

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД РАЙОНА СЕЛЕНИЯ КЛЮЧИ

В течение ряда лет кафедра динамической геологии и гидрогеологии изучает гидрогеологию и карст Кишертско-Суксунского карстового района (2). Помимо общей характеристики подземных вод этой территории, специально исследовались источники водоснабжения районных центров (3). В сентябре 1958 г. сотрудники экспедиции Л. Н. Усольцев и Е. А. Иконников отобрали пробы воды на химический анализ из 42 колодцев района с. Ключи. Химические анализы были произведены в лаборатории кафедры Т. В. Кирилловых (табл. 1).

В настоящей работе приводятся данные о 37 колодцах с. Ключи и дд. Мостовая, Брехово, Осинцево и Усть-Лог.

Ключевской участок входит в Кишертско-Суксунский карстовый район Пермской области (I). Он расположен на границе Уфимского вала и Уфимско-Соликамской впадины, которая проходит по левобережью р. Иргины и пересекает ее южнее д. Осинцево (1).

Западная часть района сложена известняками и доломитами артинского и кунгурского ярусов. К востоку карбонатные породы сменяются карбонатно-сульфатными и карбонатно-сульфатно-глинистыми. Вдоль восточного крыла Уфимского вала встречаются сылвенские и саргинские рифы (г. Ильинская). Восточная часть района сложена мергелями, глинами, глинистыми известняками, песчаниками, с прослоями и линзами гипса, поповской свиты кунгурского яруса. По правобережью р. Иргины в древних и современных провалах встречаются карстовые брекчии. На поверхности палеозойских пород местами залегают третичные глины, кварцевые пески и галечники. Четвертичные отложения представлены элювием, делювием, аллювием и достигают наибольшей мощности в долине р. Иргины.

Поднятие Уфимского вала в четвертичное время, процессы выветривания и выщелачивания способствовали образованию раскрытых трещин на его крыльях.

Таблица 1

Таблица химического состава грунтовых вод в районе с. Ключи

№№ проб	Глубина до воды в м	Общая минерализация в мг/л	Содержание в мг/л								
			HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	NO ₂	Ca	Mg	Na+K	NH ₄
26	2,6	578	378	48	14	5	0,02	98	33	1,6	0,2
28	2,1	565	342	62	11	17	0,15	76	30	26,9	0,1
31	2,2	579	354	25	25	33	0,05	76	23	42,7	0,1
32	2,0	478	293	27	21	24	0,15	84	23	5,8	—
33	2,5	724	464	55	92	81	0,1	140	41	51,6	0,2
34	2,0	576	354	60	18	7	0,45	108	27	1,7	—
30	3,4	586	354	38	21	40	0,03	92	38	3,2	0,25
56	2,4	730	421	48	35	51	—	130	33	10,7	0,2
57	5,8	716	415	46	35	48	—	138	32	0,7	0,1
58	3,5	556	378	23	21	4	0,02	80	32	16,6	0,1
61	6,5	956	586	50	57	39	0,6	168	53	1,3	0,2
62	8,8	531	299	25	21	64	0,1	82	33	5,3	0,4
73	6,6	575	323	30	35	49	0,1	104	30	2,0	0,4
75	3,1	1007	354	211	64	121	0,15	212	36	7,2	0,4
65	14,3	556	354	12	14	45	0,05	90	23	17,0	0,4
69	10,8	471	317	16	11	19	0,03	72	24	11,5	0,2
70	7,7	421	293	16	7	5	0,03	70	16	13,9	0,1
73	6,6	644	403	25	25	38	0,02	102	28	23,7	—
74	12,5	1194	549	50	128	165	0,35	212	47	41,0	0,7
75	18,7	611	305	25	85	49	0,03	92	46	7,1	0,2
76	15,7	438	293	8	11	23	0,03	68	17	19,1	—
79	2,2	452	293	29	11	11	0,03	72	18	17,5	0,2
82	1,8	498	293	50	11	28	0,06	76	27	13,4	0,2
84	1,7	557	329	64	14	5	0,03	94	28	21,6	0,4
86	2,9	1922	354	1013	21	26	0,03	401	85	20	0,7
88	2,1	535	329	60	14	9	0,06	76	35	11,6	0,1
91	2,5	575	378	37	7	19	0,5	78	30	24,9	—
92	1,9	526	305	55	14	26	0,02	94	23	8,3	—
98	2,5	486	317	36	11	14	0,05	74	33	1,67	—
97	1,9	856	354	269	11	7	0,04	164	36	14,2	—
99	1,4	569	353	65	14	1	0,05	108	26	1,5	—
100	1,1	494	329	30	11	8	0,03	80	24	10,7	—
87	2,0	897	342	314	11	1	0,06	184	39	2,7	0,1
102	9,4	970	543	43	71	76	0,03	200	36	—	0,4
93	16,0	546	305	48	21	45	0,03	88	32	7,4	—
94	18,0	523	244	24	46	77	0,05	114	16	1,1	—
95	14,2	601	305	50	39	65	0,03	100	36	4,4	—

