

Е. П. Каюкова, М. В. Чарыкова

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПОЛИГОНА КРЫМСКОЙ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА СПбГУ

Одной из составных частей Крымской учебной практики для студентов 2-го курса геологического факультета СПбГУ является изучение природных вод полигона с элементами гидрогеоэкологии. Каждый сезон в полевой гидрохимической лаборатории анализируется более ста проб — определяется ряд общих гидрохимических показателей вод (рН, жесткость, общая минерализация, удельная электропроводность) и содержания в них ионов Cl^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- . В результате ежегодного опробования (начиная с 1998 г.) на кафедре гидрогеологии накоплен достаточно большой фактический материал, связанный с исследованиями подземных и поверхностных вод, а также вод атмосферных осадков, причем как непосредственно в районе проведения практики, так и за пределами полигона. С 2002 г. в пробах дополнительно определяются концентрации более 20 неорганических микрокомпонентов.

Целью настоящей работы является исследование особенностей химического (главным образом микрокомпонентного) состава подземных и поверхностных вод полигона. Следует отметить, что по макрокомпонентному составу природных вод существует ряд немногочисленных публикаций [1–3], а сведений о содержании в них микрокомпонентов в литературе найти не удалось.

Изучаемая территория располагается в предгорьях Крымских гор в пределах Внутренней (Второй) гряды, которая представляет собой четко выраженный, расчлененный речными долинами, оврагами и балками, хребет с куэстовым рельефом. Северные склоны гор — пологие и наклонены в сторону Внешней (Третьей) гряды под углом 6–12°, а южные склоны круты и обрывисты (обрываются на юг уступом до 100 м). Высотные отметки не превышают 500 метров. В рельефе Внутренняя куэста представляет собой моноклираль, сложенную верхнемеловыми мергелями, бронированными эоценовыми известняками. В тектоническом отношении Внутренняя и Внешняя гряды являются частью складчатой области Горного Крыма, а в гидрогеологическом относятся к краевой части Альминского артезианского бассейна Равнинного Крыма.

Предгорья Крымских гор (Вторая и Третья гряды) служат основной областью транзита поверхностного и подземного стока, формирующегося в пределах Главной гряды; терригенно-карбонатные породы (мелового, палеогенового и неогенового возраста), слагающие Внешнюю и Внутреннюю гряды, относятся к области питания Альминского артезианского бассейна. Реки северных склонов (в том числе и река Бодрак, в бассейне которой располагается полигон СПбГУ), пересекая отложения мелового возраста (Внутренняя гряда) и неогенового возраста (Внешняя гряда), питают основные водоносные горизонты артезианских бассейнов Равнинного Крыма, теряя значительное количество своих вод на инфильтрацию.

На изучаемой территории наиболее широкое распространение получили грунтовые

воды первого от поверхности водоносного горизонта, которые циркулируют в корях выветривания коренных пород, в четвертичных отложениях (аллювиальных, пролювиальных, делювиальных), в терригенно-карбонатных породах мелового, палеогенового и неогенового возраста. Практическое значение имеют грунтовые воды четвертичных отложений аллювия р. Бодрак и зон экзогенной трещиноватости вулканогенно-осадочной толщи (J₂b). В южной части полигона, где широко развиты флишевые отложения таврической и эскиординской серий (Т₃-J₁), подземные воды почти полностью отсутствуют. Колодцы и скважины на изучаемой территории в большинстве своем приурочены к аллювиальным отложениям р. Бодрак и пролювиальным отложениям водотоков, а также к коре выветривания вулканогенно-осадочных пород байосского яруса. Питание грунтовых вод в бассейне р. Бодрак осуществляется главным образом за счет атмосферных осадков (около 600 мм в год), поверхностного стока и отчасти за счет транзитных подземных вод.

Поверхностные воды полигона представлены многочисленными искусственно созданными водохранилищами (ставками) и р. Бодрак, пересекающей полигон с юго-востока на северо-запад. Река Бодрак относится к группе рек северо-западных склонов Крымских гор и является левым притоком р. Альмы. Эта группа включает сравнительно небольшие реки, которые обычно пересыхают летом. Они имеют паводочный режим с повышенными расходами в зимне-весенний период и смешанное питание (подземное, дождевое, снеговое). Во время ливней и паводков эти реки могут превращаться в бурные потоки. В паводки минерализация воды — минимальна, а в межень (когда возрастает грунтовое питание) — максимальна.

Опробование природных вод полигона осуществлялось исключительно в летний период, что связано с временем проведения учебной геологической практики. Непосредственно у водного объекта определяли органолептические свойства воды и некоторые общие показатели (температура, pH, Eh, удельная электропроводность — с помощью портативных приборов фирмы HANNA). Содержание ионов Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, а также жесткость анализировали в условиях полевой лаборатории объемным (титриметрическим) методом. Концентрация нитратов определялась электрохимическим методом с помощью портативного иономера И-500. Концентрации 29 микрокомпонентов в пробах воды измерялись после консервации методами ICP ES (атомно-эмиссионный спектрометр ICP61E) и ICP MS (масс-спектрометр Agilent 7500).

Расположение точек опробования можно видеть на карте фактического материала (рис. 1). Всего за период наблюдения было опробовано около 150 водных объектов, из них около 40 родников, более 60 колодцев и скважин, около 20 ставков, а также исследовалась р. Бодрак на всем протяжении и впадающие в нее ручьи и водотоки. Некоторые точки исследования являются режимными и опробуются несколько раз за сезон.

По номеру точки опробования на рис. 1 и в табл. 1–2 можно судить не только о местоположении, но и о типе водного объекта. Изучаемые родники пронумерованы начиная с цифры 1; колодцы и скважины пронумерованы начиная с цифры 3; с цифры 5 начинается нумерация ставков; цифрой 6 отмечены места отбора проб р. Бодрак, цифрой 7 — различные ручьи и водотоки.

Прежде чем привести результаты определения содержания микрокомпонентов в исследуемых водах, дадим краткую характеристику макрокомпонентного состава отдельных разновидностей природных вод полигона (атмосферных осадков, подземных и поверхностных вод) [2, 3]. Для характеристики используем традиционно применяемую в гидрогеологии формулу Курлова, в состав которой входят значения минерализации

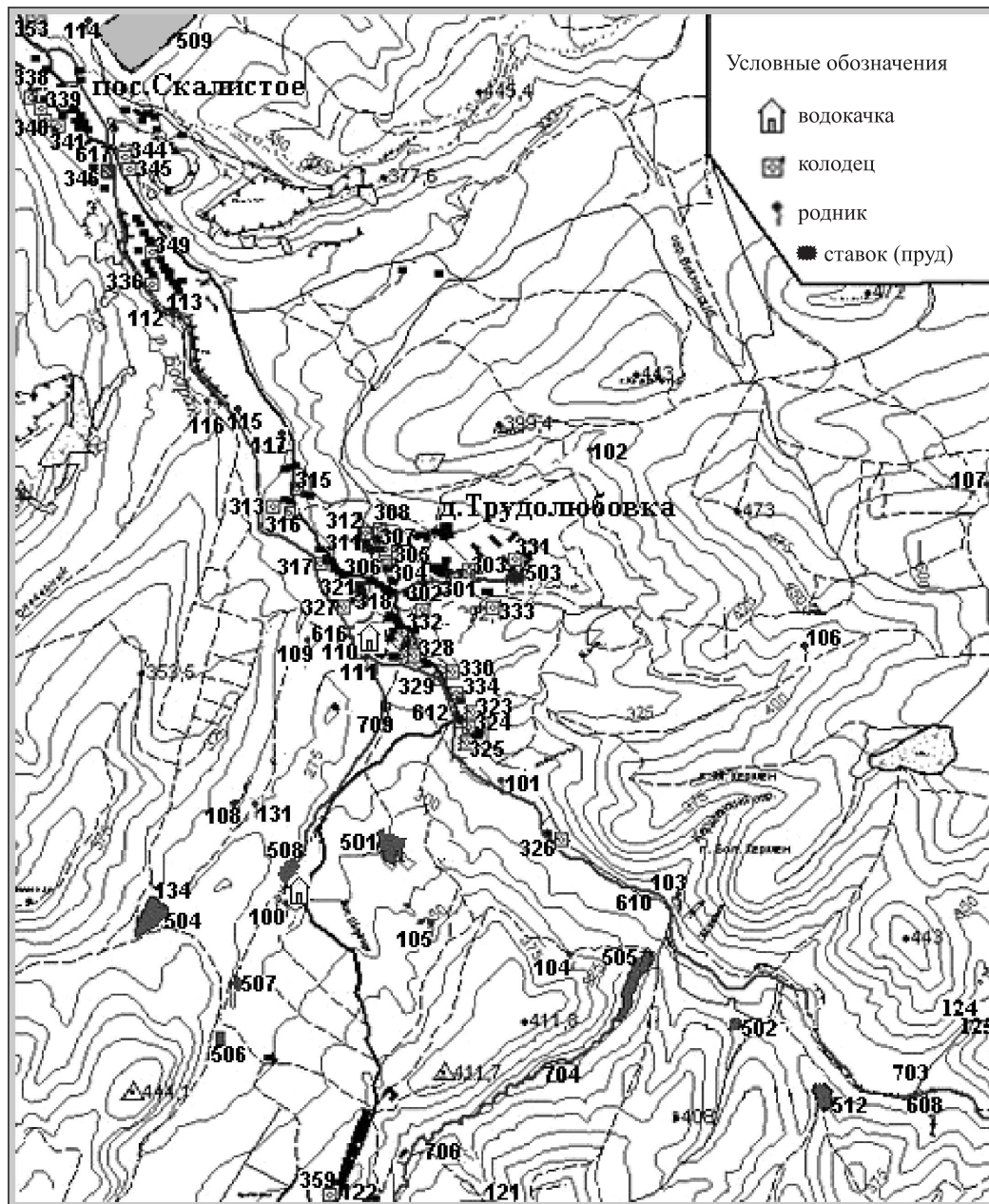


Рис. 1. Расположение точек опробования подземных и поверхностных вод полигона Крымской учебной практики СПбГУ.

