/л. Несколько более повышена минерализация льда озера 16 в д. Гляденово (113 мг/л) и Петрокаменского пруда (109 мг/л) в основном за счет содержания гидрокарбонатного и натриевого ионов для озера, а для пруда – сульфат-иона.

Таблица 1

Химический состав льда, воды и снега озер и прудов

№ п/п	Место отбора пробы	Дата	Проба л., в., или с. ****	Общая минерализация мг/л	Содержание в мг/л								Гидрохимическая фация
					HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na	NO ₃	NH ₄	
1	Д. Городище (1)*	I.1962	л.	48	21	8	5	4	1	9	–	–	HCO ₃ -Na-SO ₄
2	«	«	в.	499	330	12	28	50	12	38	–	14**	HCO ₃ -Ca-Na
3	Д. Залесная (5)	III.1961	л.	59	37	–	7	3	1	3	–	8	HCO ₃ -NH ₄ -Cl
4	«	I.1962	л.	22	12	4	–	3	1	–	–	2	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
5	«	I.1962	в.	178	104	16	10	26	5	15	–	2	HCO ₃ -Ca-SO ₄
6	Д. Залесная (13)	III.1961	л.	58	37	–	7	6	2	1	–	5	HCO ₃ -Cl-Ca
7	«	«	в.	212	110	–	7	14	6	34	41	–	HCO ₃ -NO ₃ -Na
8	«	I.1962	с.	29	12	4	–	3	–	3	6	2	HCO ₃ -NO ₃ -SO ₄
9	Д. Кулигино (7)	III.1961	л.	43	24	–	7	4	1	7	–	–	HCO ₃ -Cl-Na
10	«	«	в.	112	73	–	10	18	4	7	–	–	HCO ₃ -Ca-Cl
11	Д. Кулигино (8)	«	л.	36	24	–	3	3	1	–	–	5	HCO ₃ -NH ₄ -Ca (Cl)
12	«	«	в.	83	55	–	7	11	2	8	–	–	HCO ₃ -Ca-Na
13	Д. Гляденово (16)	«	л.	133	73	–	10	10	4	21	15	–	HCO ₃ -Na-NO ₃
14	«	«	в.	245	128	–	25	19	3	46	24	–	HCO ₃ -Na-Cl (NO ₃)
15	Д. Боровково (17)	«	л.	73	24	–	10	4	1	16	18	–	HCO ₃ -NO ₃ -Na
16	«	«	в.	88	49	–	3	12	1	9	14	–	HCO ₃ -NO ₃ -Ca
17	Д. Гора	I.1962	л.	80	37	16	5	11	2	6	1	2	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
18	Д. Гора	I.1962	в.	174	113	16	2	29	5	8	1	–	HCO ₃ -Ca-SO ₄
19	Полазнинский пруд	»	л.	31	12	8	2	3	1	5	–	–	HCO ₃ -SO ₄ -Na
20	«	«	в.	1201	232	600	37	300	24	8	–	–	SO ₄ -Ca-HCO ₃
21	Озеро Балтым	IV.1954	л.	21,25	14	2	0,5	3	1	0,5	–	0,25	HCO ₃ -Ca-SO ₄
22	«	«	в.	201	141	6	4,5	36	11	–	0,5	2	HCO ₃ -Ca-Mg
23	«	«	с.	37	15	3	4	8	2	–	4,0	1,0	HCO ₃ -Ca-Cl (NO ₃)
24	Озеро Шарташ	I.1954	л.	75,5	49	6	6	7	4	–	–	3,5	HCO ₃ -Ca-SO ₄ (Cl)
25	«	«	в.	321	177	22	31	49	14	24	4	–	HCO ₃ -Ca-Cl
26	«	«	с.	91	38	23	4	15	5	–	3	3	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
27	«***	III.1941	с.	34,5	18	9	2	5	0,5	–	–	–	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
28	Пруд Петрокаменский	III.1940	л.	109	37	61	4	5	2	–	–	–	SO ₄ -HCO ₃ -Ca
29	«	«	в.	355	79	167	9	34	12	54	–	–	SO ₄ -HCO ₃ -Cl
30	«	«	с.	19	12	4	2	0,8	0,2	–	–	–	HCO ₃ -SO ₄ -Cl

* Цифры в скобках означают номера карстовых озер Чусовского мыса.