На правобережье р. Иргины в гипсах и ангидритах поповской свиты развит карст.

Литология, тектоника, рельеф и активный карст определяют гидрогеологию района.

В районе развиты следующие типы подземных вод. 1. Верховодка. 2. Грунтовые воды. 3. Трещинно-карстовые воды карбонатных отложений Уфимского вала. Они дают многочисленные источники по левобережью р. Иргины. 4. Карстовые воды сульфатных отложений поповской свиты, питающие сульфатные источники правобережья р. Иргины. 5. Трещиннопластовые воды песчаниково-глинистых отложений кунгурского яруса.

Долина р. Иргины является зоной разгрузки карстовых вод из карбонатных и сульфатных отложений.

В настоящей работе дана только качественная характеристика грунтовых вод.

Грунтовые воды района с. Ключи приурочены к аллювию низкой аккумулятивной террасы р. Иргины и частично к элювиальным и делювиальным отложениям тыловых частей террасы и склонов.

Зеркало грунтовых вод в долине залегает на глубине от 1,8 до 2,8 м, в тыловых частях террасы от 3,4 до 5,8 и в нижних частях склонов от 6,5 до 18,7 м.

По данным химических анализов составлены 4 карты, характеризующие качество грунтовых вод.

1. Карта минерализации и гидрохимических фаций показывает, что грунтовые воды в основном относятся к $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ гидрофации. В местах подтока карстовых вод из филипповских доломитов на западе появляется $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, а в местах разгрузки сульфатных карстовых вод $\text{SO}_4\text{-Ca-HCO}_3$ и $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ гидрохимические фации. За счет загрязнения появляются $\text{HCO}_3\text{-Ca-CO}_3$ (Cl) воды (рис. 1, I).

Сухой остаток изменяется от 275 до 1745 мг/л. Наибольшую минерализацию имеют сульфатные воды и воды, загрязненные нитратами и хлоридами.

2. Карта жесткости и содержания сульфат-иона (рис. 1, II). Только в трех колодцах жесткость составляет 3–6 мг-экв., т. е. вода умеренно жесткая. В большей части колодцев (24) вода жесткая (6–9 мг-экв.) или очень жесткая (9 колодцев с жесткостью более 9 мг-экв.). В колодце 97 жесткость достигает 27 мг-экв. Постоянная жесткость изменяется от 0,5 до 8,4, а в колодце 97 до 21,8 мг-экв.

Содержание сульфат-иона в большей части колодцев составляет 26–100 мг/л. В западной части в местах подтока известковых вод содержание его уменьшается до 12 мг/л. Подток сульфатных карстовых вод с востока ощутим в колодце 86, расположенном на аккумулятивной террасе вблизи уступа высокой закарстованной террасы.