Таблица 1. Содержание микрокомпонентов (мг/л) в поверхностных водах полигона СПБГУ
(501–515 — водохранилища (ставки), 608–617 — р. Бодрак, 703–711 — ручьи)

Код точки	501	502	503	504	505	506	507	508	509	512
Место отбора	Вороневский ставок	Ексменский ставок	Колхозный ставок	Ленинградский ставок	Мангуш (Изенгук) ставок	Мендер (дальний) ставок	Мендер (средний) ставок	Мендер (близкий) ставок	Мраморный ставок	Широкий Яр ставок
Ag	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,015	<0,0001	<0,0001-0,0044	<0,0001-0,084	0,00013	<0,0001	<0,0001-0,00021
Al	0,11-0,15	0,15-0,19	0,17-0,95	0,023-0,23	0,16-0,35	0,014-1,0	0,16-0,21	0,055	0,14-0,35	0,16-0,28
As	<0,0001-0,0007	<0,0001-0,0019	<0,0001-0,0048	<0,0001-0,0006	<0,0001-0,0008	<0,0001-0,0004	<0,0001-0,0004	0,0003	<0,0001-0,00025	<0,0001-0,00014
B	0,061-0,065	0,096-0,100	0,13-0,17	0,028-0,070	0,13-0,14	0,043-0,084	0,063-0,064	0,058	0,056-0,086	0,092-1,2
Ba	<0,0001-0,33	0,017-0,37	0,039-0,43	0,13-0,45	0,33-0,42	0,2-0,59	0,30-0,65	0,32	0,062-0,71	0,0096-0,013
Cd	<0,0001-0,00016	<0,0001	0,000022	0,00005	0,000013	<0,0001-0,0002	0,000036	<0,0001	0,000026-0,00042	0,00009
Co	0,0001-0,0011	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,0011	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,0002	0,0001	<0,0001-0,00014	<0,0001-0,0003
Cr	<0,001-0,002	<0,001-0,0018	<0,001-0,0029	<0,001-0,0018	<0,001-0,0018	<0,001-0,0023	<0,001-0,0029	0,0013	0,00042-0,0016	<0,001-0,0032
Cu	0,0012-0,0040	0,0040-0,0049	0,0012-0,0055	<0,001-0,0045	0,0012-0,0058	<0,001-0,0084	0,0019-0,0050	0,0047	0,0012-0,0091	0,0046-0,0051
Fe	<0,01-0,20	<0,01-0,15	0,12-1,47	0,07-0,22	0,20-0,82	0,022-0,87	0,06-0,25	0,067	0,11-0,29	0,12-0,20
Li	0,0028	0,0058	0,0052-0,0058	0,0053-0,0060	0,012	0,0066	0,0079	0,007	0,016-0,019	0,0044
Mn	0,0016-0,016	0,0054-0,039	0,017-0,18	0,0032-0,0060	0,02-0,09	0,0032-0,025	0,0034-0,011	0,004	0,001-0,012	0,023-0,040
Mo	<0,0001-0,00028	<0,0001-0,00051	<0,0001-0,0012	<0,0001-0,00026	<0,0001-0,00044	<0,0001-0,00039	<0,00010,00038	0,0004	0,0016-0,017	<0,0001-0,00038
Ni	<0,001-0,0024	<0,001-0,0017	0,0019-0,0051	<0,001-0,0018	0,0012-0,0024	<0,001-0,032	0,0015-0,0018	0,0012	0,0034-0,0052	0,0014-0,0029
P	<0,01	0,02	0,014-0,043	<0,01	0,031	0,01	<0,01	0,01	<0,01-0,077	<0,01
Pb	<0,0001-0,0023	0,0005-0,0046	<0,0001-0,011	<0,0001-0,0026	0,0006-0,0034	<0,0001-0,0065	0,0009-0,0017	0,0014	0,0005-0,01	0,0019-0,0045
Rb	0,0006	0,0007	0,0014	0,0007	0,0009	0,0008	0,0009	0,0007	0,0014-0,0036	0,0005
Sb	<0,0001	<0,0001-0,00011	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,00014	<0,0001-0,00013	<0,0001-0,00023	<0,0001-0,00022	<0,0001	<0,0001-0,0005	<0,0001-0,00024
Se	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001-0,0062	<0,001
Si	1,2-2,7	2,3-2,4	0,49-1,6	1,3-4,2	1,6-3,8	2,6-7,0	2,7-3,7	2,7	1,8-5,1	3,1-3,6
Sn	<0,001-0,0027	<0,001-0,0027	<0,001-0,0027	<0,001-0,0032	<0,0001-0,0029	<0,001-0,0033	<0,001-0,0030	0,0015	<0,001-0,0026	<0,001-0,0028
Sr	0,22-0,28	0,29-0,38	0,39-0,50	0,77-0,95	0,55-0,70	0,70-0,91	0,82-0,96	0,92	1,7-2,1	0,34-0,35
Ti	<0,001-0,0019	0,0019-0,0022	<0,001-0,0041	<0,001-0,0029	0,002-0,0044	0,0021-0,026	<0,001-0,0032	<0,001	<0,001-0,0043	0,0019-0,012
Th	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,00011
U	0,00046	0,00041	0,00085-0,00089	0,00062-0,00069	0,0013	0,0011	0,0012	0,0012	0,0033	0,00025
V	<0,001-0,0005	0,0006-0,0010	0,0021-0,0051	0,0006	<0,001-0,0015	<0,001-0,0018	0,0008	0,0004	0,0014-0,0019	<0,001-0,0023
Zn	0,012-0,056	0,015-0,022	0,011-0,031	0,013-0,025	0,014-0,12	0,0022-0,40	0,025	0,015	0,015-0,21	0,015-0,018
NO ₃	1,2-3,9	1,0-3,5	1,6-25	5,8-32	4,0-29	14,0-45	8,1-23	14-37	3,1-7,1	0,5-15

Окончание таблицы 1

Код точки отбора	515	608	610	612	616	617	703	704	705	706	709	711
Место отбора	Юркин ставок	у Длинного оврага	Брод Кермен	Тешин мост (овраг)	у водокачки	Скалистое (у моста)	Длинный овраг	Мангуш овраг	Мендер (близкий)	Яман ручей	Московский овраг	Колхозный овраг
Ag	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00048	<0,0001-0,00017	0,00017	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,053	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Al	0,31-1,1	0,18	0,19-0,25	0,10-0,15	0,39	0,16	0,13	0,11-1,1	0,31	0,33	0,34	0,34
As	<0,0001	0,0012	0,004-0,0015	<0,0001-0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	<0,0001-0,0007	0,0004	<0,0001	0,00058	0,0011
B	0,11-1,0	0,089	0,13-0,14	0,097-0,12	0,076-1,2	0,092	0,11	0,13-0,16	0,06	0,19	0,085	0,16
Ba	0,085-1,6	0,27	0,40-1,3	0,018-0,21	0,33	0,40	0,28	0,043-0,37	1,4	0,67	0,53	0,51
Сb	<0,0001-0,00031	0,000017	<0,0001-0,0004	<0,0001-0,00007	0,00004	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,000017	0,000019	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Co	<0,0001	0,0002	0,00011-0,00029	<0,0001-0,0002	0,0005	0,0002	0,0001	<0,0001-0,0001	0,0002	<0,0001	0,00046	0,00063
Cr	<0,0001-0,0016	0,0014	0,00013-0,00086	<0,0001-0,0020	0,0031	0,0016	0,0014	0,0012-0,0045	0,0032	0,0034	0,001	0,0046
Cu	0,0016-0,003	0,005	0,0037-0,0059	<0,0001-0,0049	0,0062	0,0048	0,0044	0,004-0,011	0,0056	0,011	0,003	0,0053
Fe	0,54-0,66	0,16	0,15-0,25	0,17-0,25	0,76	0,15	0,13	0,11-1,8	0,22	0,26	0,53	0,85
Li	н.о.	0,004	0,0013-0,0073	0,0053	0,0070	0,0072	0,0037	0,011	0,0067	н.о.	0,0059	0,011
Mn	0,022-0,19	0,010	0,0049-0,013	0,0082-0,010	0,067	0,0025	0,014	0,002-0,20	0,009	0,015	0,044	0,13
Mo	<0,0001-0,0014	0,00031	0,000213-0,00046	<0,0001-0,0004	0,00032	0,00056	0,0002	0,00065-0,0012	0,00047	<0,0001	0,00028	0,0013
Ni	0,0022-0,0026	0,0019	0,0017-0,005	<0,0001-0,0013	0,0019	0,001	0,0013	0,0012-0,0072	0,0023	0,0068	0,0026	0,0044
P	н.о.	0,024	0,01-0,033	0,0225	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	н.о.	<0,01	<0,01
Pb	<0,0001-0,0024	0,0009	0,0013-0,0023	<0,0001-0,00085	0,0038	0,00059	0,00066	0,0015-0,0073	0,0011	0,0026	0,00082	0,00082
Rb	н.о.	0,0007	0,00024-0,00117	0,0011	0,001	0,001	0,001	0,0007	0,0016	н.о.	н.о.	н.о.
Sb	<0,0001	0,00014	0,00016-0,00054	<0,0001-0,0003	0,0002	0,0002	<0,0001	<0,0001-0,00023	0,00013	<0,0001	0,00012	<0,0001
Se	<0,001	<0,001	<0,001-0,0011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Si	1,9-5,6	2,6	3,8-10,0	3,5-3,8	5,0	4,9	4,2	1,6-7,6	4,9	6,0	4,1	7,1
Sn	<0,0001	0,0022	<0,001-0,00117	<0,001-0,0036	0,0022	0,0027	0,0023	<0,0001-0,0012	0,0027	<0,0001	<0,001	<0,001
Sr	0,91-0,92	0,39	0,41-0,46	0,42-0,44	0,79	0,82	0,32	0,64-0,81	0,73	1,3	1,1	1,63
Ti	<0,001-0,017	0,0023	<0,001-0,0047	<0,001-0,0018	0,0029-0,012	0,0023	0,0021	0,0029-0,0068	0,0032	0,006	<0,001	<0,001
Th	н.о.	<0,0001	0,000073	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,00022	н.о.	<0,0001	<0,0001
U	н.о.	0,00054	0,00084	0,00084	0,001	0,0013	0,00024	0,0012	0,0011	н.о.	0,0012	0,003
V	0,0015-0,0018	0,001	0,00054-0,0013	<0,0001-0,00055	0,0015	0,0006	0,0005	0,0005-0,0026	0,0018	0,0037	0,001	0,0049
Zn	0,016-0,039	0,01	0,029-0,051	<0,001-0,019	0,026	0,014	0,012	0,0078-0,91	0,023	0,042	0,011	0,011
NO ₃	1,2-29	н.о.	5,6	1,24-10	н.о.	9,4	н.о.	43	н.о.	6	1,4-16	20-50

Примечание. Ве и Tl во всех пробах ниже предела обнаружения 0,0001 мг/л; н.о. — компонент не определялся.

