

ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Дмитрий Анатольевич Новиков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3/6, к.г.-м.н., зав. лабораторией, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru; Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа и кафедры общей и региональной геологии

Анатолий Витальевич Черных

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3/6, научный сотрудник, e-mail: ChernykhAV@ipgg.sbras.ru

Альбина Анатольевна Хвощевская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск, проспект Ленина, 2/5, к.г.-м.н., зав. лабораторией, e-mail: hvashevskaya@tpu.ru

Федор Федорович Дульцев

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3/6, научный сотрудник, e-mail: DultsevFF@ipgg.sbras.ru

Лариса Александровна Ничкова

Севастопольский государственный университет, 299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, к.т.н., зав. кафедрой, e-mail: nichkova@sevsu.ru

Галина Анатольевна Сигора

Севастопольский государственный университет, 299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, к.б.н., доцент, e-mail: sigora1@yandex.ru

Тамара Юрьевна Хоменко

Севастопольский государственный университет, 299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, ассистент, e-mail: tamara_homenko21.07@mail.ru

Тимур Анисович Яхин

Государственное унитарное предприятие города Севастополя «Водоканал», 299011, Россия, г. Севастополь, ул. Адм. Октябрьского, 4, начальник отдела, e-mail: timalife@mail.ru

В работе представлены первые результаты распределения широкого спектра высокотоксичных элементов в природных водах Севастопольской городской агломерации. Установлено, что все воды не имеют превышений ПДК по V, Cr, Cu, Zn, Mo, Cd, Pb и Bi, в ряде объектов выявлены превышения по Fe, Mn, Co, Ni и Tl. Среди нормируемых химических элементов в настоящее время наиболее неблагоприятные условия характеризуют воды села Колхозное, а также на практически всей территории Гераклеийского полуострова установлены высокие содержания урана и повышенные значения мышьяка. Огромное влияние на ухудшение качественных характеристик природных вод оказали засухи последних трех лет, приведшие к ро-

сту концентраций практически всех микрокомпонентов не только в поверхностных, но и в подземных водах.

Ключевые слова: природные воды, высокотоксичные элементы, радионуклиды, питьевое водоснабжение населения, Севастопольская городская агломерация, Крым

TOXIC ELEMENTS IN NATURAL WATERS OF THE SEVASTOPOL URBAN AGGLOMERATION

Dmitry A. Novikov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3/6, Akademika Koptyuga Ave., PhD, head of the laboratory, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2, Pirogova st., associate professor

Anatoliy V. Chernykh

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3/6, Akademika Koptyuga Ave., Researcher, e-mail: ChernykhAV@ipgg.sbras.ru

Albina A. Khvashchenskaya

Tomsk Polytechnic University, 634034, Russia, Tomsk, 2/5, Lenina st., PhD, head of the laboratory, e-mail: hvashevskaya@tpu.ru

Fedor F. Dultsev

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3/6, Akademika Koptyuga Ave., Researcher, e-mail: DultsevFF@ipgg.sbras.ru

Larisa A. Nichkova

Sevastopol State University, 299053, Russia, Sevastopol, 33, Universitetskaya st., PhD, head of the department, e-mail: nichkova@sevsu.ru

Galina A. Sigora

Sevastopol State University, 299053, Russia, Sevastopol, 33, Universitetskaya st., PhD, associate professor, e-mail: sigora1@yandex.ru

Tamara Yu. Homenko

Sevastopol State University, 299053, Russia, Sevastopol, 33, Universitetskaya st., assistant, e-mail: homenko21.07@mail.ru

Timur A. Yahin

State Unitary Enterprise of the city of Sevastopol "Vodokanal", 299011, Russia, Sevastopol, 4, Adm. Oktyabrsky st., head of department, e-mail: timalife@mail.ru

The article presents the first results of the distribution of a wide range of highly toxic elements in the natural waters of the Sevastopol urban agglomeration. It was found that all waters do not exceed the MPC for V, Cr, Cu, Zn, Mo, Cd, Pb, and Bi; in a number of objects, the excess for Fe, Mn, Co, Ni and Tl was found. Among the standardized chemical elements, there are high indicators of water quality in village Kolkhoznoye, as well as on almost the entire territory of the Heracleian Peninsula. The droughts of the last three years have had a huge impact on the quality of quality resources, leading to the concentration of almost all microcomponents not only in surface waters, but also in groundwater.