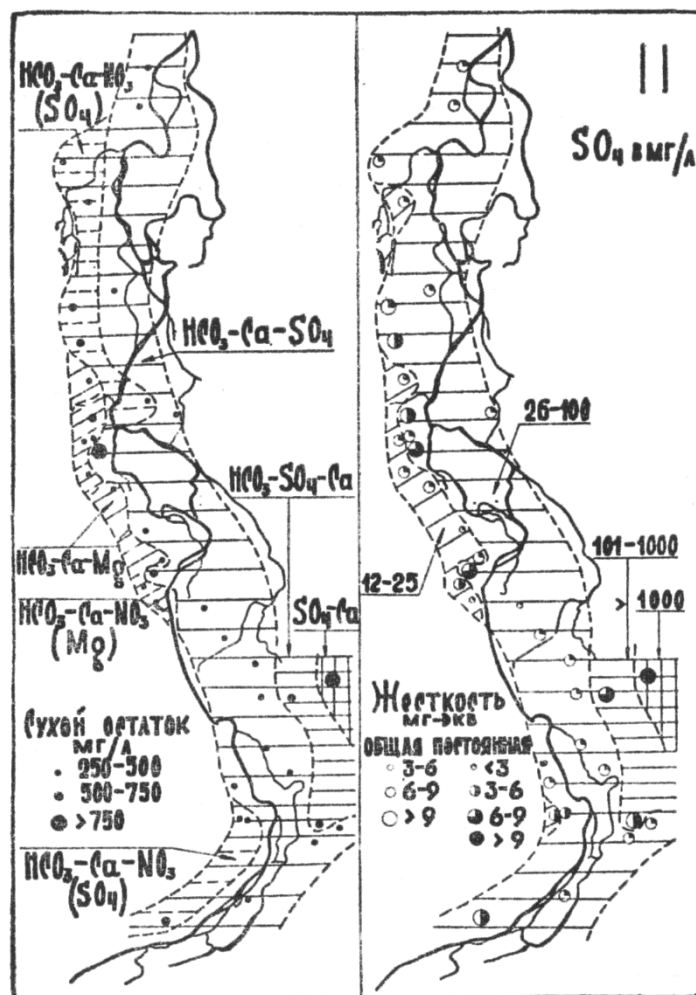


Рис. 1. Химический состав грунтовых вод района с. Ключи: I – гидрохимические фации и сухой остаток в мг/л, II – жесткость в мг-экв. и содержание сульфат-иона в мг/л.