Таблица 2. Содержание микрокомпонентов (мг/л) в подземных водах полигона СПБГУ
(100-131 – родники, 301-361 – колодцы и скважины)

Код точки	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Место отбора	Вербочки	Постоялый двор	Домик лесника	м/у Керме-нами	Патиль (вост. м-жк)	Патиль (сев.-зап.)	в-е Джи-даира	Афениз	калгаж в Ленингр. овра.
Ag	<0,0001-0,086	<0,0001-0,009	<0,0001	<0,0001-0,00076	<0,0001	<0,0001-0,0015	<0,0001	0,0047-0,0048	<0,0001-0,00026
Al	0,01-0,13	0,043-1,2	0,031-0,40	0,018-0,66	0,25-0,53	0,022-0,94	0,16-0,60	0,14-0,19	0,002-0,36
As	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,00026	<0,0001-0,0005	<0,0001-0,00096	0,0007-0,0008	<0,0001	<0,0001-0,0001	0,00015-0,0002	<0,0001-0,00042
B	0,046-0,065	0,13-2,5	0,047-0,057	0,080-1,4	0,076-0,086	0,035-0,050	0,047-0,053	0,028-0,080	0,046-2,9
Ba	0,27-0,85	0,032-0,51	0,11-0,94	0,044-0,60	0,23-0,32	0,017-0,47	0,059-0,42	0,70-0,75	0,20-0,29
Cd	<0,0001-0,00032	<0,0001-0,0001	<0,0001-0,00067	<0,0001-0,00016	0,00014-0,00032	<0,0001-0,00013	0,00012-0,00017	0,00002-0,00017	<0,0001-0,00015
Co	<0,0001-0,00014	<0,0001-0,00068	<0,0001-0,00060	<0,0001-0,00044	0,0003-0,0005	<0,0001-0,00021	<0,0001-0,0002	0,00002-0,00026	<0,0001-0,00014
Cr	<0,001-0,0022	<0,0001-0,0032	<0,0001-0,0052	<0,0001-0,0025	0,0017-0,0031	<0,001-0,0019	<0,001-0,0016	0,0020-0,0044	<0,001-0,002
Cu	<0,001-0,0054	0,0016-0,0048	0,0062-0,011	<0,001-0,0049	0,0036-0,0054	<0,001-0,0038	0,0027-0,0034	0,0038-0,0041	0,0005-0,0081
Fe	0,02-0,17	0,13-0,17	0,053-0,33	0,031-0,35	0,31-0,97	0,02-0,13	0,091-0,54	0,15-0,38	<0,01-0,57
Li	0,0060-0,0065	0,0086-0,014	0,013	0,0060-0,0082	0,0045-0,0054	0,0033-0,0036	0,0041	0,0050-0,0077	0,0046-0,0068
Mn	0,0011-0,0051	0,0017-0,025	0,0029-0,019	0,0015-0,016	0,023-0,097	<0,0001-0,0064	0,002-0,014	0,003-0,0065	<0,0001-0,02
Mo	<0,0001-0,00034	<0,0001-0,00015	<0,0001-0,00079	<0,0001-0,00017	0,00015-0,0004	<0,0001-0,0014	<0,0001-0,00016	0,00011-0,00032	<0,0001-0,00034
Ni	<0,001-0,0017	<0,001-0,0038	<0,001-0,0048	<0,001-0,0038	0,0013-0,0017	<0,001-0,0012	0,0008-0,0016	0,0009-0,0042	0,0002-0,0022
P	0,010-0,038	<0,01-0,056	0,026	<0,01-0,016	0,018-0,050	<0,01-0,033	<0,01	0,012-0,033	<0,01-0,059
Pb	<0,0001-0,0051	<0,0001-0,0069	<0,0001-0,013	<0,0001-0,0023	0,0012-0,0013	<0,0001-0,0016	0,0008-0,0016	0,00073-0,0034	<0,0001-0,0064
Rb	0,00033-0,001	0,00028-0,0009	0,0016	0,0002-0,00033	0,0007-0,0013	0,00022-0,0004	0,0006	0,00043-0,0007	0,00026-0,0005
Sb	<0,0001-0,00037	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,00016	<0,0001-0,0001	<0,0001-0,00011	<0,0001-0,00014	<0,0001	0,0001-0,0002	<0,0001-0,00017
Se	<0,001	<0,001-0,0011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001-0,001	<0,001
Si	3,9-8,0	4,6-15	7,5-10	4,7-13	5,3-7,3	3,9-11	5,1-6,6	5,8-11	4,8-8,8
Sn	<0,001-0,0012	<0,001-0,0023	<0,001-0,002	<0,001-0,0022	<0,001-0,0011	<0,001-0,0014	<0,001	<0,001-0,0036	<0,001
Sr	0,87-1,2	0,47-0,64	0,78-1,1	0,60-0,74	0,26-0,29	0,22-0,29	0,36-0,39	0,27-0,36	0,94-1,1
Ti	<0,001-0,003	<0,001-0,034	<0,001-0,006	<0,001-0,017	0,003-0,005	<0,001-0,0038	0,002-0,008	0,002-0,0041	<0,001-0,011
Th	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00033	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
U	0,0011-0,0012	0,0012-0,0014	0,0031	0,0017-0,0023	0,00066-0,00068	0,00058-0,00059	0,0021	0,0022	0,0003
V	<0,001-0,0011	<0,001-0,0016	0,0012-0,0026	0,0002-0,0019	0,001-0,0012	<0,001-0,001	0,0005-0,0015	0,0005-0,0006	0,0006-0,0014
Zn	0,0031-0,022	0,014-0,068	0,0085-0,049	<0,001-0,092	0,15-0,21	<0,001-0,036	0,017-0,035	0,019-0,145	0,0022-0,062
NO ₃	11-38	2,9-22	3,4-11	2,1-23	15	2-24	1,5-4,0	1,3-10	5,7