** Содержание Fe⁺⁺⁺ в мг/л в воде озера № 1.

*** Труды ВНИОРХ т. IV, 1949.

**** л., в., с. – лед, вода, снег.

Минерализация воды озер значительно превосходит минерализацию льда и изменяется от 83 до 499 мг/л. В Полазнинском пруде она составляет 1201 мг/л и превосходит минерализацию льда почти в 40 раз. Здесь, вероятно, имеет место вымораживание отдельных компонентов во льде и увеличение концентрации ионов в воде в связи с уменьшением ее количества в зимнее время.

Лед описываемых озер и Полазнинского пруда относится к гидрокарбонатной, а Петрокаменского пруда – к сульфатной гидрохимическим формациям. Гидрофации льда весьма разнообразны (табл. 1). Преобладающими

компонентами после гидрокарбонатного являются ионы натрия, хлора, аммония, сульфата и нитратный ион. Здесь, вероятно, играет роль характер атмосферных осадков, которые могут приносить с собой хлориды натрия морского происхождения. Большое значение имеет и деятельность человека. Сжигание каменного угля в топках промышленных предприятий, домов, паровозов высвобождает серу пирита, окислы азота и другие элементы (5–8). Это сказывается на составе воздуха, а, следовательно, и атмосферных осадков в районах людских поселений. Снег, как и дождь, очищает воздух от азотистых соединений, хлора и сульфат-иона. Показателем пример изменения состава льда озер Чусовской стрелки. В 1961 г. во льде сульфатный ион отсутствовал. В повторных пробах 1962 г. после наращивания дымовой трубы одного из химических предприятий в снеге и льде озер 1 и 5 он появился. Снег был загрязнен сажей.

В районе г. Свердловска лед оз. Шарташ, находящегося в черте города, и оз. Балтым, расположенного примерно в 20 км, относится к одной гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной гидрохимической фации. Однако минерализация первого в 3,5 раза больше, а содержание хлоридов и сульфатов одинаково. Это обусловлено большей минерализацией и загрязненностью как снега, так и озерной воды.

Изученные 13 проб льда из десяти озер и ДВУХ прудов характеризуются очень малой минерализацией (меньше 100 мг/л) и только две – малой минерализацией (100–200 мг/л). При низкой температуре растворимость ионов HCO_3 , Ca, SO_4 уменьшается, что вместе с слабо минерализованным снегом способствует малой минерализации льда. Более значительная растворимость ионов Cl, Na, а также, по-видимому, NO_3 , NH_4 способствует тому, что относительная роль их в составе льда увеличивается. Появляются гидрокарбонатно-натриевые, гидрокарбонатно-аммониевые, гидрокарбонатно-хлоридные и гидрокарбонатно-нитратные льды (табл. 1).

Различие в растворимости HCO_3 , Ca, Mg, SO_4 приводит к тому, что при гидрокарбонатно-кальциево-магниево-сульфатной воде (оз. Балтым) лед гидрокарбонатно-кальциево-сульфатный. В районе д. Залесная вода озера 5 гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная, а лед гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый.

Изучение озерного льда позволяет познать растворимость отдельных ионов при низких температурах. Желательны экспериментальные работы с замораживанием гидрокарбонатно-кальциевых, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых и других вод.