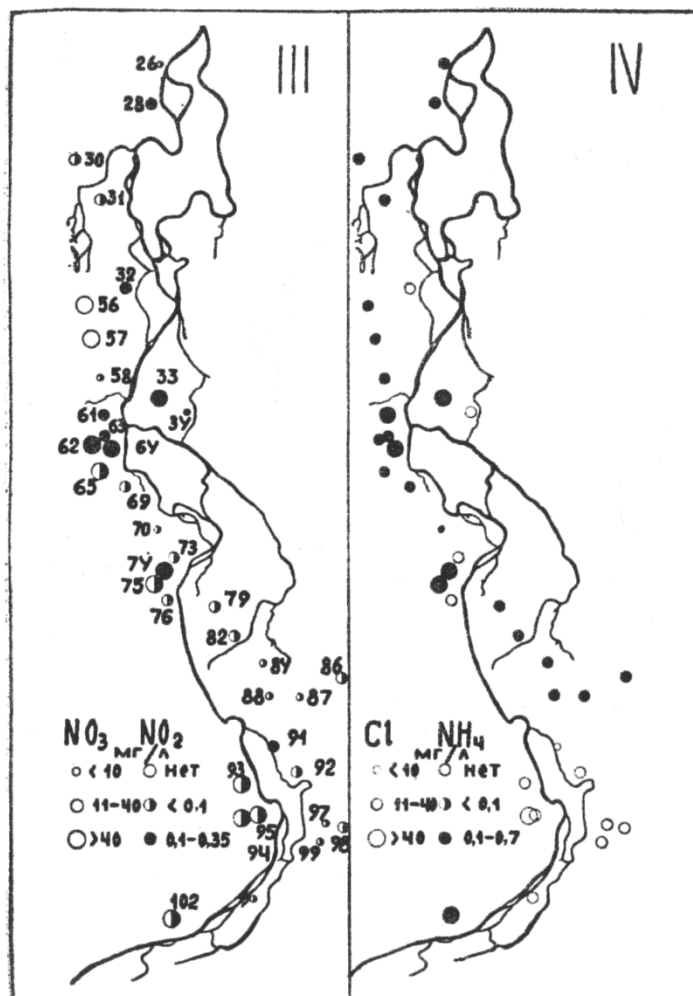


Рис. 2. Загрязнение грунтовых вод района с. Ключи:
 III – содержание нитратов и нитритов в мг/л, IV – содержание ионов хлора и аммония в мг/л.
 Цифры у кружков – номера проб.

Здесь содержание сульфат-иона достигает 1013 мг/л. В сторону р. Иргины происходит разбавление сульфатных вод гидрокарбонатными, что сопровождается уменьшением содержания сульфат-иона, минерализации и изменением гидрохимической фации.

№№ колодцев	86	87	88
Минерализация, мг/л	1922	897	535
SO ₄ , мг/л	1013	317	60
Гидрофация	SO ₄ -Ca	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	HCO ₃ -Ca-SO ₄

3. Карта содержания NO₃ и NO₂ (рис. 2, III).

Содержание NO₃ изменяется от 1,3 до 165 мг/л. В пятнадцати колодцах содержание NO₃ составляет 11–40 мг/л, в 12 – более 40 мг/л. Только в 10 NO₃ менее 10 мг/л.

NO₂ отсутствует в двух колодцах. В 25 колодцах содержание его менее 0,1 мг/л, а в 10 – превышает норму (0,1–0,35 мг/л).

4. Карта содержания NH₄ и Cl (рис. 2, IV).

Содержание хлора в двух колодцах 7–10, в 28 – 11–40 и в семи более 40 мг/л. NH₄ отсутствует в тринадцати колодцах, в остальных 24 превышает 0,1 мг/л.

Приведенные данные показывают, что многие колодцы района с. Ключи загрязнены нитратами, нитритами, аммиаком, хлором и имеют повышенную жесткость. В трех колодцах отмечается высокое содержание сульфатов и связанная с этим повышенная минерализация. Только в семи колодцах из 37 вода соответствует стандарту.

Питание грунтовых вод происходит не только за счет инфильтрации атмосферных осадков и речных вод в аллювиальные отложения, но в значительной степени за счет подтока пресных HCO₃-Ca карстовых вод с запада и частично сульфатных с востока. Благодаря наличию мощного грунтового потока, хорошей фильтрации и подтоку с запада пресных карстовых вод грунтовые воды района с. Ключи по сравнению с грунтовыми водами районов с. Усть-Кишерть (3) и с. Березовка обладают меньшей минерализацией и загрязненностью. Там, где грунтовые воды не пригодны для питья, можно использовать воды карбонатного карста, которые отличаются хорошими качествами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова К. А. К характеристике Ключевского участка Кишертьско-Суксунского карстового района. Уч. зап. Пермского университета, т. XIV, в. 1, 1959.
2. Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
3. Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Подземные воды с. Усть-Кишерть и их загрязнение. Доклады V Всеуральского совещания по географии и охране природы Урала. Пермь, 1960.

Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, Р. В. Яценко

**ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ГРУНТОВЫХ ВОД
РАЙОНА СЕЛЕНИЯ КЛЮЧИ**

В течение ряда лет кафедра динамической геологии и гидрогеологии изучает гидрогеологию и карст Кишертско-Суксунского карстового района (2). Помимо общей характеристики подземных вод этой территории, специально исследовались источники водоснабжения районных центров (3). В сентябре 1958 г. сотрудники экспедиции Л. Н. Усольцев и Е. А. Иконников отобрали пробы воды на химический анализ из 42 колодцев района с. Ключи. Химические анализы были произведены в лаборатории кафедры Т. В. Кирилловых (табл. 1).

В настоящей работе приводятся данные о 37 колодцах с. Ключи и дд. Мостовая, Брехово, Осинцево и Усть-Лог.

Ключевской участок входит в Кишертско-Суксунский карстовый район Пермской области (1). Он расположен на границе Уфимского вала и Уфимско-Соликамской впадины, которая проходит по левобережью р. Иргины и пересекает ее южнее д. Осинцево (1).

Западная часть района сложена известняками и доломитами артинского и кунгурского ярусов. К востоку карбонатные породы сменяются карбонатно-сульфатными и карбонатно-сульфатно-глинистыми. Вдоль восточного крыла Уфимского вала встречаются сылвенские и саргинские рифы (г. Ильинская). Восточная часть района сложена мергелями, глинами, глинистыми известняками, песчаниками, с прослоями и линзами гипса, поповской свиты кунгурского яруса. По правобережью р. Иргины в древних и современных провалах встречаются карстовые брекчии. На поверхности палеозойских пород местами залегают третичные глины, кварцевые пески и галечники. Четвертичные отложения представлены элювием, делювием, аллювием и достигают наибольшей мощности в долине р. Иргины.

Поднятие Уфимского вала в четвертичное время, процессы выветривания и выщелачивания способствовали образованию раскрытых трещин на его крыльях.

Таблица 1

Таблица химического состава грунтовых вод в районе с. Ключи

№№ проб	Глубина до воды в м	Общая минерализация в мг/л	Содержание в мг/л									
			HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	NO ₂	Ca	Mg	Na+K	NH ₄	
26	2,6	578	378	48	14	5	0,02	98	33	1,6	0,2	
28	2,1	565	342	62	11	17	0,15	76	30	26,9	0,1	
31	2,2	579	354	25	25	33	0,05	76	23	42,7	0,1	
32	2,0	478	293	27	21	24	0,15	84	23	5,8	—	
33	2,5	724	464	55	92	81	0,1	140	41	51,6	0,2	
34	2,0	576	354	60	18	7	0,45	108	27	1,7	—	
30	3,4	586	354	38	21	40	0,03	92	38	3,2	0,25	
56	2,4	730	421	48	35	51	—	130	33	10,7	0,2	
57	5,8	716	415	46	35	48	—	138	32	0,7	0,1	
58	3,5	556	378	23	21	4	0,02	80	32	16,6	0,1	
61	6,5	956	586	50	57	39	0,6	168	53	1,3	0,2	
62	8,8	531	299	25	21	64	0,1	82	33	5,3	0,4	
73	6,6	575	323	30	35	49	0,1	104	30	2,0	0,4	
75	3,1	1007	354	211	64	121	0,15	212	36	7,2	0,4	
65	14,3	556	354	12	14	45	0,05	90	23	17,0	0,4	
69	10,8	471	317	16	11	19	0,03	72	24	11,5	0,2	
70	7,7	421	293	16	7	5	0,03	70	16	13,9	0,1	
73	6,6	644	403	25	25	38	0,02	102	28	23,7	—	