Код точки отбора	111	112	113	114	115	117	121	122	124	125
Место отбора	у водокачки	Скалостое у брода	Серебряный родник	у Мраморного ставка	у водопада	пластовое высачивание из-под шоссе	между Шелудивой и Длинной	Б. Фонтал	Длинный овраг №1	Длинный овраг №3
Ag	0,00018-0,0161	<0,0001	<0,0001-0,18	<0,0001-0,048	<0,0001	<0,0001-0,00089	<0,0001	<0,0001-0,00019	<0,0001	<0,0001
Al	0,15-0,26	0,15-1,8	0,031-1,3	0,11-0,21	0,24-0,26	0,11-0,22	0,18	0,017-0,14	0,42	1,0
As	0,00023-0,00036	<0,0001-0,0002	<0,0001	<0,0001-0,00077	0,00051-0,00060	<0,0001-0,00029	<0,0001	<0,0001-0,0003	<0,0001	<0,0001
B	0,073-0,149	0,095-0,098	0,045-0,064	0,1-0,42	0,035-0,11	0,079-0,097	0,18	0,017-0,17	0,34	0,031
Ba	0,073-0,70	0,078-0,63	0,073-0,092	0,29-0,59	0,63-0,69	0,075-0,86	0,009	0,14-0,48	3,6	0,30
Cd	<0,0001-0,00016	<0,0001-0,00026	<0,0001-0,00018	0,000015	0,00004	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00015	<0,0001	<0,0001
Co	0,00016-0,00021	<0,0001-0,00019	<0,0001	<0,0001-0,00023	0,00017-0,00030	<0,0001-0,00062	<0,0001	<0,0001-0,0002	<0,0001	<0,0001
Cr	0,0026-0,0036	0,0018-0,0027	<0,001-0,0026	<0,001-0,0021	0,0018-0,0042	<0,001-0,0015	<0,001	<0,001-0,0028	0,011	0,0025
Cu	0,0037-0,011	0,0039	<0,001-0,0042	0,0017-0,0058	0,0045-0,0050	0,0044-0,016	0,0031	0,0016-0,0045	0,008	0,0046
Fe	0,17-1,1	0,11-1,1	0,078-0,93	0,07-0,19	0,21-0,27	0,18-0,23	0,35	0,013-0,44	1,2	1,1
Li	0,0048-0,0074	0,0054	н.о.	0,012-0,015	0,0076-0,0079	0,0045	н.о.	0,0089	н.о.	н.о.
Mn	0,0059-0,0082	0,0071-0,021	0,0016-0,025	0,006-0,031	0,0047-0,011	0,0054-0,01	0,27	<0,0001-0,003	0,029	0,016
Mo	0,00014-0,00058	<0,0001-0,00024	<0,0001	0,0012-0,0029	0,00056-0,00083	<0,0001-0,00023	<0,0001	<0,0001-0,0015	0,0037	<0,0001
Ni	0,0018-0,0024	0,00094-0,0018	<0,001-0,0035	0,0021-0,0024	0,0032-0,0034	<0,001-0,0019	0,0026	<0,001-0,0012	0,0031	0,0031
P	<0,01-0,047	0,014	н.о.	0,01-0,014	0,012-0,022	0,032	н.о.	0,037	н.о.	н.о.
Pb	0,001-0,012	0,0005-0,0013	<0,0001-0,0026	<0,0001-0,0024	0,0014-0,0031	<0,0001-0,0026	<0,0001	<0,0001-0,0096	0,0033	0,0027
Rb	0,00031-0,00035	0,0009	н.о.	0,00071	0,00071-0,0013	0,00044	н.о.	0,0005	н.о.	н.о.
Sb	<0,0001-0,0049	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00019	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00011	<0,0001	<0,0001
Se	<0,001-0,001	<0,001	<0,001	<0,001-0,004	<0,001-0,0012	<0,001-0,001	<0,001	<0,001-0,0019	<0,001	<0,001
Si	4,7-8,8	5,3-9,1	6,6-9,6	6,3-14	8,6-14	5,7-9,7	4,8	4,2-5,1	6,1	7,2
Sn	<0,001-0,0025	<0,001-0,0027	<0,001	<0,001-0,0023	<0,001-0,003	<0,001	<0,001	<0,001-0,001	<0,001	<0,001
Sr	0,81-0,82	0,88-0,91	1,5-1,6	1,2-1,5	1,4-1,5	1,2-1,3	0,58	0,78-0,83	0,58	0,27
Ti	0,0037-0,012	0,0018-0,0066	<0,001-0,0049	<0,001-0,0047	0,0049-0,0036	<0,001-0,006	<0,001	<0,001-0,002	0,0081	0,015
Th	0,0003	<0,0001	н.о.	<0,0001	0,0001	н.о.	н.о.	<0,0001	н.о.	н.о.
U	0,0012	0,0011	н.о.	0,0035	0,0013	н.о.	н.о.	0,00074	н.о.	н.о.
V	0,00054-0,00080	0,00056-0,0032	0,001-0,0036	0,0015-0,0023	0,0010-0,0017	0,00093	<0,001	0,0006	0,0018	0,0044
Zn	0,036-0,092	0,0150-0,054	<0,001-0,093	0,014-0,06	0,029-0,058	0,0037-0,036	0,0046	0,016-0,025	0,21	0,046
NO ₃	2,8-5,8	5,5-15	4,0	9,1-21	5,2-11,5	35	1-15,9	3,7-11	4,5	5,9

Код точки	131	301	302	303	304	305	306	307	308	310	311
Место отбора	овраг Шоры	Грузинова, 3	Грузинова, 11	у деревенского кладбища	Калинина, 5	Калинина, 9	Калинина, 11	Калинина, 13	Калинина, 19	Шевченко, 8	Шевченко, 11-13
Ag	<0,0001 0,10-0,14	0,00017 0,059	<0,0001-0,028 0,061-0,19	<0,0001-0,0029 0,047-0,21	0,00053-0,034 0,12-0,21	<0,0001 0,097	<0,0001-0,00072 0,089-0,90	0,00035 0,10	<0,0001-0,00014 0,044-0,35	0,0072 0,11	<0,0001 0,11-0,42
As	0,00010-0,00014	0,0004	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,00077	<0,0001-0,0007	0,0005	<0,0001-0,0006	0,0006	<0,0001-0,00039	0,00058	<0,0001-0,0004
B	0,050-0,054	0,12	0,12-0,17	0,085-0,11	0,091-0,12	0,052	0,094-0,13	0,12	0,058-0,088	0,14	0,082-0,10
Ba	0,50-0,57	0,66	0,099-0,55	0,14-0,60	0,38-2,2	0,43	0,066-0,52	0,06	0,004-0,57	0,31	0,006-0,31
Cd	<0,0001-0,00013	0,000023	<0,0001-0,00015	<0,0001-0,00013	0,00002	0,000022	<0,0001-0,00041	0,00007	<0,0001-0,00099	<0,0001	<0,0001-0,00013
Co	0,00021-0,00030	0,0002	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,0002	0,0002	0,0002-0,0016	0,0002	<0,0001-0,00025	0,00031	<0,0001-0,0003
Cr	0,00071-0,0015	0,0021	<0,0001-0,022	0,0026-0,0069	0,0033-0,0044	0,0047	0,0027-0,0084	0,0022	<0,0001-0,00061	0,0023	<0,0001-0,0027
Cu	0,0019-0,0048	0,0059	0,0012-0,0079	<0,0001-0,0105	0,0051-0,0079	0,0049	0,0067-0,021	0,012	0,0043-0,022	0,0051	0,0031-0,0065
Fe	0,081-0,20	0,14	0,10-0,83	0,061-0,49	0,081-0,11	0,17	0,13-1,9	0,08	0,021-1,2	0,11	0,35-1,0
Li	0,0050-0,0056	0,0092	0,011	0,0049-0,0098	0,0015	0,0016	0,0011-0,0012	0,0013	0,021-0,0030	0,0015	0,003
Mn	0,0017-0,0050	0,005	0,0030-0,0063	0,0050-0,0085	0,0026-0,0049	0,003	0,0032-0,063	0,0038	<0,0001-0,013	0,0024	0,0091-0,27
Mo	0,00029-0,0003	0,00055	<0,0001-0,00095	<0,0001-0,00092	<0,0001-0,00012	0,00027	<0,0001-0,00052	0,00036	<0,0001-0,00045	0,00033	<0,0001-0,00083
Ni	0,0011-0,0026	0,0013	0,0011-0,0034	<0,0001-0,0043	<0,0001-0,0015	0,0014	0,002-0,019	0,0012	<0,0001-0,0072	0,003	<0,0001-0,0018
P	<0,01	0,017	<0,01	0,02-0,064	0,02	0,03	0,026-0,050	0,040	0,023-0,050	<0,01	0,050
Pb	0,00046-0,0016	0,0016	0,0011-0,0037	<0,0001-0,0054	0,0012-0,0066	0,00042	0,0041-0,019	0,0017	<0,0001-0,013	0,00057	<0,0001-0,083
Rb	h.o.	0,0012	0,0012	0,0068-0,00080	0,0012	0,001	0,00052-0,0010	0,0011	<0,0001-0,0014	h.o.	0,002
Sb	<0,0001-0,00013	0,00014	<0,0001	<0,0001-0,00016	<0,0001-0,00020	0,0001	<0,0001-0,00037	0,0006	<0,0001-0,0001	0,00014	<0,0001-0,0001
Se	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001-0,001	<0,001	0,0011	<0,0001-0,0011	<0,001	<0,0001-0,0012	<0,001	<0,001
Si	3,1-4,1	6,1	6,5-7,6	7,5-9,4	8,5-9,5	9,9	7,1-15	6,9	8,1-28	6,4	7,9-10
Sn	<0,001	0,0022	<0,001-0,0049	<0,001-0,0013	<0,001-0,0041	0,0031	<0,001-0,0011	0,0021	<0,001-0,0021	<0,001	<0,001-0,0028
Sr	0,95-1,12	1,1	1,1-1,2	0,66-1,5	1,2-1,4	0,91	1-1,4	1	2,2-3,8	1,39	2,3-2,6
Ti	<0,001	0,001	<0,001-0,002	<0,001-0,75	0,0015-0,0042	0,0017	0,0015-0,0099	0,0017	<0,001-0,0063	<0,001	<0,001-2,1
Th	<0,0001	<0,0001	<0,0001	h.o.	<0,0001	<0,0001	h.o.	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
U	0,00083-0,00084	0,003	<0,0001-0,0031	0,0033	0,0009	0,0011	0,0015	0,0015	0,0014	0,0017	0,0013
V	0,00039-0,00060	0,0007	<0,001-0,0017	0,0044-0,0135	0,063-0,071	0,055	0,037-1,6	0,049	0,053-0,06	0,048	0,039-0,043
Zn	0,012-0,020	0,035	0,033-0,18	0,025-0,12	0,034-0,047	0,011	0,037-0,12	0,047	0,0032-0,90	0,032	0,014-0,038
NO ₃	4,8-10	0,9-100	6-150	20-100	101-200	57-107	92-156	80	120-250	87-96	64-196

