

## **ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ БАЙДАРСКОЙ ДОЛИНЫ (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)**

### ***Дмитрий Анатольевич Новиков***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, доцент кафедр геологии месторождений нефти и газа и общей и региональной геологии, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru

### ***Лариса Александровна Ничкова***

Севастопольский государственный университет, 299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, зав. кафедрой «Техносферная безопасность», e-mail: nichkova@sevsu.ru

### ***Анатолий Витальевич Черных***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов, e-mail: ChernykhAV@ipgg.sbras.ru

### ***Федор Федорович Дульцев***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов, e-mail: DultsevFF@ipgg.sbras.ru

### ***Людмила Михайловна Житова***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник лаборатории прогнозно-металлогенических исследований; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, доцент кафедры минералогии и петрографии, e-mail: zhitova@igm.nsc.ru

### ***Галина Анатольевна Сигора***

Севастопольский государственный университет, 299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, доцент кафедры «Техносферная безопасность», e-mail: sigora1@yandex.ru

Приводятся результаты комплексных гидрогеохимических исследований природных вод Байдарской долины, опробованных во время экспедиционных работ в ноябре 2018 года. В регионе развиты пресные и ультрапресные воды преимущественно  $\text{HCO}_3\text{Ca}$  состава с величиной общей минерализации от 194 до 1137 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено, что содержания основных макро- и микрокомпонентов почти во всех изученных водопунктах не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК). К настоящему времени в Байдарской долине сформировалось сложно построенное гидрогеохимическое поле, на которое большое влияние оказывает антропогенный фактор.

**Ключевые слова:** природные воды, гидрогеохимическая аномалия, загрязнение, антропогенный фактор, Байдарская долина, Крым.

## HYDROGEOCHEMICAL ANOMALIES OF THE BAYDAR VALLEY (CRIMEAN PENINSULA)

### *Dmitry A. Novikov*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Head of the Laboratory of Sedimentary Basins Hydrogeology of Siberia; Novosibirsk State University, 1, Pirogov St., Novosibirsk, 630090, Russia, Associate Professor of General and Regional Geology and Geology of Petroleum Fields Departments, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru

### *Larisa A. Nichkova*

Sevastopol State University, 33, Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russia, Head of Department «Technosphere Safety», e-mail: nichkova@sevsu.ru

### *Anatoly V. Chernykh*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Junior Researcher of Laboratory of Sedimentary Basins Hydrogeology of Siberia, e-mail: ChernykhAV@ipgg.sbras.ru

### *Fedor F. Dultsev*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Junior Researcher of Laboratory of Sedimentary Basins Hydrogeology of Siberia, e-mail: DultsevFF@ipgg.sbras.ru

### *Lyudmila M. Zhitova*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Researcher of the Metal-Predictive Research Laboratory; Novosibirsk State University, 1, Pirogov St., Novosibirsk, 630090, Russia, Associate Professor of Mineralogy and Petrography Department, e-mail: zhitova@igm.nsc.ru

### *Galina A. Sigora*

Sevastopol State University, 33, Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russia, Associate Professor of Department «Technosphere Safety», e-mail: sigora1@yandex.ru

The results of complex hydrogeochemical studies of the Baydar Valley natural waters, tested during the expedition work in November 2018, are presented. Fresh and ultrafresh waters are predominantly developed in the region, mainly Ca HCO<sub>3</sub> composition with a total mineralization value of 194 to 1137 mg/dm<sup>3</sup>. It has been established that the contents of the main macro- and microcomponents in almost all studied water points do not exceed the maximum permissible concentrations. To date, a complex hydrogeochemical field has been formed in the Baydar Valley, which is greatly influenced by the anthropogenic factor.

**Key words:** natural waters, hydrogeochemical anomaly, pollution, anthropogenic factor, Baydar Valley, Crimea.

Проблемы экологического состояния и качества подземных вод для целей питьевого водоснабжения являются одними из первостепенных для города федерального значения Севастополь, поскольку увеличивающийся поток туристов и удовлетворение текущих и перспективных потребностей требуют решения задач по обеспечению социальной стабильности, охраны здоровья и увеличения