Keywords: natural waters, highly toxic elements, radionuclides, drinking water supply of the population, Sevastopol urban agglomeration, Crimea Peninsula

В последние годы проблема чистой питьевой воды на нашей планете приобретает все большее значение. Растущая антропогенная нагрузка оказывает все большее влияние на экологическое состояние водных экосистем. В условиях активной антропогенной деятельности загрязнение природных вод токсичными элементами первого класса опасности и тяжелыми металлами давно стало острой проблемой. Согласно постановлению Главного государственного врача РФ (ГН 2.1.5.1315-0), в группу 1 класса опасности входят Be, As, Hg, Tl и U. Как отмечается в многочисленных исследованиях российских и зарубежных ученых перечисленные выше элементы обладают высокотоксичными, канцерогенными и мутагенными свойствами. При этом, таллий (Tl) являясь высокотоксичным элементом, гораздо меньше изучен, чем ртуть, уран и другие [1], что связано с несовершенством классических аналитических методов, имеющих к нему низкую чувствительность. Но, экотоксикологическая важность таллия обусловлена его острой токсичностью для живых организмов, сопоставимая с таковой для ртути [2]. Группа тяжелых металлов включает в себя более 30 элементов Периодической системы. В настоящем исследовании мы ограничимся рассмотрением лишь обладающих наибольшей токсичностью (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Pb, Bi). На сегодня основным источником загрязнения природных вод тяжелыми металлами являются промышленные предприятия и автотранспорт.

Со времен В.И. Вернадского считалось, что Th и продукты его распада в воде присутствуют в столь ничтожно малых количествах, которые нельзя было зафиксировать. Как писал великий естествоиспытатель – «... торий стоит вне геохимии воды, торий не входит в водный режим Земли...» [3]. Поэтому он также был рассмотрен в рамках настоящей работы.

Наш коллектив в период с 2018 по 2021 гг. занимается изучением особенностей гидрогеологии, гидрогеохимии и механизмов формирования природных вод СГА [4-6]. В течение этого времени впервые для вод Крымского полуострова на единой методической основе с использованием современной химико-аналитической базы выполнены комплексные изотопно-гидрогеохимические исследования, результаты которых отражены в целой серии работ [7-12], при этом оценка их токсикологических особенностей еще не выполнялась и впервые представлена в настоящем исследовании.

В ходе экспедиционных работ было отобрано 105 проб природных вод из 76 объектов в пределах СГА (рис. 1, а). Отбор и предварительная пробоподготовка выполнялись в соответствии с общепринятыми методиками.

Лабораторное изучение химического состава методами титриметрии, ионной хроматографии, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой проводилось в ПНИЛ гидрогеохимии ИШПР ТПУ. Оценка токсикологических особенностей вод проводилась с использованием действующих нормативных документов: СанПиН 2.1.4.1074-01 с изменениями на 2.04.2018, ГОСТ Р 51232-98, ГН 2.1.5.1315-0, а также рекомендациями Всемирной организации по здравоохранению (WHO 2017) [13-16].