Код точки	312	313	315	316	317	318	320	321	323	324
Место отбора	Шевченко, 15-17	Грушевый сад	Севастопольская, 6	Севастопольская, 5	Севастопольская, 10 (за киоском)	Севастопольская, 17	Севастопольская, 24	Южная 2-польская, 26	Севастопольская, 30	Севастопольская, 31
Ag	<0,0001-0,0023	<0,0001-0,00014	0,00039-0,040	<0,0001	<0,0001-0,00040	<0,0001-0,00018	<0,0001	<0,0001-0,0020	<0,0001-0,036	<0,0001-0,00019
Al	0,03-0,21	<0,001-0,40	0,16-1,1	0,93	0,13-0,31	0,17-0,23	0,20	0,012-0,19	0,062-0,49	0,17-0,22
As	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,0005	<0,0001-0,0015	<0,0001	<0,0001-0,0006	<0,0001-0,001	<0,0001	<0,0001-0,0006	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,0017
B	0,039-0,054	0,093-0,15	1,2-3,9	3,9	<0,001-0,11	0,078-0,092	0,41	0,067-0,086	0,22-0,85	0,22
Ba	0,022-0,36	0,081-0,44	0,082-0,28	0,043	0,074-0,34	0,047-0,39	0,06	0,032-0,67	0,082-0,76	0,071-0,16
Cd	<0,0001-0,00018	<0,0001-0,00024	0,0002-0,00014	0,0013	0,00021-0,00034	0,00003-0,00019	<0,0001	<0,0001-0,00029	0,000029	0,000049
Co	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,00023	<0,0001-0,00010	0,0012	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,0004	0,001	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,0003
Cr	<0,001-0,0022	<0,001-0,0026	0,0012-0,0021	0,0041	0,0021-0,0045	0,0029-0,0050	<0,001	0,0012-0,0046	<0,001-0,0012	<0,001-0,0023
Cu	0,0028-0,0059	<0,001-0,0057	0,0026-0,025	0,028	0,0022-0,0053	0,0048-0,0061	0,0028	0,0016-0,0051	0,0058-0,0059	0,0039-0,0074
Fe	0,07-0,13	0,016-0,25	0,20-0,69	2,4	0,1-0,32	0,06-0,65	0,45	0,044-0,082	0,051-0,30	0,22-0,49
Li	0,0037	0,0051-0,0073	0,0038	н.о.	0,0033-0,0039	0,002-0,0025	н.о.	0,0022-0,0023	0,020	0,011
Mn	0,0011-0,0031	0,0046-0,033	0,004-0,024	0,21	0,003-0,006	0,0068-0,010	0,088	<0,0001-0,00035	0,006-0,0071	0,099-0,10
Mo	<0,0001-0,0011	<0,0001-0,00039	0,0041-0,007	0,0052	<0,0001-0,00056	0,00031-0,001	0,0019	<0,0001-0,00034	0,0002-0,0016	<0,0001-0,0012
Ni	0,0012-0,0015	<0,001-0,0031	0,0023-0,0065	0,009	0,0014-0,0016	0,001-0,013	0,0039	<0,001-0,0023	0,0025-0,0028	0,0022-0,0047
P	0,02	0,020-0,033	<0,01	н.о.	<0,01-0,023	0,020-0,051	н.о.	<0,01-0,012	0,071	0,39
Pb	0,00057-0,0029	<0,0001-0,003	0,0007-0,02	0,012	0,0005-0,0044	0,0008-0,0030	<0,0001	<0,0001-0,00035	0,062-0,49	0,0016-0,0038
Rb	0,0022	0,00037-0,0009	0,0019	н.о.	0,0007-0,0008	0,00049-0,0009	н.о.	0,00033-0,001	0,0022	0,0037
Sb	<0,0001-0,0001	<0,0001-0,0002	<0,0001-0,00065	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00076	<0,0001-0,00015
Se	<0,001-0,0017	<0,001	<0,001-0,011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Si	7,7-9,0	5,2-13	6,6-7,8	7,3	7,7-9,9	8,5-19	2,0	8,9-18	4,3-7,2	4,1-5,1
Sn	<0,001	<0,001-0,0014	0,0031-0,074	н.о.	<0,001-0,0027	<0,001-0,0023	<0,001	<0,001-0,0028	<0,001-0,0014	<0,001-0,001
Sr	1,9-2,3	0,97-1,4	0,67-0,76	1,3	1,6-1,7	1,1-1,3	0,86	1,4-1,8	0,94-0,95	0,63-0,83
Ti	<0,001-3,3	<0,001-0,55	0,002-0,016	0,0098	0,002-0,0047	0,002-0,0044	<0,001	<0,001-1,9	<0,001-0,0073	<0,001-0,0022
Th	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00013	н.о.	<0,0001	<0,0001	н.о.	<0,0001	<0,0001	<0,0001
U	0,0019	0,0016	<0,0001	н.о.	0,0015	0,0012	н.о.	0,0012	0,0011-0,0019	0,0017
V	0,026-0,032	<0,001-0,015	0,0011-0,0027	0,0026	0,032-0,047	0,047-0,052	<0,001	0,04-0,051	0,0005-0,0011	0,0013
Zn	0,014-0,026	0,0057-0,15	<0,001-0,018	0,72	0,015-0,51	0,015-0,18	0,0093	0,0058-0,056	0,23-1,3	0,12-0,13
NO ₃	61-150	7,4-100	1,6-10	11-16	81-190	100-121	2,7-4,4	84-171	44-160	17-45

Код точки	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	336
Место отбора	Севастопольская, 32	Севастопольская, 35	Южная, 7	Садовая, 15	у Сергея (al)	у Сергея (es)	свино-ферма	у Лиды	у стар. тарского кладбища	Устье Джидaira	Скалистое, Зеленая, 8
Ag	<0,0001-0,00017	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,047	<0,0001-0,00016	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,042
Al	0,03-0,25	0,025	0,26	0,09	0,027-0,39	0,13-0,18	0,10	0,20	0,37	1,9	0,039-0,22
As	<0,0001-0,001	<0,0001	0,0016	<0,0001	<0,0001-0,0007	<0,0001-0,0006	<0,0001	0,00043	0,0007	<0,0001	<0,0001-0,0003
B	0,15-0,41	0,14	0,12	0,15	0,12-1,7	0,40-0,45	0,062	0,10	0,30	0,15	0,066-0,14
Ba	0,15-1,3	<0,0001	0,80	0,047	0,049-0,052	0,023-0,057	0,10	0,46	0,42	0,13	0,074-0,27
Cd	0,0002-0,00029	0,00026	0,0002	0,00023	0,00018-0,00033	0,000057	0,0001	<0,0001	0,00016	0,00042	0,00003
Co	<0,0001-0,0002	<0,0001	0,0004	<0,0001	<0,0001-0,0003	<0,0001-0,0002	<0,0001	0,0004	0,0004	<0,0001	<0,0001-0,0002
Cr	<0,001-0,0026	<0,001	0,0031	<0,001	<0,001-0,0033	<0,001-0,0018	0,0017	0,0088	0,0033	0,0041	<0,001-0,0013
Cu	0,0013-0,0062	0,0028	0,0073	0,0090	<0,001-0,0046	<0,001-0,0034	0,0030	0,0041	0,0079	0,0065	0,005-0,0062
Fe	0,095-0,36	0,19	0,23	0,18	0,053-0,19	0,0043-0,19	0,14	0,69	0,62	1,6	0,038-0,43
Li	0,019	н.о.	0,0096	н.о.	0,14	0,12	н.о.	0,0071	0,0039	н.о.	0,0066
Mn	0,0018-0,0080	0,020	0,009	0,012	0,0057-0,011	0,0060-0,0069	0,012	0,0085	0,057	0,054	0,002-0,030
Mo	<0,0001-0,00088	<0,0001	0,0015	<0,0001	<0,0001-0,00039	<0,0001-0,0003	<0,0001	0,00068	0,00018	<0,0001	<0,0001-0,0011
Ni	<0,001-0,0015	<0,001	0,0028	0,0017	<0,001-0,0038	<0,001-0,0026	0,0015	0,0025	0,0023	0,0064	<0,001-0,0017
P	0,13-0,18	н.о.	0,043	н.о.	0,046	0,029	н.о.	0,044	0,054	н.о.	0,02
Pb	<0,0001-0,0011	<0,0001	0,0025	0,0011	<0,0001-0,0045	<0,0001-0,0013	0,0020	0,0020	0,0014	0,011	<0,0001-0,0084
Rb	<0,0001-0,0013	н.о.	0,0009	н.о.	0,0054	0,0043	н.о.	0,00035	0,0020	н.о.	0,0010
Sb	<0,0001-0,00031	<0,0001	0,00039	<0,0001	<0,0001-0,00093	<0,0001-0,00047	<0,0001	0,00012	<0,0001	<0,0001	<0,0001-0,00029
Se	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001-0,0013	<0,001-0,0011	<0,001	0,0017	<0,001	<0,001	<0,001
Si	5,0-6,2	4,3	6,6	5,9	3,9-8,0	5,3-5,8	10	15	4,1	8,9	5,1-7,2
Sn	<0,001-0,0012	<0,001	0,0024	<0,001	<0,001-0,0036	<0,001-0,0011	<0,001	<0,001	0,0026	<0,001	<0,001-0,0014
Sr	0,70-0,76	0,68	1,2	0,54	0,60-1,4	0,63-1,2	1,2	1,3	0,81	0,49	1,1
Ti	<0,001-0,005	<0,001	2,8	<0,001	<0,001-0,016	<0,001	<0,001	0,0042	<0,001	0,065	<0,001-0,0047
Th	<0,0001	н.о.	<0,0001	н.о.	0,00012	<0,0001	н.о.	н.о.	<0,0001	н.о.	<0,0001
U	0,0019-0,0021	н.о.	0,0026	н.о.	0,0042	0,0023	н.о.	н.о.	0,0027	н.о.	0,0015
V	<0,001-0,0011	<0,001	0,0039	0,0011	0,0026	<0,001-0,0011	0,016	0,003	0,0009	<0,001-0,0046	<0,001-0,0011
Zn	0,010-0,045	0,044	0,022	0,11	<0,001-0,027	0,0088-0,017	0,015	0,079	0,024	0,92	0,0099-0,12
NO ₃	37-92	11-16	9,0	25-109	6,0	21-24	н.о.	37,5	2,3-18	10	7,3