К. Б. Жаггар и М. И. Холодова (3) для льда р. Воронеж установили, что минерализация его составляет 5–6% от минерализации речной воды. Для изученных озерных и прудовых льдов и вод мы имеем следующее соотношение:

%	Число случаев	Примеры озер и прудов
0–5	1	Полазнинский пруд (2,6 %)
5–10	1	Озеро 1 (9,6 %)
10–20	2	оз. Балтым (10,5 %), озеро 5 (12,5 %)
20–30	2	оз. Шарташ (23,5 %), озеро 13 (27,4 %).
30–40	2	пруд Петрокаменский (30,7 %), озеро 7 (38 %).
40–50	2	озеро 8 (43,4 %), озеро в д. Гора (46 %).
50–100	2	озеро 16 (54,3 %), озеро 17 (82,3 %).

Эти данные показывают, что в разных условиях соотношения минерализации льда и озерной (прудовой) воды изменяются в весьма широких пределах.

Наименее изученные озерные и прудовые льды должны привлечь к себе внимание гидрохимиков, химико-географов, гидрологов, геохимиков. При замерзании льда происходят еще недостаточно изученные физико-химические процессы. Необходимо исследовать не только озерные льды Урала и Приуралья, но и других районов СССР. Это позволит надлежащим образом освоить эту интереснейшую разность сезонной криосферы.

Подобные исследования должны вестись с одновременным отбором проб снега, льда и озерной воды.

Замораживание воды имеет и практическое значение. Этим способом в настоящее время в засушливых районах добываются опреснения соленых вод (10).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронков П. П. Основные черты формирования гидрохимического режима Рыбинского водохранилища. Труды ТРИ, в. 011, 1951.
2. Головкин М. П. О гидрохимии природных льдов. Гидрохимические материалы, т. 20, 1953.
3. Жаггар К. Б. и Холодова М. И. Химический состав льда р. Воронеж. Гидрохимические материалы, т. 32, 1961.
4. Максимович Г. А. Гидрохимические фации вод озер (и морей). Доклады АН СССР, т. 47, № 8, 1945.
5. Максимович Г. А. Химический состав атмосферных осадков. Доклады конференции по химической географии вод. Пермь, 1949.
6. Максимович Г. А. Химическая география вод суши. Географии, 1955.
7. Максимович Г. А. Химический состав атмосферных осадков г. Перми и борьба с загрязнением атмосферы. Доклады V Всеуральского совещ. по вопросам географии и охраны природы Урала, 1959.
8. Максимович Г. А. Химический состав атмосферных осадков города Перми и борьба с загрязнением атмосферы. Охрана природы на Урале, в. 2, Пермь, 1961.
9. Максимович Г. А. и Кобяк Г. Г. Характеристика льда Кунгурской пещеры. Доклады АН СССР, т. 31, № 5, 1941.
10. Маринов Н. А., Фомин В. М. О необходимости учета ресурсов высокоминерализованных подземных вод. Разведка и охрана недр, № 11,

1961.

И. Славянов Н. Н. Учение В. И. Вернадского о природных водах и его значение, стр. 65, МОИП, М., 1948.

12. Цыпарин Г. В. Гидрохимия. Озероведение. МГУ, М., 1960.

Пермский государственный университет им. А. М. Горького

ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЯ

Вып. 2 (3)

Пермь, 1963

Г. А. Максимович, Р. В. Яценко

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЬДА ОЗЕР (И ПРУДОВ)

Химический состав льда озер и прудов почти не изучен. Если по химизму речных, прудовых и пещерных льдов имеются некоторые данные (3, 1, 9), то в доступной нам гидрохимической литературе и сводках (6, 11, 12) есть единственный неполный химический анализ льда Тамбуканского глауберового озера в районе Кавказских минеральных вод.

В марте 1961 года нами были отобраны пробы льда и воды из наиболее крупных карстовых озер Чусовской стрелки Камского водохранилища. В январе 1962 года взяты пробы льда, воды и снега из озер 1 и 5 (дд. Городище и Залесная). Вода и лед из карстового озера в д. Гора и из Полазнинского пруда (Пермская область) отбирались И. Н. Шестовым. Химические анализы льда, воды и снега озер Балтым, Шарташ и Петрокаменского пруда (Свердловская область) были любезно предоставлены З. М. Балабановой. Всего в работе приводится тринадцать анализов озерного и прудового льда, двенадцать — воды и пять — снега, отобранных одновременно. Химические анализы выполнены в гидрогеохимических лабораториях кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета и Уральского отделения ВНИОРХ'а. Результаты сведены в таблицу (табл. 1).