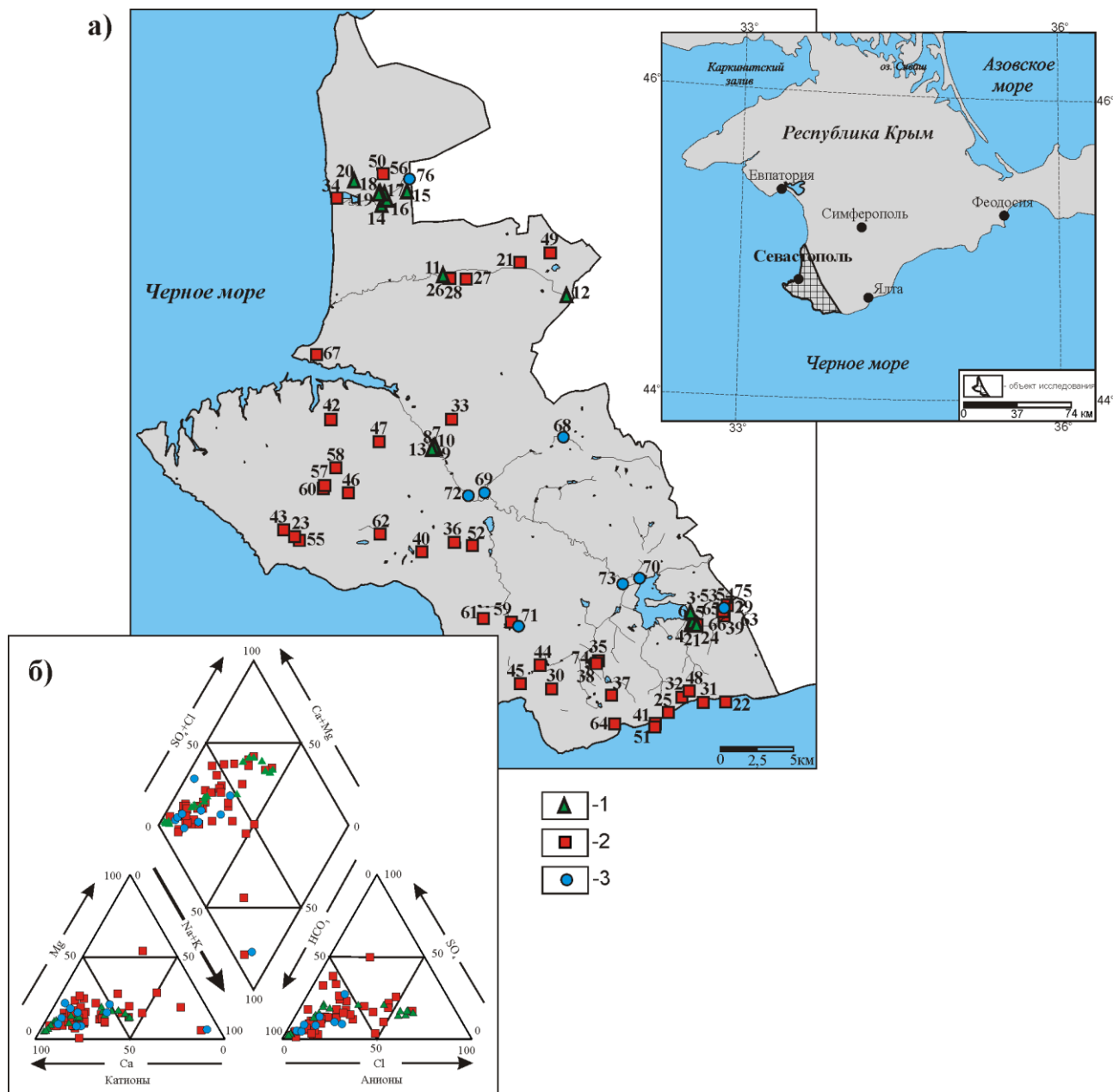


Рис. 1. Карта-схема отбора проб (а) и диаграмма Пайпера изученных вод (б).
 Изученные объекты: 1 – водозаборы (1-6 – Родниковский; 7-10, 13 – Инкерманский; 11-12 – Бельбекский; 14-20 – Орловский); 2 – родники, источники, колодцы (номера 21-67); 3 – поверхностные воды (номера 68-76)

Были изучены подземные воды водозаборов (Родниковский, Орловский, Бельбекский и Инкерманский), родников и колодцев, поверхностные воды (реки, водохранилища, озера). Воды Родниковского водозабора гидрокарбонатные кальциевые с величиной общей минерализации 359 до 606 мг/дм³; Инкерманского водозабора также гидрокарбонатного кальциевого состава с немного большей величиной общей минерализации от 485 до 624 мг/дм³; Бельбекский водозабор характеризуется гидрокарбонатными кальциевыми и гидрокарбонатно-

хлоридными кальциево-натриевыми водами с величиной общей минерализации 603 до 804 мг/дм³. Наиболее минерализованы (от 947 до 1213 мг/дм³) подземные воды Орловского водозабора, среди которых установлено преобладание хлоридно-гидрокарбонатных кальциево-натриевых типов.

Вторая группа является наиболее разнообразной по химическому составу. Установлено 13 химических типов от сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-магниевого до хлоридного кальциево-натриевого, при доминировании гидрокарбонатного кальциевого типа (рис. 1 б). Величина общей минерализации варьирует в широких пределах от 253 до 2083 мг/дм³ (среднее 723 мг/дм³). Наиболее минерализованные воды (более 1 г/дм³) установлены в селе Колхозное, в колодце возле храма Воскресения Христова и в роднике на ул. Громова (Северная сторона СГА). Среди поверхностных вод (третья группа) широко распространены гидрокарбонатные кальциевые воды, меньшим распространением пользуются гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-натриевые и гидрокарбонатные натриевые типы. Их минерализация варьирует в небольших пределах – от 217 до 528 мг/дм³ (среднее 345 мг/дм³).