Код точки	338	339	340	341	344	345	346	349	353	359	361
Место отбора	Скалистое, Ленина, 18	Скалист., Ленина, 19	Скалист., Ленина, 21	Скалист., Ленина, 22а	Скалистое, Пушкина, 1а	Скалистое, Пушкина, 3	Скалистое, Пушкина, 8	Скалистое, Пушкина, 21	Скалист., Молодежная, 11	Прохладное, Студенческая, 23	Прохладное, Сандулова, 19
Ag	<0,0001-0,12	<0,0001	<0,0001	0,0041	<0,0001	<0,0001-0,0002	0,00012-0,044	<0,0001-0,00041	<0,0001	0,014	<0,0001
Al	0,11-0,15	0,11	2,1	0,14	0,016-0,70	0,17-1,2	0,11-0,36	0,13-0,22	0,12	0,34	0,17
As	<0,0001-0,00045	0,0005	0,0013	0,00042	<0,0001-0,0046	<0,0001-0,0004	<0,0001-0,0006	<0,0001-0,0004	<0,0001	<0,0001	0,00044
B	0,076-0,99	0,11	0,1	0,11	0,069-0,098	0,0074-0,084	0,1-0,14	0,0077-0,097	0,11	0,097	0,16
Ba	0,22-2,2	0,11	0,19	0,51	0,055-0,41	0,14-0,21	0,066-0,51	0,12-0,16	0,45	1,8	0,5
Cd	<0,0001-0,00015	0,00027	0,00008	<0,0001	<0,0001	0,000036-0,0011	0,000032-0,00044	0,000016	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Co	<0,0001-0,00018	0,0002	0,0015	0,00012	<0,0001-0,0007	0,0003-0,0017	0,00016-0,0006	<0,0001-0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0003
Cr	0,0014-0,0015	0,0017	0,0061	0,0017	0,0013-0,0058	0,0017-0,0019	0,00016-0,014	0,0013-0,0022	<0,001	0,0063	0,003
Cu	0,0049-0,0066	0,0055	0,0081	0,0024	<0,001-0,021	0,0049-0,084	0,018-0,033	0,0030-0,0046	0,0049	0,019	0,0034
Fe	0,08-0,23	0,16	2,9	0,12	0,041-1,2	0,17-4,8	0,13-0,85	0,18-0,32	0,05	0,41	0,15
Li	0,0071	0,0083	0,010	0,0046	0,0043	0,0081	0,0063-0,0068	<0,001-0,0088	н.о.	н.о.	0,017
Mn	0,0017-0,0074	0,016	0,078	0,010	0,0079-0,029	0,018-0,082	0,0037-0,11	0,0034-0,016	0,0036	0,0027	0,010
Mo	0,00072-0,0021	0,0010	0,0011	0,00068	<0,0001-0,0042	0,00048-0,0025	<0,0001-0,00041	<0,0001-0,00059	0,0016	0,0020	<0,0001
Ni	0,002	0,0018	0,0072	0,0014	0,0027-0,0063	0,0016-0,052	0,0016-0,0068	<0,001-0,002	0,0054	0,0027	0,0036
P	0,053	0,036	0,12	0,047	1,5	<0,01-0,051	0,048-0,097	0,039	н.о.	н.о.	0,015
Pb	0,0017-0,017	0,001	0,0039	0,0013	0,0012-0,0025	0,0025-0,045	0,0012-0,007	0,003-0,0051	<0,0001	0,0047	<0,0001
Rb	0,00047	0,0011	0,0036	0,0004	н.о.	0,0012	0,00057	0,0011	н.о.	н.о.	0,17
Sb	<0,0001-0,0011	0,00019	0,00025	<0,0001	<0,0001-0,0011	<0,0001-0,00019	<0,0001-0,00028	<0,0001-0,00016	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Se	<0,001-0,0036	0,0015	0,0016	0,0012	<0,001	<0,001-0,001	<0,001	<0,001-0,0011	<0,001	<0,001	<0,001
Si	6,6-10	5,8	9,1	10	4,5-8,4	6,8-7,7	5,5-13	6,8-8,3	8,3	4,8	11
Sn	<0,001	0,0022	0,002	<0,001	<0,001	<0,001-0,0011	<0,001	<0,001-0,0011	<0,001	<0,001	<0,001
Sr	1,0-1,1	0,91	0,94	0,92	0,26-1,5	1,3-1,4	0,99-1,3	1,3-1,4	1,7	1,6	1,3
Ti	<0,001-0,0062	0,001	0,022	0,0029	<0,001-0,012	0,002-0,013	<0,001-0,0059	0,0012-0,002	<0,001	0,0062	0,0038
Th	н.о.	0,00036	<0,0001	н.о.	<0,0001	0,00012	0,00024	<0,0001	н.о.	н.о.	н.о.
U	н.о.	0,0018	0,0018	н.о.	0,00019	0,00019	0,0013	0,0021	н.о.	н.о.	н.о.
V	0,00079	0,0004	0,0042	0,00045	<0,001-0,0084	0,0009-0,0037	<0,001-0,0015	<0,001-0,0008	0,002	0,0013	0,0011
Zn	0,069-0,18	0,060	0,062	0,11	0,033-0,084	0,045-3,5	0,071-0,31	0,015-0,12	0,017	0,091	0,069
NO ₃	17-38	14-37	20	10	1,2-25	20-44	5,7	22-55	н.о.	36-46	5-27

Примечание. Ве и Тl во всех пробах ниже предела обнаружения 0,0001 мг/л; н.о. — компонент не определяется.

вод (в г/л), pH и содержания макрокомпонентов (в экв. %). В представленных ниже формулах Курлова приведены диапазоны этих величин за весь период исследования.

Воды атмосферных осадков

В течение года атмосферные осадки распределяются неравномерно — основное их количество (более 80%) выпадает в теплый период года (апрель — октябрь), максимум приходится на июль. За последнее десятилетие наметилась отчетливая тенденция к снижению общего количества осадков, что, конечно, отражается на запасах подземных и поверхностных вод района исследований.

Всего на исследуемой территории было отобрано 30 проб вод атмосферных осадков (с 1999 по 2009 г.). Ионный состав этих вод пестрый, однако преобладающее значение в летние месяцы имели анионы HCO_3^- и в меньшей степени SO_4^{2-} , а среди катионов — Ca^{2+} и далее (в порядке убывания) Mg^{2+} , Na^+ и K^+ .

Из всех проанализированных проб 27% вод являются (по преобладающим ионам) гидрокарбонатными кальциевыми, 20% — гидрокарбонатными со смешанным катионным составом, 20% — сульфатно-гидрокарбонатными кальциевыми, 13% — сульфатно-гидрокарбонатными со смешанным катионным составом. Величина pH в осадках варьировала в пределах 5,9–8,9; минерализация принимала значения от 0,02 до 0,1 г/л, жесткость — от 0,15 до 1,2 мг-экв/л:

$$M(0,02 - 0,1) \frac{\text{HCO}_3(25 - 89)\text{SO}_4(0 - 64)\text{Cl}(4 - 32)}{\text{Ca}(20 - 89)\text{Mg}(0 - 45)\text{Na}(5 - 32)\text{K}(2 - 19)} \text{pH}(6-8).$$

Поверхностные воды

Воды р. Бодрак в летние месяцы имеют устойчивый сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав:

$$M(0,5 - 0,6) \frac{\text{HCO}_3(51 - 69)\text{SO}_4(22 - 40)}{\text{Ca}(47 - 51)\text{Mg}(29 - 33)\text{Na}(14 - 18)\text{K}(1 - 2)} \text{pH}(6-8).$$

Более разнообразны по своему ионному составу поверхностные воды ставков, в большинстве своем это воды сульфатно-гидрокарбонатного магниевый-кальциевого или гидрокарбонатно-кальциевого состава:

$$M(0,2 - 0,6) \frac{\text{HCO}_3(55 - 85)\text{SO}_4(2 - 35)\text{Cl}(5 - 23)}{\text{Ca}(47 - 79)\text{Mg}(10 - 45)\text{Na}(10 - 31)\text{K}(1 - 7)} \text{pH}(6-8).$$

На общем фоне выделяется макрокомпонентный состав вод Мраморного ставка, расположенного в бывшем карьере нуммулитовых известняков (пос. Скалистое). Здесь, в отличие от всех других поверхностных вод полигона, в анионном составе преобладающим является сульфат-ион:

$$M(0,3 - 0,8) \frac{\text{SO}_4(65 - 78)\text{HCO}_3(17 - 24)\text{Cl}(5 - 8)}{\text{Ca}(51 - 67)\text{Mg}(19 - 29)\text{Na}(12 - 16)\text{K}3} \text{pH}(6-8).$$

Подземные воды

Подземные воды полигона за редким исключением имеют близкий состав (по содержанию макрокомпонентов). Разновозрастные высокопроницаемые породы, слагающие зону аэрации (пески, песчано-галечниковые отложения, выветрелые вулканогенно-осадочные породы и известняки), создают благоприятную обстановку для разгрузки грунтовых вод. Вследствие хорошей проницаемости отложений на полигоне получили широкое распространение грунтовые воды с минерализацией около 1 г/л (от пресных до солоноватых). Режим химического состава грунтовых вод подвержен незначительным сезонным колебаниям по минерализации (повышение летом и снижение весной).

Грунтовые воды полигона в большинстве своем — жесткие сульфатно-гидрокарбонатные или гидрокарбонатные магниевые-кальциевые (или смешанного катионного состава) щелочные (реже кислые) с минерализацией около единицы. Например: колодцы в аллювии р. Бодрак:

$$M(0,9 - 1,3) \frac{HCO_3(56 - 75)SO_4(12 - 33)Cl(8 - 14)}{Ca(42 - 53)Mg(23 - 43)Na(13 - 21)K(1 - 4)} pH(6-8);$$

колодцы пролювиальных отложений:

$$M(0,8 - 1,0) \frac{HCO_3(49 - 78)SO_4(17 - 36)Cl(5 - 10)}{Ca(49 - 59)Mg(23 - 35)Na(15 - 16)K(0,5 - 2)} pH(6-8);$$

колодцы в вулканогенно-осадочной толще:

$$M(0,7 - 1,0) \frac{HCO_3(57 - 80)SO_4(10 - 29)Cl(5 - 16)}{Ca(30 - 68)Mg(20 - 53)Na(11 - 34)K(0,2 - 1,0)} pH(6-8).$$

Родниковые воды полигона пресные в большинстве случаев гидрокарбонатные кальциевые, реже гидрокарбонатные магниевые-кальциевые:

$$M(0,5 - 0,8) \frac{HCO_3(57 - 93)SO_4(0 - 20)Cl(4 - 14)}{Ca(43 - 79)Mg(6 - 41)Na(7 - 17)K(0,2 - 1,0)} pH(6-8).$$

На диаграмме Пайпера, представленной на рис. 2, хорошо прослеживается генетическое родство отдельных разновидностей природных вод изучаемой территории: практически во всех водах главенствующую роль играют гидрокарбонат-ионы и ионы кальция; сульфат-ион является вторым после HCO_3^- анионом в их составе.