Продолжение таблицы 1

№№ проб	Глубина до воды в м	Общая минерали- зация в мг/л	Содержание в мг/л									
			HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	NO ₂	Ca	Mg	Na+K	NH ₄	
74	12,5	1194	549	50	128	165	0,35	212	47	41,0	0,7	
75	18,7	611	305	25	85	49	0,03	92	46	7,1	0,2	
76	15,7	438	293	8	11	23	0,03	68	17	19,1	—	
79	2,2	452	293	29	11	11	0,03	72	18	17,5	0,2	
82	1,8	498	293	50	11	28	0,06	76	27	13,4	0,2	
84	1,7	557	329	64	14	5	0,03	94	28	21,6	0,4	
86	2,9	1922	354	1013	21	26	0,03	401	85	20	0,7	
88	2,1	535	329	60	14	9	0,06	76	35	11,6	0,1	
91	2,5	575	378	37	7	19	0,5	78	30	24,9	—	
92	1,9	526	305	55	14	26	0,02	94	23	8,3	—	
98	2,5	486	317	36	11	14	0,05	74	33	1,67	—	
97	1,9	856	354	269	11	7	0,04	164	36	14,2	—	
99	1,4	569	353	65	14	1	0,05	108	26	1,5	—	
100	1,1	494	329	30	11	8	0,03	80	24	10,7	—	
87	2,0	897	342	314	11	1	0,06	184	39	2,7	0,1	
102	9,4	970	543	43	71	76	0,03	200	36	—	0,4	
93	16,0	546	305	48	21	45	0,03	88	32	7,4	—	
94	18,0	523	244	24	46	77	0,05	114	16	1,1	—	
95	14,2	601	305	50	39	65	0,03	100	36	4,4	—	

На правом берегу р. Иргины в гипсах и ангидридах поповской свиты развит карст.

Литология, тектоника, рельеф и активный карст определяют гидрогеологию района.

В районе развиты следующие типы подземных вод. 1. Верховодка. 2. Грунтовые воды. 3. Трещинно-карстовые воды карбонатных отложений Уфимского вала. Они дают многочисленные источники по левобережью р. Иргины. 4. Карстовые воды сульфатных отложений поповской свиты, питающие сульфатные источники правобережья р. Иргины. 5. Трещинно-пластовые воды песчаниково-глинистых отложений кунгурского яруса.

Долина р. Иргины является зоной разгрузки карстовых вод из карбонатных и сульфатных отложений.

В настоящей работе дана только качественная характеристика грунтовых вод.

Грунтовые воды района с. Ключи приурочены к аллювию низкой аккумулятивной террасы р. Иргины и частично к элювиальным и делювиальным отложениям тыловых частей террасы и склонов.

Зеркало грунтовых вод в долине залегает на глубине от 1,8 до 2,8 м, в тыловых частях террасы от 3,4 до 5,8 и в нижних частях склонов от 6,5 до 18,7 м.

По данным химических анализов составлены 4 карты, характеризующие качество грунтовых вод.

1. Карта минерализации и гидрохимических фаций показывает, что грунтовые воды в основном относятся к $\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{SO}_4$ гидрофации. В местах подтока карстовых вод из филипповских доломитов на западе появляется $\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg}$, а в местах разгрузки сульфатных карстовых вод $\text{SO}_4 - \text{Ca} - \text{HCO}_3$ и $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$ гидрохимические фации. За счет загрязнения появляются $\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{NO}_3 (\text{Cl})$ воды (рис. 1, I).

Сухой остаток изменяется от 275 до 1745 мг/л. Наибольшую минерализацию имеют сульфатные воды и воды, загрязненные нитратами и хлоридами.

2. Карта жесткости и содержания сульфат-иона (рис. 1, II). Только в трех колодцах жесткость составляет 3—6 мг-экв., т. е. вода умеренно жесткая. В большей части колодцев (24) вода жесткая (6—9 мг-экв.) или очень жесткая (9 колодцев с жесткостью более 9 мг-экв.). В колодце 97 жесткость достигает 27 мг-экв. Постоянная жесткость изменяется от 0,5 до 8,4, а в колодце 97 до 21,8 мг-экв.