В изученных пробах водозаборов концентрации Be (мкг/дм³) изменяются от 0,005 до 0,02; As – от 0,14 до 0,70; Hg – от 0,001 до 0,031; Tl – от 0,005 до 0,023 и U – от 0,13 до 1,86 (рис. 2).

Ни по одному из показателей нет превышения по ПДК, однако стоит отметить повышенные значения урана в водах Орловского водозабора изменяющихся в интервале 1,32 – 1,86 мкг/дм³. В природных водах родников, источников и колодцев содержания этих элементов значительно выше (мкг/дм³): Be от 0,003 до 0,161; As – от 0,05 до 3,61; Hg – от 0,001 до 0,227; Tl – от 0,0005 до 0,4754 и U – от 0,014 до 5,369. Установлено превышение ПДК по таллию в скважине в с. Колхозное (0,4754 мкг/дм³). Наибольшие концентрации урана установлены непосредственно на Гераклеийском полуострове (родники на ул. Громова, Саранди-накской балке, Максимовой даче), в селах Колхозное и Пироговка. Максимальные значения мышьяка выявлены в водах колодцев села Колхозное; ртути – в скважине села Орловка. Высокие концентрации практически всех элементов первого класса опасности установлены в водах колодца возле храма Воскресения Христова. В химическом составе поверхностных вод СГА практически не обнаружено Be, содержания остальных элементов в целом ниже, чем у второй группы и не превышают ПДК (мкг/дм³): As – от 0,48 до 1,81; Hg – от 0,009 до 0,042; Tl – от 0,002 до 0,009 и U – от 0,16 до 1,59. Засуха последних трех лет стала следствием роста концентраций практически всех микрокомпонентов с 2018 по 2020 гг. В 2020 году повышенные содержания ртути и таллия установлены в водах Чернореченского водохранилища (0,042 и 0,009 мкг/дм³ соответственно); мышьяка – в реках Кача и Ай-Тодорка, оз. Конюшня в с. Орлиное. Также в р. Кача установлено повышенное содержание урана.

В водах водозаборов концентрации тория изменяются от 0,000437 до 0,014979 мкг/дм³, составляя в среднем 0,004961 мкг/дм³. Наибольшие его содержания установлены на Орловском и Инкерманском водозаборах. Содержания тория в водах второй группы значительно выше и достигают 0,1 мкг/дм³ в колодце

и скважине, расположенных в с. Колхозное. Также можно отметить повышенные содержания в роднике на ул. Громова (№67), в садовом товариществе «Родничок» (№47), а также в скважине села Орловка (№34). Среди поверхностных вод наибольшие содержания тория также выявлены в 2020 году в водах Чернореченского водохранилища ($0,025 \text{ мкг/дм}^3$), озера Конюшня, села Орлиное ($0,014 \text{ мкг/дм}^3$) и р. Черной ($0,011 \text{ мкг/дм}^3$), при средних значениях по выборке варьирующих от $0,0002$ до $0,0036 \text{ мкг/дм}^3$.