В большинстве своем природные воды полигона вписываются в нормальную широтную географическую зональность, обусловленную ландшафтно-климатическими условиями, и соответствуют зоне гидрокарбонатно-кальциевых вод горных областей Крыма и Кавказа. Однако в северной части д. Трудолюбовка имеется аномальный участок с солоноватыми подземными водами хлоридно-натриевого состава и минерализацией около 3 г/л:

$$M(2 - 3) \frac{Cl(38 - 53)SO_4(7 - 42)HCO_3(5 - 6)}{Na(45 - 86)Ca(3 - 12)Mg1K1} pH(6-8)$$

(пробы воды для анализа отбирались после откачки из скважины). Именно этот участок нарушает единообразие данных по химическому составу природных вод на диаграмме Пайпера (см. рис. 2). Вероятно, здесь осуществляется поступление подземных

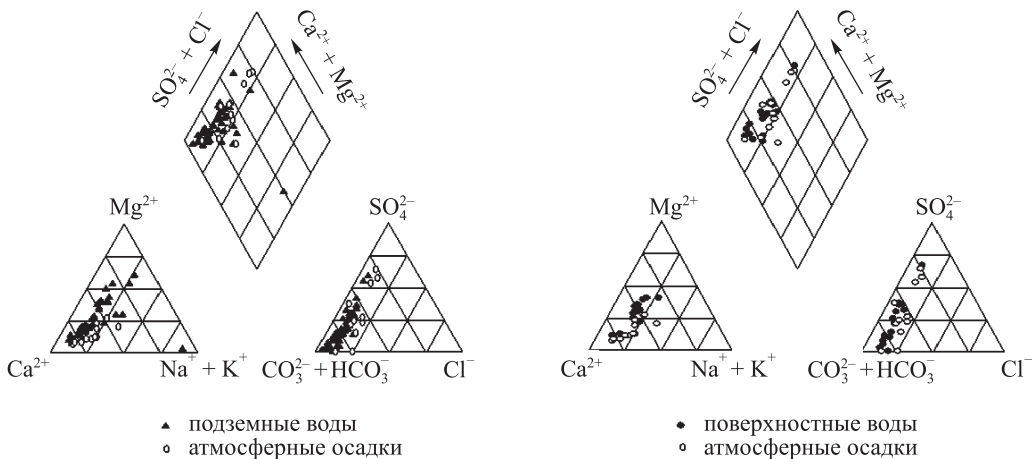


Рис. 2. Состав природных вод полигона Крымской геологической практики (диаграмма Пайпера).

вод с более глубоких горизонтов, после чего они смешиваются с пресными грунтовыми водами.

Территория полигона характеризуется невысокой антропогенной нагрузкой, которая выражается главным образом в сельскохозяйственной деятельности, строительстве гидротехнических сооружений для накопления воды (ставков), которые отчасти нарушают гидрологический и гидрогеологический режимы территории, а также в карьерах разработки известняков. Таким образом, основными факторами, определяющими химический состав грунтовых и поверхностных вод исследуемого района, являются природные факторы — химический и минеральный состав горных пород и почв, а также процессы выветривания. Они же влияют и на состав атмосферных осадков, так как пылеватые частички почвы служат ядрами конденсации атмосферных осадков.

В летний период на территории полигона периодически возникают проблемы как с количеством, так и с качеством питьевых и хозяйственных вод. Существующее централизованное водоснабжение зачастую не способно удовлетворить потребности населения, вынуждая людей пользоваться собственными колодцами и скважинами, качество воды в которых не всегда отвечает санитарным нормам. Особенно неблагоприятен в этом отношении водоносный участок, приуроченный к зоне экзогенной трещиноватости вулканогенно-осадочной толщи, где фиксируется многолетнее устойчивое нитратное загрязнение.

В табл. 1 и 2 представлены результаты химического анализа (содержания микрокомпонентов) в поверхностных и подземных водах соответственно. В каждой графе приведены наименьшее и наибольшее значения за весь период определения (с 2002 по 2007 г.). Исследования ведутся только в летний период (межень). За это время не наблюдается направленной тенденции изменения химического состава природных вод. Отмечаются лишь незначительные изменения, очевидно, связанные с количеством выпадающих атмосферных осадков.

С помощью пакета программ STATISTIKA 6.0 была проведена статистическая обработка данных по химическому составу подземных и поверхностных вод за 2004 и 2005 гг., когда выполнялось наиболее детальное опробование. В случае подземных вод был обработан как суммарный массив данных, так и отдельные массивы по во-

дам колодцев пос. Скалистое, д. Трудолобовка, а также родников, расположенных на полигоне СПбГУ. Были рассчитаны стандартные статистические параметры распределения химических элементов в поверхностных и подземных водах. В случае подземных вод были отдельно обработаны массивы данных по химическому составу вод, приуроченных к породам различных водоносных комплексов (четвертичный водоносный горизонт, подземные воды нижнемеловых отложений и локальные зоны обводнения в породах таврической и эскиординской серий). В случае поверхностных вод — суммарный массив данных и отдельные массивы по водам р. Бодрак и водам ставков.

Остановимся сначала на особенностях состава подземных вод. Анализ данных показал, что среди микрокомпонентов равномерным пространственным распределением (коэффициент вариации не превышает 30%) во всех трех рассматриваемых массивах характеризуется только концентрация Si. В подземных водах меловых отложений аналогично ведут себя Ba и Sb (причем отличительной чертой этих вод является повышенное содержание Ba). Вообще следует отметить, что именно для этой группы подземных вод характерны в целом меньшие значения коэффициентов вариации, т. е. более однородное распределение микрокомпонентов.

Наименее однородное пространственное распределение микрокомпонентов характерно для вод четвертичного водоносного горизонта. Лишь концентрации Se, Sr и U характеризуются коэффициентом вариации от 30 до 60%. Очевидно, химический состав этих вод формируется под воздействием как природных, так и антропогенных факторов.

Характерной чертой вод локальных зон обводнения вулканогенно-осадочной толщи и пород таврической и эскиординской серий является повышенная по сравнению с остальными водами концентрация V, что скорее всего связано с химическим составом горных пород. Крайне неравномерное распределение (коэффициент вариации больше 100%) здесь наблюдается для содержаний Ag, B, Cd, Cr, Li, Mn, Mo, Se, V и Zn. В ряду этих элементов выделяются серебро и цинк, имеющие наибольший коэффициент вариации концентраций и являющиеся, вероятно, индикаторами антропогенного загрязнения.

Микрокомпонентный состав поверхностных вод отличается большей однородностью. Наиболее равномерным является пространственное распределение Cu (в обоих массивах коэффициент вариации содержаний менее 30%). Элементы с относительно равномерным пространственным распределением: Al, Ba, Co, Cr, Fe, Li, Ni, Si, Sn, Sr, Zn — в водах ставков; Al, As, Co, Cr, Li, Mo, Ni, Rb, Sb, Si, Sn, Sr, Zn (в водах р. Бодрак). Для остальных элементов распределение неравномерное, причем особенно большой коэффициент вариации и в этом случае наблюдается для содержаний Ag, B (в обоих массивах), Mo, Pb, Sb (в водах ставков), Ba, Mn (в водах р. Бодрак).

Основными показателями, превышающими предельно допустимые концентрации для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [4] являются жесткость воды (до 15–16 мг-экв/л) и содержание нитратов (до 250 мг/л). При этом устойчивое нитратное загрязнение характерно преимущественно для вод колодцев центра д. Трудолобовка (водоносная зона коры выветривания вулканогенно-осадочных пород байосского яруса), что связано с хозяйственной деятельностью населения, отсутствием канализации и незащищенностью водоносного горизонта. В подземных водах, связанных с аллювиальными отложениями р. Бодрак, также с некоторой периодичностью отмечаются очаги нитратного загрязнения, но значения концентраций

хоть и превышают ПДК, в целом ниже, чем в колодцах центра д. Трудолобовка. Это, вероятно, связано с постоянной промываемостью аллювиальных отложений в паводковые периоды. В отдельных пробах наблюдались эпизодические превышения (до 2–3 ПДК) содержания Fe, В, Li, Mn, Al, Ag.

Сравнение ПДК химических элементов в водных объектах (хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования) с их средним содержанием показало, что для ряда элементов значения ПДК достаточно высоки, и некоторые геохимические аномалии природных вод не могут быть охарактеризованы с точки зрения превышения этих концентраций. Так, в работе [5] приводятся примеры элементов (Mo, Cu, Ag, Co, Zn, Ni, Pb, Sr, V), для которых ПДК превышают средние содержания в водах зоны гипергенеза в десятки и сотни раз. Поэтому помимо сопоставления результатов анализов с ПДК нами также был проведен расчет коэффициентов концентрации (K_c) и коэффициентов водной миграции (K_X) химических элементов для всех исследуемых проб с целью изучения геохимических особенностей подземных и поверхностных вод изучаемой территории.

Коэффициент концентрации химического элемента характеризует уровень концентрирования его относительно фонового содержания и рассчитывается по формуле

$$K_c = C_i / C_{\Phi},$$

где C_i — средняя концентрация i -го химического элемента, установленная для данной геохимической выборки, C_{Φ} — фоновое содержание этого элемента. В связи с отсутствием надежных данных о фоновых содержаниях компонентов для рассматриваемой территории были взяты средние концентрации для вод зоны гипергенеза, приведенные в монографии С. Л. Шварцева [6]. В ней на основании статистической обработки десятков тысяч анализов определены средние содержания химических элементов в подземных водах основных ландшафтно-климатических зон, а также средние (кларковые) значения для подземных вод зоны гипергенеза Земли в целом. Под термином «подземные воды зоны гипергенеза» автор понимает «воды инфильтрационного, реже конденсационного типа, генетически связанные с атмосферными осадками и парами атмосферы. По условиям залегания это в подавляющем большинстве случаев грунтовые воды, воды зоны активного водообмена, не связанные с участками рудных полезных ископаемых, и активной техногенной деятельностью человека» [6, с. 4].