продолжительности жизни населения [1-6]. Байдарская долина расположена в живописной области в пределах Балаклавского района Севастопольской городской агломерации на юго-западе Крымского полуострова. Долина с южной и восточной стороны примыкает к главной гряде Крымских гор (Форос, Ат-Баш, Ай-Петри и другие). Основные ресурсы подземных вод изучаемого района приурочены к верхнеюрскому водоносному комплексу, имеющему особую роль, поскольку с ним связаны основные области питания для водонапорных систем в пределах трех гидрогеологических структур: Равнинно-Крымского, Азово-Кубанского артезианских бассейнов и гидрогеологической складчатой области мегаантиклинория Горного Крыма. Наиболее детально этот комплекс изучен в пределах Родниковского водозабора в Байдарской долине. Наиболее крупное обобщение по гидрогеологии и гидрогеохимии территории Крыма было выполнено в VIII томе «Гидрогеология СССР. Крым.», под редакцией академика Сидоренко А.В. [7-8]. Большой вклад в изучение гидрогеологических условий Крымского полуострова внесли труды Моисеева А.С., Глухова И.Г., Ришес Е.А., Ткачук В.Г., Альбова С.В., Куришко В.А., Львова Е.В., Фесюнова О.Е., Заезжева Н.М., Самулева В.И., Чуринова М.В., Белокопытовой Н.А., Дублянского В.Н., Дублянской Г.Н., Капинос Н.Н., Лущика А.В., Морозова В.И., Огняника Н.С., Ситникова А.Б., Сухороброва А.А., Шестопалова В.М., Шинкаревского М.А., Шутова Ю.И., Яковлева Е.А. и других.

В настоящей работе приводятся результаты экспедиционных исследований, проведенных в 2018 году, во время которых были выполнены комплексные гидрогеохимические исследования природных вод Байдарской долины (поверхностных, грунтовых и артезианских). Всего изучено 25 водопунктов, схема которых приведена на рис. 1. Химические анализы природных вод выполнялись в аккредитованной аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А.В. Виноградова СО РАН (г. Новосибирск). В регионе развиты пресные и ультрапресные воды преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава с величиной общей минерализации от 194 до 1137 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2). Изученные воды (поверхностные, грунтовые и артезианские) значительно отличаются по химическому составу. Поверхностные воды реки Черной и Чернореченского водохранилища характеризуются минерализацией от 194 до 288 мг/дм<sup>3</sup> и слабощелочной рН (8,02-8,04). Воды Чернореченского водохранилища отличаются от реки Черной гидрокарбонатным кальциево-натриевым составом. Концентрации катионов кальция изменяются в небольших пределах - от 44,2 до 48,3 мг/дм<sup>3</sup>, суммы натрия и калия – от 3,3 до 42,7 мг/дм<sup>3</sup>, магния – от 1,8 до 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Среди анионов доминирует гидрокарбонат ион, его содержание изменяется от 105,9 до 126,5 мг/дм<sup>3</sup>, содержания хлора – от 6,4 до 25,0 мг/дм<sup>3</sup>, сульфат-иона – от 6,8 до 34,0 мг/дм<sup>3</sup>. Грунтовые воды отличаются более высокой минерализацией до 1137 мг/дм<sup>3</sup>, и широкой вариацией значений рН от 6,98 до 8,31. В них также доминируют ионы кальция и гидрокарбонат-иона, чьи концентрации изменяются в диапазоне 50,3-212,4 мг/дм<sup>3</sup> и 144,1-588,2 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Содержание анионов хлора варьируют в пределах 7,9-91,0 мг/дм<sup>3</sup>, сульфат-иона от 4,0 до 190,0 мг/дм<sup>3</sup>, натрия и калия изменяются в интервалах

3,0 до 60,0 мг/дм<sup>3</sup> и 0,34-29,4 мг/дм<sup>3</sup> соответственно, катионов магния от 2,6 до 42,0 мг/дм<sup>3</sup>. Артезианские воды имеют минерализацию 254-320 мг/дм<sup>3</sup> и характеризуются нейтральной величиной рН (7,22-7,52). Содержание доминирующих ионов кальция и гидрокарбонат-иона варьирует от 58,2 до 76,6 мг/дм<sup>3</sup> и от 164,7 до 208,8 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Концентрации натрия и калия изменяются в диапазонах 1,6 до 4,5 мг/дм<sup>3</sup> и 0,2 до 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, катионов магния от 2,0 до 4,0 мг/дм<sup>3</sup>, анионов хлора – от 3,4 до 8,3 мг/дм<sup>3</sup> и сульфат-иона от 5,0 до 9,8 мг/дм<sup>3</sup>.