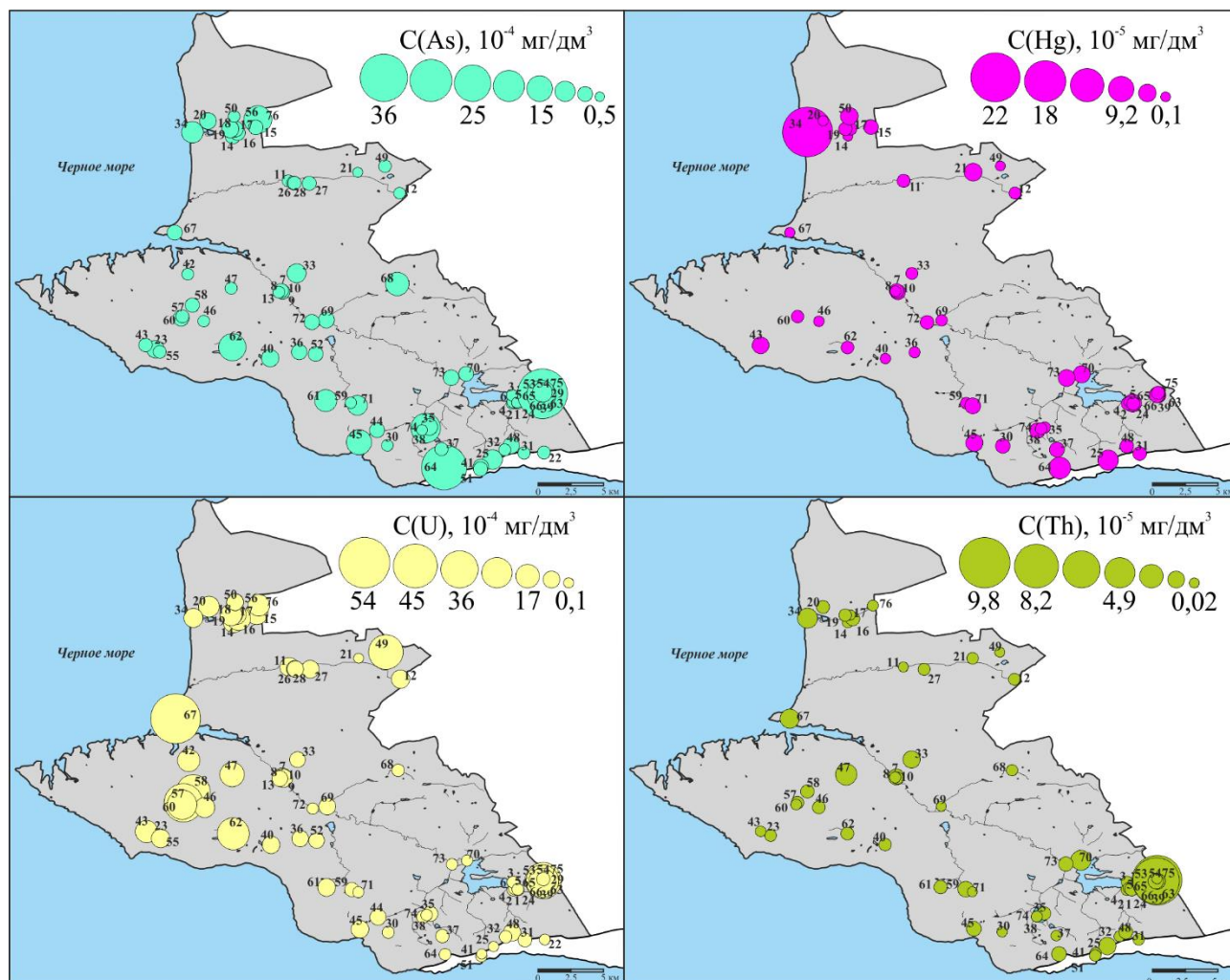


Рис. 2. Схема распределения концентраций мышьяка, ртути, урана и тория в природных водах СГА

Среди тяжелых металлов не имеют превышений ПДК природные воды всех групп по ванадию, хрому, меди, цинку, молибдену, кадмию, свинцу и висмуту (рис. 3). Превышения ПДК по железу выявлены в скважине №5 Орловского водозабора ($0,43 \text{ мг/дм}^3$) и №5775 Родниковского водозабора ($0,42 \text{ мг/дм}^3$). Максимальные, превышающие ПДК, значения концентрации Fe установлены в водах с. Колхозное ($1,1-2,1 \text{ мг/дм}^3$), также в родниках Деспит (№37), Станный (№44), Чертова лестница (№48), колодцах в с. Санаторное (№41) и возле Храма Воскресения Христова

(№64) (0,3-0,77 мг/дм³) (таблица 1). Превышения предельно допустимых концентраций марганца установлены в селе Колхозное: скважина №2 (0,57 г/дм³), колодец для питья (0,11 мг/дм³), родниках Кильсе-Буруном (0,14 г/дм³), Чертова лестница (0,12 мг/дм³), колодце в с. Санаторное (0,30 мг/дм³) и в реке Черная (0,17 мг/дм³). Наибольшие значения концентрации кобальта (0,31 мг/дм³) выявлены в природных водах колодца для питья в с. Колхозное; никеля (0,041 мг/дм³) – в роднике «Святого Предтечи» с. Оборонное; таллия (0,0004 мг/дм³) – скв. №1 в с. Колхозное.