Покровный лед озер смешанного происхождения. Верхняя его часть образуется из атмосферного снега, а нижняя представляет результат замерзания воды (6). Химический состав льда обусловлен его происхождением и местонахождением. Атмосферный лед отличается сравнительно малым разнообразием фаций. Состав гидрогенного льда зависит от состава вод, из которых он образовался.

Общая минерализация льда описываемых озер невелика и изменяется в пределах от 22 до 80 мг/л. Несколько более повышена минерализация льда озера 16 в д. Гляденово (113 мг/л) и Петрокаменского пруда (109 мг/л) в основном за счет содержания гидрокарбонатного и натриевого ионов для озера, а для пруда — сульфат-иона.

Химический состав льда, воды и снега озер и прудов

№ п/п	Место отбора пробы	Дата	Проба л., в., с. **	Общая минерализация мг/л	Содержание в мг/л							Гидрохимическая фация	
					HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na	NO ₃		NH ₄
1	Д. Городище (1)*	I.1962	л.	48	21	8	5	4	1	9	—	—	HCO ₃ -Na-SO ₄
2	"	"	в.	499	330	12	28	50	12	38	—	—	HCO ₃ -Ca-Na
3	Д. Залесная (5)	III.1961	л.	59	37	—	7	3	1	3	8	—	HCO ₃ -NH ₄ -Cl
4	"	I.1962	л.	22	12	4	—	3	1	—	—	—	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
5	"	I.1962	в.	178	104	16	10	26	5	15	—	—	HCO ₃ -Ca-SO ₄
6	Д. Залесная (13)	III.1961	л.	58	37	—	7	6	2	1	—	—	HCO ₃ -Cl-Ca
7	"	"	в.	212	110	—	7	14	6	34	41	—	HCO ₃ -NO ₃ -Na
8	"	I.1962	с.	29	12	4	—	3	—	3	6	—	HCO ₃ -NO ₃ -SO ₄
9	Д. Кулигино (7)	III.1961	л.	43	24	—	7	4	1	7	—	—	HCO ₃ -Cl-Na
10	"	"	в.	112	73	—	10	18	4	7	—	—	HCO ₃ -Ca-Cl
11	Д. Кулигино (8)	"	л.	36	24	—	3	3	1	—	—	—	HCO ₃ -NH ₄ -Ca (Cl)
12	"	"	в.	83	55	—	7	11	2	8	—	—	HCO ₃ -Ca-Na
13	Д. Гляденово (16)	"	л.	133	73	—	10	10	4	21	15	—	HCO ₃ -Na-NO ₃
14	"	"	в.	245	128	—	25	19	3	46	24	—	HCO ₃ -Na-Cl (NO ₃)
15	Д. Боровково (17)	"	л.	73	24	—	10	4	1	16	18	—	HCO ₃ -NO ₃ -Na
16	"	"	в.	88	49	—	3	12	1	9	14	—	HCO ₃ -NO ₃ -Ca
17	Д. Гора	I.1962	л.	80	37	16	5	11	2	6	1	2	HCO ₃ -SO ₄ -Ca

* Цифры в скобках означают номера карстовых озер Чу совского мыса.