Содержание сульфат-иона в большей части колодцев составляет 26—100 мг/л. В западной части в местах подтока известковых вод содержание его уменьшается до 12 мг/л. Подток сульфатных карстовых вод с востока ощущим в колодце 86, расположенном на аккумулятивной террасе вблизи уступа высокой закарсто-

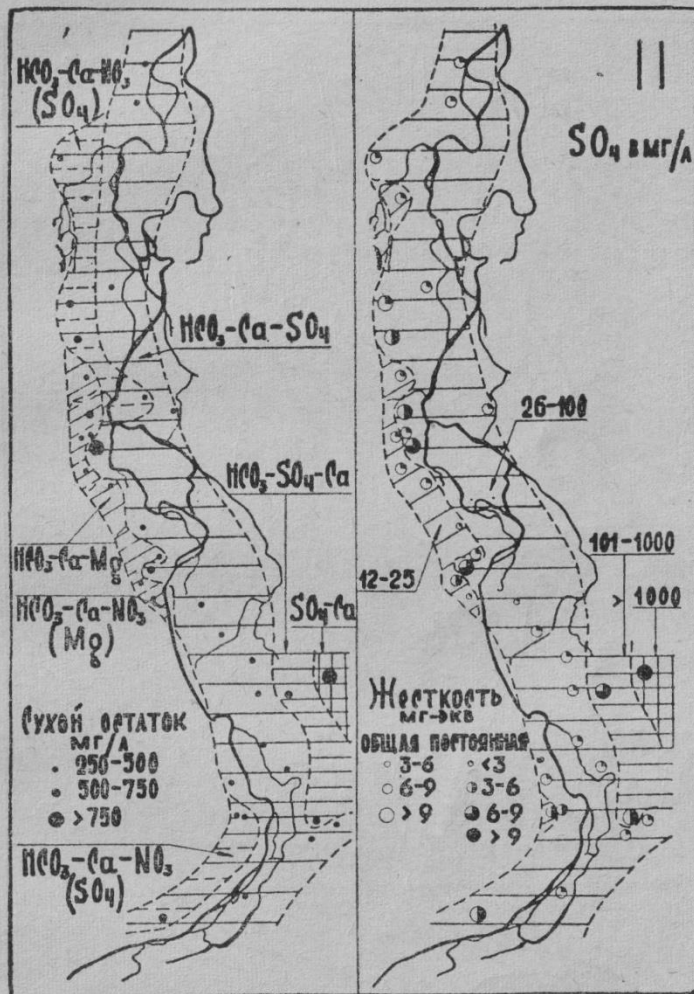


Рис. 1. Химический состав грунтовых вод района с. Ключи:
 I — гидрохимические фации и сухой остаток в мг/л,
 II — жесткость в мг-экв. и содержание сульфат-иона в мг/л.