Таблица 1

Изученные объекты с превышением ПДК.

Показатели и компоненты	Действующий ПДК в России	Единицы измерения	Номер водопункта
Mn	0,1	мг/дм ³	25,41,48, 54, 66,73
Fe	0,3	мг/дм ³	3,16,34,37,41,44,48,51,53,54,64,65
Co	0,1	мг/дм ³	66
Ni	0,02	мг/дм ³	52
Tl	0,0001	мг/дм ³	65

Номер водопункта в таблице совпадает с номером на рис. 1.

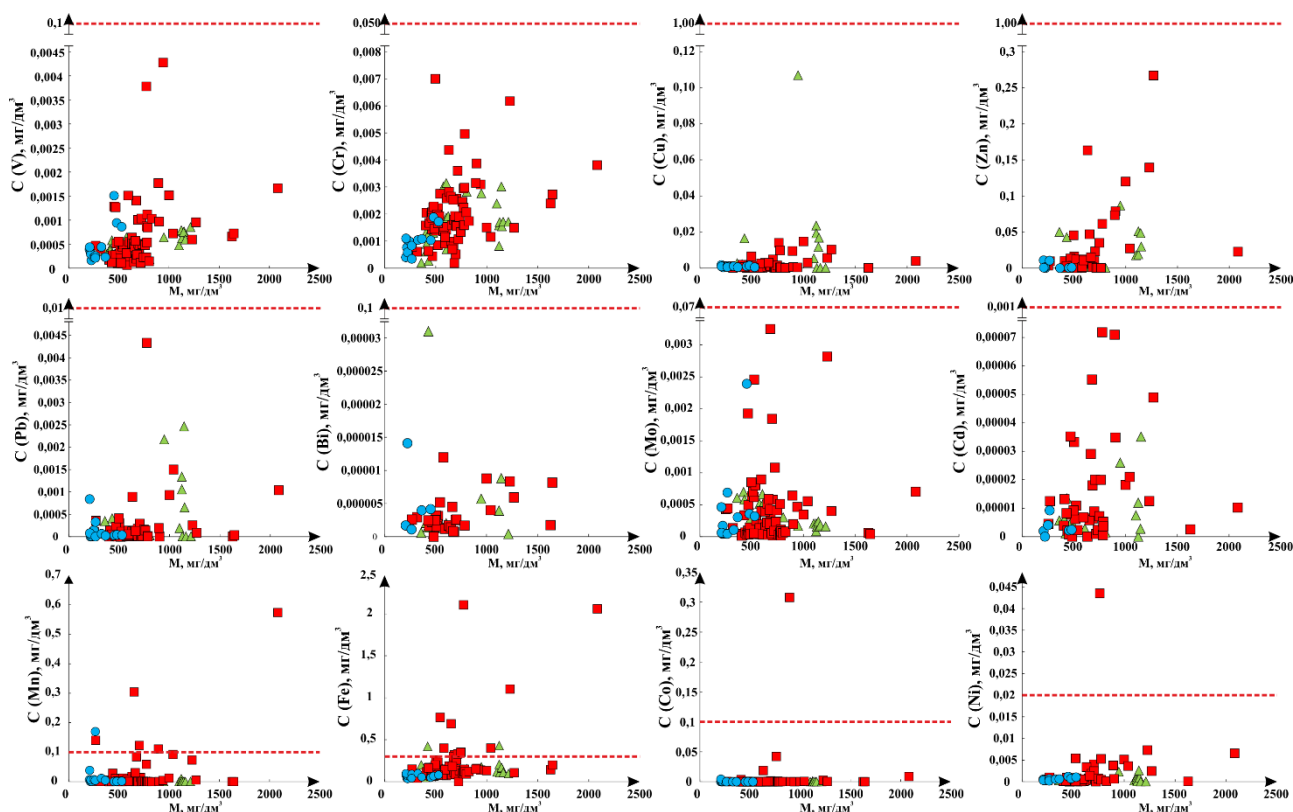


Рис. 3. Зависимость содержаний тяжелых металлов от величины общей минерализации. Красная пунктирная линия – значения ПДК по [15].
Условные обозначения см. на рис. 1