Коэффициенты концентрации практически во всех пробах поверхностных вод полигона имеют значения больше 1,5–2 для таких элементов, как Sr и Ba. При этом фоновая концентрация Ba превышена как минимум в 2–3 раза, а в большинстве проб — в 10–30 раз. Наибольшая концентрация Ba наблюдается в водах ставок в овраге Мендер (средний и дальний), номера проб 506 и 507 на рис. 1 ($K_c > 30$). Похожая картина с K_c стронция — повышенные значения во всех пробах, кроме вод Воронежского ставка — однако в этом случае распределение концентрации более равномерное; коэффициент концентрации составляет 2–5. Исключением являются воды Мраморного ставка (номер 509 на рис. 1), где K_c для стронция равен 9. Очевидно, повышенные концентрации Sr и Ba являются локальной геохимической особенностью рассматриваемой территории. Из остальных микрокомпонентов, содержания которых превышают средние значения для вод зоны гипергенеза, отметим бор (р. Бодрак у водокачки (номер 616 на рис. 1) и Тещино моста (номер 612), водоток Мангуш (номер 704), ставки Колхозный (номер 503), Мангуш (номер 505), дальний Мендер (номер 506), Широкий Яр (номер 512) и серебро (ставка Мендер средний (номер 507) и водоток Мангуш (номер 704)

с чрезвычайно высокими концентрациями $Ag - Kc$ равен 289 и 182 соответственно).

Среди проб поверхностных вод выделяются по микрокомпонентному составу воды ставков Мраморный и Колхозный (509 и 503 на рис. 1), в которых отмечены превышения фоновых концентраций для наибольшего числа химических элементов — для Мраморного ставка это Sr, Ba, Se, Sb, Rb, Mo, а Колхозного — Sr, Ba, B, As, Pb. Мраморный ставок — водоем, образовавшийся в результате разработки карьера, в котором добывали строительный известняк, а Колхозный ставок расположен на территории населенного пункта около животноводческой фермы. Остальные водоемы более или менее удалены от населенных пунктов, находятся в сельскохозяйственных и рекреационных зонах, хотя и вблизи автомобильных дорог.

Как и в случае поверхностных вод, для всех проб подземных вод характерна повышенная по сравнению со средним составом вод зоны гипергенеза концентрация Ba (в 4–45 раз). В подавляющем большинстве проб наблюдаются повышенные концентрации Sr (в 2–10 раз), в ряде проб — повышенные концентрации бора (в 1,5–22 раза), ванадия (в 2–53 раза), селена (в 1,5–15 раз). Особенно большие вариации Kc имеют место для Ag (от 2 до 620). Для остальных микрокомпонентов концентрации находятся на уровне фоновых или превышают их лишь в отдельных пробах.

По результатам расчета Kc можно выявить следующие геохимические особенности, характерные для подземных вод исследуемой территории:

1) можно выделить ряд точек опробования, связанных с аллювиальными отложениями р. Бодрак, для вод которых концентрации, превышающие фоновые значения, характерны для довольно большого числа элементов: колодец в аллювии р. Бодрак (номер точки 329) — Ag, B, Mn, Li, Sr, Ba, Pb, Se, V; колодец в пос. Скалистое по ул. Ленина, 21 (номер 340) — Ba, Sr, Co, V, Ni, Se, Zn, Al, Fe; колодец в пос. Скалистое по ул. Пушкина, 8 (номер 346) — Ag, Cu, Sr, Ba, Co, Mn, Pb, Zn, Fe. Среди этих элементов есть те, которые, очевидно, являются характерными для вод данной территории (Ba, Sr, частично B, V, Se) и чьи повышенные концентрации обусловлены природными факторами. Одновременно в эти ассоциации входят Zn, Ni, Cu, Pb, Co, Fe, Mn, Ag, что, возможно, вызвано влиянием антропогенных факторов;

2) в центре д. Трудолюбовки в водах, связанных с вулканогенно-осадочными отложениями (J_2b), выявлены повышенные концентрации V: ул. Калинина, 5, 11 и 19 (номера точек 304, 306, 308), пер. Южный, 2 (номер точки 321), ул. Севастопольская, 17 (номер точки 317), колодцы по ул. Шевченко (номера точек 310, 311, 312);

3) подземные воды с повышенным содержанием серебра: родники у Постоялого двора (номер точки 101), у водокачки (номер 111), колодцы д. Трудолюбовка: ул. Грузинова, 11 (номер 302), у деревенского кладбища (номер 303), в аллювии р. Бодрак (номер 329), Шевченко, 15–17 (номер 312), Севастопольская, 26 (номер 321); колодец в п. Скалистое, ул. Пушкина 8 (номер 346). По сравнению со средним составом вод зоны гипергенеза в некоторых из этих вод наблюдаются повышенные концентрации и других элементов (Cu, Pb, V, Mn, Zn, Co, Se, Fe, Al), но это превышение незначительно. Возможно, здесь мы имеем дело с частичным влиянием антропогенного воздействия, одним из индикаторов которого является повышенная концентрация серебра [5]. Породы — четвертичные отложения и вулканогенно-осадочная толща.

Рассмотрим далее коэффициент водной миграции (K_M), который используется для количественной оценки интенсивности водной миграции элементов. Значение коэффициента определяется как отношение содержания химического элемента в минеральном

остатке воды к его содержанию в водовмещающих породах или кларку литосферы [7] и рассчитывается по формуле:

$$K_X = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x},$$

где K_X — коэффициент водной миграции элемента X; m_x — его содержание в воде в г/л; a — минерализация воды, г/л; n_x — процентное содержание элемента X в водовмещающих породах или в литосфере (кларк). Поскольку природные воды (как подземные, так и поверхностные) часто взаимодействуют с различными горными породами, поскольку, согласно [7], методически более правильно в качестве величины n_x брать не концентрации элементов в конкретной породе (которые в нашем случае для подавляющего числа микрокомпонентов не известны), а кларки литосферы или крупных групп пород. При этом, с одной стороны, полученные величины K_X , разумеется, являются приближенными, но, с другой стороны, они дают правильное представление о различиях в интенсивности миграции отдельных элементов.

Нами был выполнен расчет коэффициентов водной миграции с использованием кларков земной коры, рекомендованных в работе [8]. Среди значений, рассчитанных как для поверхностных, так и для подземных вод, $K_X > 10$, отвечающих очень сильной миграции, наблюдаются для бора и селена, в некоторых пробах с аномальными концентрациями — для серебра. Сильная миграция характерна для стронция ($K_X > 1$ во всех пробах), бария и олова ($K_X > 1$ в большинстве проб), в отдельных пробах подземных вод — для молибдена, цинка, кадмия, сурьмы. Несмотря на то, что эти результаты носят приблизительный, оценочный характер, можно выделить несколько химических элементов — Sr и Ba, в ряде проб подземных вод дополнительно V и Se, для которых характерны высокие коэффициенты водной миграции и одновременно с этим повышенные по сравнению со средними значениями зоны гипергенеза содержания в природных водах исследуемой территории.

Заключение

На территории Крымского учебного полигона наибольшее развитие получили грунтовые воды, приуроченные к аллювиальным и пролювиальным четвертичным отложениям, терригенно-карбонатным породам мелового, палеогенового и неогенового возраста, к корам выветривания коренных пород. Подземные воды, так же как и поверхностные, являются преимущественно пресными, с преобладанием в анионном составе ионов HCO_3^- (реже SO_4^{2-}), а в катионном составе — иона Ca^{2+} и Mg^{2+} .

За весь период исследований не наблюдалось направленной тенденции изменения химического состава природных вод. Отмечены лишь незначительные колебания, происходящие под влиянием межгодовых и внутригодовых отклонений от норм выпадающих атмосферных осадков.

Природной гидрогеохимической особенностью исследуемой территории являются повышенные содержания в поверхностных и подземных водах соединений Sr и Ba, а также V в подземных водах, приуроченных к породам триасово-юрской системы. Повышенные содержания в некоторых пробах таких элементов, как Ag, Cu, Zn, Fe, Mn, Cr, очевидно, могут быть связаны с антропогенным воздействием.

* * *

Авторы выражают благодарность студентам геологического факультета Шумиговой Анне, Лачехиной Евгении, Марценишину Евгению, Цыпину Михаилу и Спицовой

Светлане, принимавшим наиболее активное участие в сборе и обработке материалов, использованных в настоящей статье.

Литература

1. *Семенова В. М.* Гидрогеологические условия междуречья Бодрак и Кача // Очерки геологии Крыма. Труды Крымского геологического научно-учебного центра им. проф. А. А. Богданова. М., 1997. Вып. 1.
2. *Каюкова Е. П.* Гидрогеологические условия бассейна р. Бодрак (Юго-Западный Крым) // Геология Крыма. СПб., 2002. Вып. 2.
3. *Каюкова Е. П.* Роль атмосферных осадков в формировании поверхностных и подземных вод восточной части Бахчисарайского района Крыма // Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы. СПб., 2008.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01. Санитарные правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
5. *Янин Е. П.* Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). М., 2002.
6. *Шварцев С. Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М., 1998.
7. *Перельман А. И.* Геохимия. М., 1979.
8. Treatise on Geochemistry. The Crust / Ed. R. L. Rudnick. Amsterdam, 2004. Vol. 3.

Статья поступила в редакцию 23 марта 2010 г.