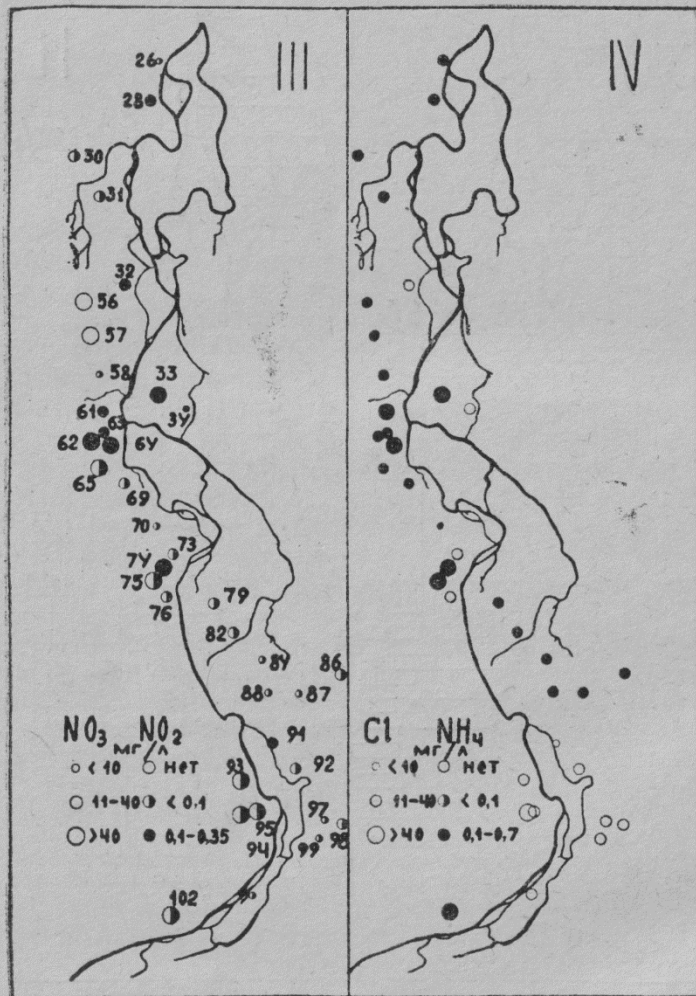


Рис. 2. Загрязнение грунтовых вод района с. Ключи:
 III — содержание нитратов и нитритов в мг/л, IV — содержание ионов хлора и аммония в мг/л.
 Цифры у кружков — номера проб.

ванной террасы. Здесь содержание сульфат-иона достигает 1013 мг/л. В сторону р. Иргины происходит разбавление сульфатных вод гидрокарбонатными, что сопровождается уменьшением содержания сульфат-иона, минерализации и изменением гидрохимической фации.

№№ колодцев	86	87	88
Минерализация, мг/л	1922	897	535
SO ₄ , мг/л	1013	317	60
Гидрофация	SO ₄ -Ca	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	HCO ₃ -Ca-SO ₄

3. Карта содержания NO₃ и NO₂ (рис. 2, III).

Содержание NO₃ изменяется от 1,3 до 165 мг/л. В пятнадцати колодцах содержание NO₃ составляет 11—40 мг/л, в 12 — более 40 мг/л. Только в 10 NO₃ менее 10 мг/л.

NO₂ отсутствует в двух колодцах. В 25 колодцах содержание его менее 0,1 мг/л, а в 10 — превышает норму (0,1—0,35 мг/л).

4. Карта содержания NH₄ и Cl (рис. 2, IV).

Содержание хлора в двух колодцах 7 — 10, в 28 — 11 — 40 и в семи более 40 мг/л. NH₄ отсутствует в тринадцати колодцах, в остальных 24 превышает 0,1 мг/л.

Приведенные данные показывают, что многие колодцы района с. Ключи загрязнены нитратами, нитритами, аммиаком, хлором и имеют повышенную жесткость. В трех колодцах отмечается высокое содержание сульфатов и связанная с этим повышенная минерализация. Только в семи колодцах из 37 вода соответствует стандарту.

Питание грунтовых вод происходит не только за счет инфильтрации атмосферных осадков и речных вод в аллювиальные отложения, но в значительной степени за счет подтока пресных HCO₃-Ca карстовых вод с запада и частично сульфатных с востока. Благодаря наличию мощного грунтового потока, хорошей фильтрации и подтоку с запада пресных карстовых вод грунтовые воды района с. Ключи по сравнению с грунтовыми водами районов с. Усть-Кишерть (3) и с. Березовка обладают меньшей минерализацией и загрязненностью. Там, где грунтовые воды не пригодны для питья, можно использовать воды карбонатного карста, которые отличаются хорошими качествами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова К. А. К характеристике Ключевского участка Кишертско-Суксунского карстового района. Уч. зап. Пермского университета, т. XIV, в. 1, 1959.
2. Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
3. Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Подземные воды с. Усть-Кишерть и их загрязнение. Доклады V Всеуральского совещания по географии и охране природы Урала. Пермь, 1960.

Пермский государственный университет им. А. М. Горького