Таким образом, по изученному спектру химических элементов практически все рассмотренные воды СГА не имеют критических концентраций токсичных элементов. Ряд водопунктов села Колхозное имеет превышение ПДК по тяжелым металлам, а также высокие и повышенные значения концентраций элементов 1 класса опасности. В водах практически всей территории Гераклеяского полуострова установлены высокие содержания урана и повышенные значения мышьяка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0025, РФФИ и города Севастополь в рамках гранта № 18-45-920032 p_a и Государственного Задания РФ «Наука» в рамках проекта № FSWW-0022-2020.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Peter A. L. J., Viraraghavan, T. Thallium: a review of public health and environmental concerns // Environment International. – 2005. – V. 31(4). – P. 493–501.
2. Kemper F.H., Bertram H.P. Thallium. Metals and their compounds in the environment: occurrence, analysis, and biological relevance. – New York: Weinheim; 1991. – P. 1227– 1241.
3. Вернадский В.И. Труды по радиогеологии. – М.: Наука, 1997. – 319 с.
4. Хвощевская А.А., Новиков Д.А., Копылова Ю.Г., Сметанина И.В., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф. Роль системы "вода - порода" в процессах формирования состава природных вод Севастопольской городской агломерации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 1. – С. 118-128.
5. Новиков Д.А., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф. Новый взгляд на гидрогеологические условия города федерального значения Севастополь // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 8. – С. 105-122.
6. Новиков Д.А., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф. Особенности гидрогеологии верхнеюрских отложений юго-западных районов Крымского полуострова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4 (70). – № 4. – С. 268-288.
7. Новиков Д.А., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф. Оценка качества подземных вод верхнеюрских отложений юго-западных районов Крымского полуострова для целей питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 52-57.
8. Новиков Д.А., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф., Юрчик И.И., Сухорукова А.Ф. Особенности гидрогеохимии эксплуатируемых водоносных горизонтов Севастопольской городской агломерации // ГЕО-Сибирь-2018. Т. 2. Недропользование. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых: сб. материалов XIV Международного научного конгресса, Новосибирск, 23-27 апреля 2018 г. – 2018. – С. 84-91.
9. Новиков Д.А., Копылова Ю.Г., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф., Хвощевская А.А. Геохимические типы природных вод Байдарской долины (Крымский полуостров) // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2020. – № 17. – С. 401-405.
10. Novikov D.A., Nichkova L.A., Chernykh A.V., Dultsev F.F., Pyryaev A.N., Sigora G.A., Khomenko T.Yu. Distribution of the stable isotopes ($\delta^{18}\text{O}$, δD и $\delta^{13}\text{C}$) in natural waters of the Baydar valley (Crimean Peninsula) // E3S Web of Conferences. – 2019. – V. 98. – № 01038.
11. Новиков Д.А., Ничкова Л.А., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф., Житова Л.М., Сигора Г.А. Гидрогеохимические аномалии Байдарской долины (Крымский полуостров) // ГЕО-Сибирь-2019. Т. 2. Недропользование. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых: сб. материалов XV Международного научного конгресса, Новосибирск, 24-26 апреля 2019 г. – 2019. – С. 117-124.

12. Nichkova L.A., Novikov D.A., Chernykh A.V., Dultsev F.F., Sigora G.A., Khomenko T.Yu. Geochemistry of natural waters of the Baydar valley (Crimean Peninsula) // E3S Web of Conferences. – 2019. – V. 98. – № 01036.

13. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Утв. Гл. гос. санитарным врачом РФ 28 июня 2010 г. № 74 с изменениями на 2 апр. 2018 г. Москва, 2018. 125 с.

14. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. Москва: ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ", 2010. – 18 с.

15. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Утв. Гл. гос. санитарным врачом РФ 30 апр. 2003 г. № 78. Москва, 2003. – 94 с.

16. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. – Geneva: World Health Organization, 2007. – 631 p.

REFERENCES

1. Peter A. L. J., Viraraghavan, T. Thallium: a review of public health and environmental concerns // Environment International. – 2005. – V. 31(4). – pp. 493–501.

2. Kemper F.H., Bertram H.P. Thallium. Metals and their compounds in the environment: occurrence, analysis, and biological relevance. New York: Weinheim; 1991. p. 1227–1241.