** Содержание Fe... в мг/л в воде озера № 1.

Продолжение таблицы 1

№	Место отбора пробы	Дата	Проба Л., В., или С. ****	Общая минера- лизация мг/л	Содержание в мг/л							Гидрохимическая фашия	
					HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na	NO ₃		NH ₄
18	Д. Гора	I.1962	В.	174	113	16	2	29	5	8	1	—	HCO ₃ -Ca-SO ₄
19	Полазнинский пруд	"	Л.	31	12	8	2	3	1	5	—	—	HCO ₃ -SO ₄ -Na
20	"	"	В.	1201	232	600	37	300	24	8	—	—	SO ₄ -Ca-HCO ₃
21	Озеро Балтым	IV.1954	Л.	21,25	14	2	0,5	3	1	0,5	—	0,25	HCO ₃ -Ca-SO ₄
22	"	"	В.	201	141	6	4,5	36	11	—	0,5	2	HCO ₃ -Ca-Mg
23	"	"	С.	37	15	3	4	8	2	—	4,0	1,0	HCO ₃ -Ca-Cl (NO ₃)
24	Озеро Шарташ	I.1954	Л.	75,5	49	6	6	7	4	—	—	3,5	HCO ₃ -Ca SO ₄ (Cl)
25	"	"	В.	321	177	22	31	49	14	24	4	—	HCO ₃ -Ca-Cl
26	"	"	С.	91	38	23	4	15	5	—	3	3	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
27	"	III.1941	С.	34,5	18	9	2	5	0,5	—	—	—	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
28	Пруд Петрока- менский	III.1940	Л.	109	37	61	4	5	2	—	—	—	SO ₄ -HCO ₃ -Ca
29	"	"	В.	355	79	167	9	34	12	54	—	—	SO ₄ -HCO ₃ -Cl
30	"	"	С.	19	12	4	2	0,8	0,2	—	—	—	HCO ₃ -SO ₄ -Cl

*** Труды ВНИОРХ т. IV. 1949.

**** Л., В., С. — лед, вода, снег.

Минерализация воды озер значительно превосходит минерализацию льда и изменяется от 83 до 499 мг/л. В Полазнинском пруде она составляет 1201 мг/л и превосходит минерализацию льда почти в 40 раз. Здесь, вероятно, имеет место вымораживание отдельных компонентов во льде и увеличение концентрации ионов в воде в связи с уменьшением ее количества в зимнее время.

Лед описываемых озер и Полазнинского пруда относится к гидрокарбонатной, а Петрокаменского пруда — к сульфатной гидрохимическим формациям. Гидрофации льда весьма разнообразны (табл. 1). Преобладающими компонентами после гидрокарбонатного являются ионы натрия, хлора, аммония, сульфата и нитратный ион. Здесь, вероятно, играет роль характер атмосферных осадков, которые могут приносить с собой хлориды натрия морского происхождения. Большое значение имеет и деятельность человека. Сжигание каменного угля в топках промышленных предприятий, домов, паровозов высвобождает серу пирита, окислы азота и другие элементы (5—8). Это сказывается на составе воздуха, а, следовательно, и атмосферных осадков в районах людских поселений. Снег, как и дождь, очищает воздух от азотистых соединений, хлора и сульфат-иона. Показателен пример изменения состава льда озер Чусовской стрелки. В 1961 г. во льде сульфатный ион отсутствовал. В повторных пробах 1962 г. после наращивания дымовой трубы одного из химических предприятий в снегу и льде озер 1 и 5 он появился. Снег был загрязнен сажей.

В районе г. Свердловска лед оз. Шарташ, находящегося в черте города, и оз. Балтым, расположенного примерно в 20 км, относится к одной гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной гидрохимической фации. Однако минерализация первого в 3,5 раза больше, а содержание хлоридов и сульфатов одинаково. Это обусловлено большей минерализацией и загрязненностью как снега, так и озерной воды.

Изученные 13 проб льда из десяти озер и двух прудов характеризуются очень малой минерализацией (меньше 100 мг/л) и только две — малой минерализацией (100—200 мг/л). При низкой температуре растворимость ионов HCO_3 , Ca , SO_4 уменьшается, что вместе с слабо минерализованным снегом способствует малой минерализации льда. Более значительная растворимость ионов Cl , Na , а также, по-видимому, NO_3 , NH_4 способствует тому, что относительная роль их в составе льда увеличивается. Появляются гидрокарбонатно-натриевые, гидрокарбонатно-аммониевые, гидрокарбонатно-хлоридные и гидрокарбонатно-нитратные льды (табл. 1).