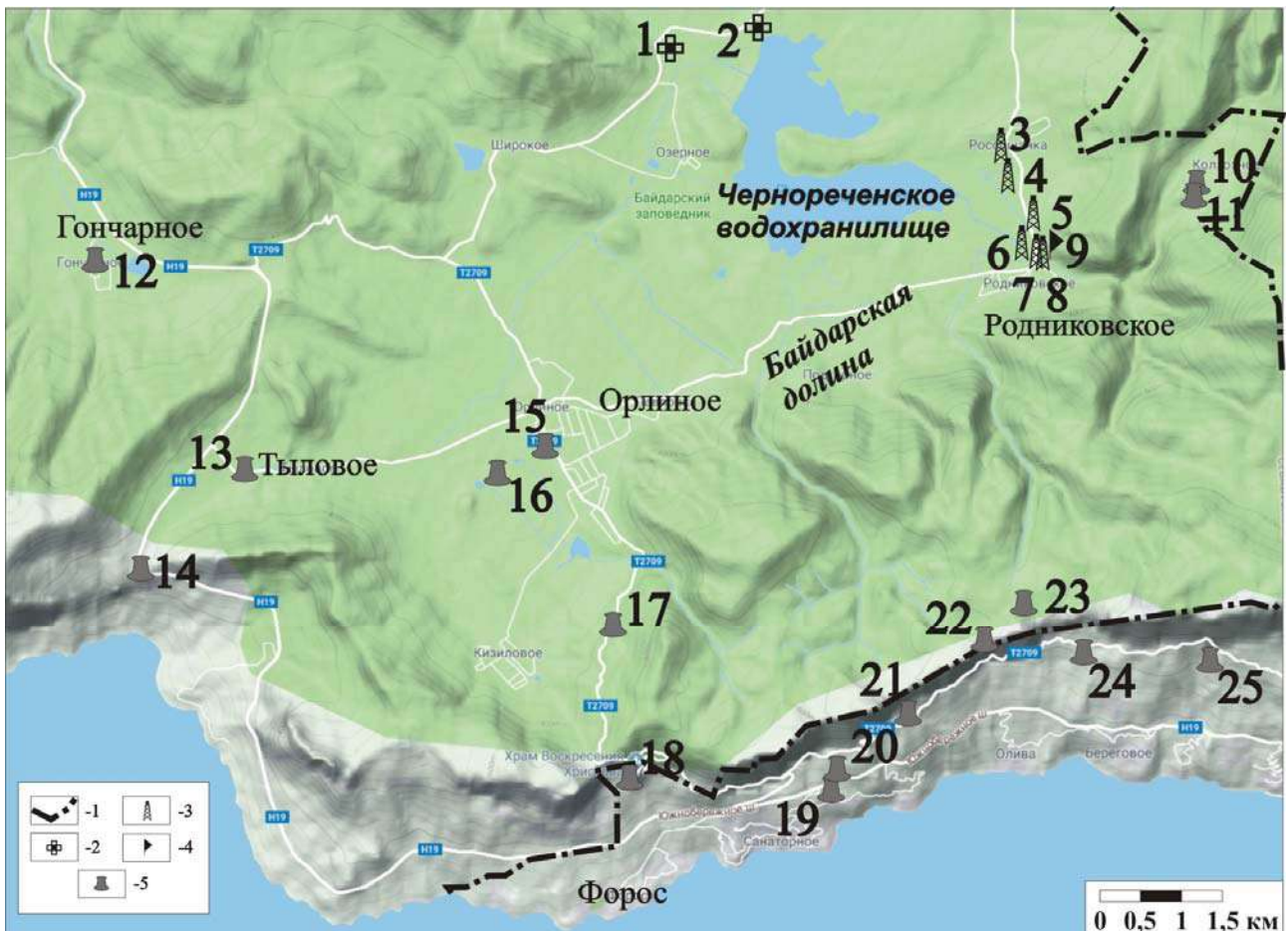


Рис. 1. Местоположение изученных водопунктов (1-25) в пределах Байдарской долины и ее горного обрамления

1 – граница Севастопольской городской агломерации; 2 – поверхностные воды: 1 – реки Черной; 2 – Чернореченского водохранилища; артезианские воды: 3 – скважины Родниковского водозабора: 3 – 5776; 4 – 5775; 5 – 5595; 6 – 5566; 7 – 5531; 8 – 5760; 4 – источник Скельский основной (№ 9 на схеме); 5 – грунтовые воды: 10 – колодец Колхозное северный; 11 – колодец Колхозное южный; 12 – источник Кара-Агач; 13 – источник Странный; 14 – колодец возле Ласпинской смотровой площадки; 15 – источник Фонтан Варналы; 16 – колодец Фуска-Чокрак; 17 – источник Деспит; 18 – колодец возле храма Воскресения Христова; 19 – колодец Санаторное нижний; 20 – колодец Санаторное верхний; 21 – колодец Кильсе-Буруном; 22 – колодец Кую-Алан; 23 – колодец Чертова лестница; 24 – колодец Q-044; 25 – источник Мердвен-Каясы