3. Vernadskij V.I. Trudy po radiogeologii. – M.: Nauka, 1997. – 319 s.

4. Hvashchevskaya A.A., Novikov D.A., Kopylova YU.G., Smetanina I.V., Chernykh A.V., Dul'cev F.F. Rol' sistemy "voda - poroda" v processah formirovaniya sostava prirodnyh vod Sevastopol'skoj gorodskoj aglomeracii // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2021. – T. 332. – № 1. – S. 118-128.

5. Novikov D.A., Chernykh A.V., Dul'cev F.F. Novyj vzglyad na gidrogeologicheskie usloviya goroda federal'nogo znacheniya Sevastopol' // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2019. – T. 330. – № 8. – S. 105-122.

6. Novikov D.A., Chernykh A.V., Dul'cev F.F. Osobennosti gidrogeologii verkhneyurskih otlozhenij yugo-zapadnyh rajonov Krymskogo poluostrova // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. – 2018. – T. 4 (70). – № 4. – S. 268-288.

7. Novikov D.A., Chernykh A.V., Dul'cev F.F. Ocenka kachestva podzemnyh vod verkhneyurskih otlozhenij yugo-zapadnyh rajonov Krymskogo poluostrova dlya celej pit'evogo i sel'skohozyajstvennogo vodosnabzheniya // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2019. – T. 2. – № 4. – S. 52-57.

8. Novikov D.A., Chernykh A.V., Dul'cev F.F., Yurchik I.I., Suhorukova A.F. Osobennosti gidrogeohimii ekspluatiruemyh vodonosnyh gorizontov Sevastopol'skoj gorodskoj aglomeracii // GEO-Sibir'-2018. T. 2. Nedropol'zovanie. Novye napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh: sb. materialov XIV Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa, Novosibirsk, 23-27 aprelya 2018 g. – 2018. – S. 84-91.

9. Novikov D.A., Kopylova YU.G., Chernykh A.V., Dul'cev F.F., Hvashchevskaya A.A. Geohimicheskie tipy prirodnyh vod Bajdarskoj doliny (Krymskij poluostrov) // Trudy Fersmanovskoj nauchnoj sessii GI KNC RAN. – 2020. – № 17. – S. 401-405.

10. Novikov D.A., Nichkova L.A., Chernykh A.V., Dultsev F.F., Pyryaev A.N., Sigora G.A., Khomenko T.Yu. Distribution of the stable isotopes ($\delta^{18}\text{O}$, δD и $\delta^{13}\text{C}$) in natural waters of the Baydar valley (Crimean Peninsula) // E3S Web of Conferences. – 2019. – V. 98. – № 01038.

11. Novikov D.A., Nichkova L.A., Chernykh A.V., Dul'cev F.F., Zhitova L.M., Sigora G.A. Hidrogeohimicheskie anomalii Bajdarskoj doliny (Krymskij poluostrov) // GEO-Sibir'-2019. T. 2. Nedropol'zovanie. Novye napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh: sb. materialov XV Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa, Novosibirsk, 24-26 aprelya 2019 g. – 2019. – S. 117-124.

12. Nichkova L.A., Novikov D.A., Chernykh A.V., Dultsev F.F., Sigora G.A., Khomenko T.Yu. Geochemistry of natural waters of the Baydar valley (Crimean Peninsula) // E3S Web of Conferences. – 2019. – V. 98. – № 01036.

13. SanPiN 2.1.4.1074-01. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. Gigienicheskie trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti sistem goryachego vodosnabzheniya. Utv. Gl. gos. sanitarnym vrachom RF 28 iyunya 2010 g. № 74 s izmeneniyami na 2 apr. 2018 g. Moskva, 2018. 125 s.

14. GOST R 51232-98. Voda pit'evaya. Obshchie trebovaniya k organizacii i metodam kontrolya kachestva. Moskva: FGUP "STANDARTINFORM", 2010. – 18 s.

15. GN 2.1.5.1315-03. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshchestv v vode vodnyh ob"ektov hozyajstvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya. Utv. Gl. gos. sanitarnym vrachom RF 30 apr. 2003 g. № 78. Moskva, 2003. – 94 s.

16. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. – Geneva: World Health Organization, 2007. – 631 p.

© Д. А. Новиков, А. В. Черных, А. А. Хвощевская, Ф. Ф. Дульцев,
Л. А. Ничкова, Г. А. Сигора, Т. Ю. Хоменко, Т. А. Яхин, 2021