Различие в растворимости HCO_3 , Ca , Mg , SO_4 приводит к тому, что при гидрокарбонатно-кальциево-магниевой воде (оз. Балтым) лед гидрокарбонатно-кальциево-сульфатный. В районе д. Залесная вода озера 5 гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная, а лед гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый.

Изучение озерного льда позволяет познать растворимость от-

дельных ионов при низких температурах. Желательны экспериментальные работы с замораживанием гидрокарбонатно-кальциевых, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых и других вод.

К. Б. Жаггар и М. И. Холодова (3) для льда р. Воронеж установили, что минерализация его составляет 5—6% от минерализации речной воды. Для изученных озерных и прудовых льдов и вод мы имеем следующее соотношение:

%	Число случаев	Примеры озер и прудов
0—5	1	Полазнинский пруд (2,6%)
5—10	1	Озеро 1 (9,6%)
10—20	2	оз. Балтым (10,5%), озеро 5 (12,5%)
20—30	2	оз. Шарташ (23,5%), озеро 13 (27,4%).
30—40	2	пруд Петрокаменский (30,7%), озеро 7 (38%).
40—50	2	озеро 8 (43,4%), озеро в д. Гора (46%).
50—100	2	озеро 16 (54,3%), озеро 17 (82,3%).

Эти данные показывают, что в разных условиях соотношения минерализации льда и озерной (прудовой) воды изменяются в весьма широких пределах.

Наименее изученные озерные и прудовые льды должны привлечь к себе внимание гидрохимиков, химико-географов, гидрологов, геохимиков. При замерзании льда происходят еще недостаточно изученные физико-химические процессы. Необходимо исследовать не только озерные льды Урала и Приуралья, но и других районов СССР. Это позволит надлежащим образом освоить эту интереснейшую разность сезонной криосферы.

Подобные исследования должны вестись с одновременным отбором проб снега, льда и озерной воды.

Замораживание воды имеет и практическое значение. Этим способом в настоящее время в засушливых районах добиваются опреснения соленых вод (10).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронков П. П. Основные черты формирования гидрохимического режима Рыбинского водохранилища. Труды ГГИ, в. 011, 1951.
2. Головков М. П. О гидрохимии природных льдов. Гидрохимические материалы, т. 20, 1953.
3. Жаггар К. Б. и Холодова М. И. Химический состав льда р. Воронеж. Гидрохимические материалы, т. 32, 1961.
4. Максимович Г. А. Гидрохимические фации вод озер (и морей). Доклады АН СССР, т. 47, № 8, 1945.
5. Максимович Г. А. Химический состав атмосферных осадков. Доклады конференции по химической географии вод. Пермь, 1949.

6. Максимович Г. А. Химическая география вод суши. Географгиз, 1955.

7. Максимович Г. А. Химический состав атмосферных осадков г. Перми и борьба с загрязнением атмосферы. Доклады V Всеуральского совещ. по вопросам географии и охраны природы Урала, 1959.

8. Максимович Г. А. Химический состав атмосферных осадков города Перми и борьба с загрязнением атмосферы. Охрана природы на Урале, в. 2, Пермь, 1961.

9. Максимович Г. А. и Кобяк Г. Г. Характеристика льда Кунгурской пещеры. Доклады АН СССР, т. 31, № 5, 1941.

10. Маринов Н. А., Фомин В. М. О необходимости учета ресурсов высокоминерализованных подземных вод. Разведка и охрана недр, № 11, 1961.

11. Славянов Н. Н. Учение В. И. Вернадского о природных водах и его значение, стр. 65, МОИП, М., 1948.

12. Цыцарин Г. В. Гидрохимия. Озероведение. МГУ, М., 1960.

Пермский государственный университет им. А. М. Горького