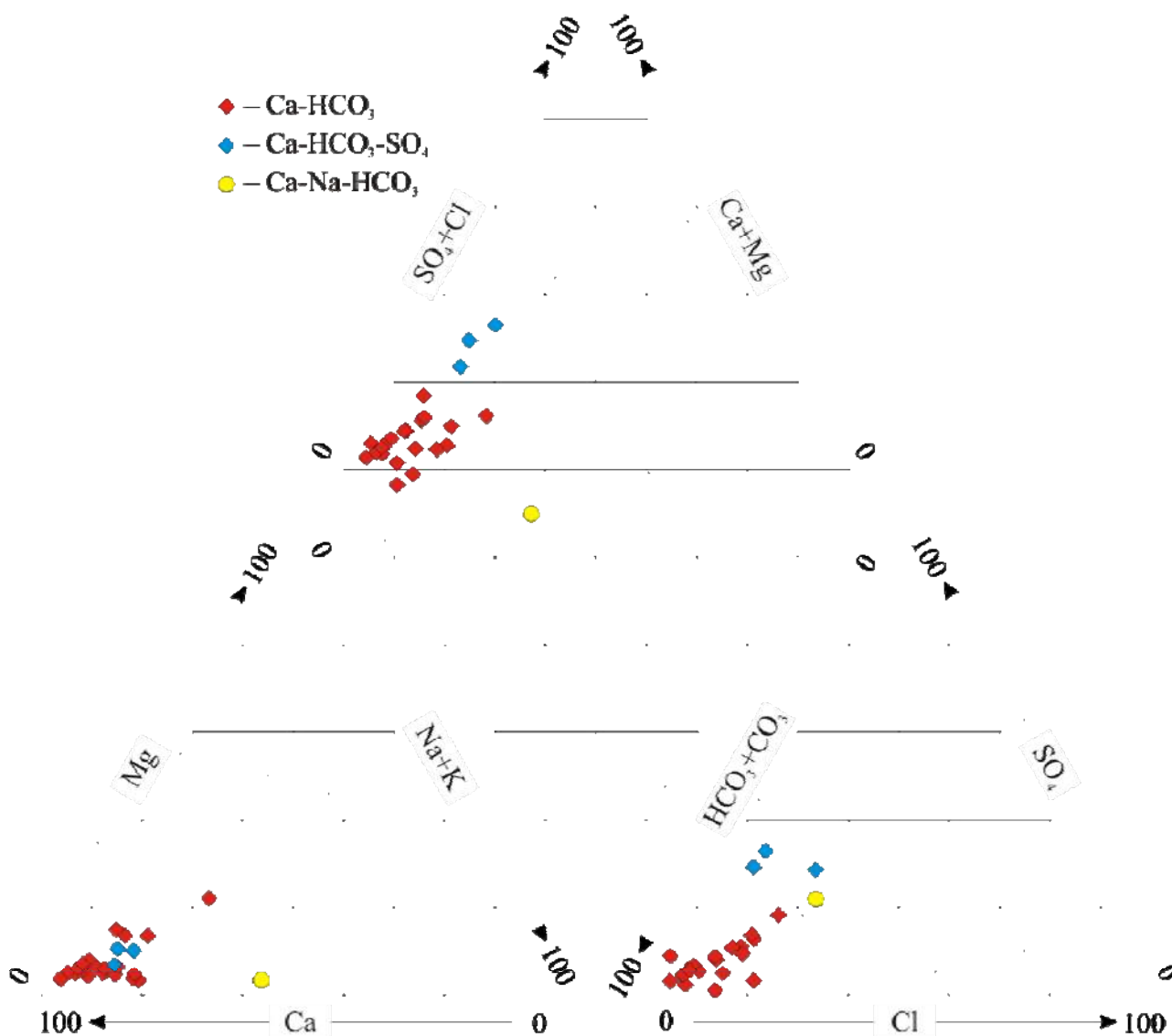


Рис. 2. Диаграмма Пайпера состава природных вод Байдарской долины

На основании СанПиН 2.1.4.1074-01 с изменениями на 2.04.2018, ГОСТ Р 51232-98, ГН 2.1.5.1315-0, а также требований Всемирной организации по здравоохранению (WHO 2017) [9-12] установлено, что содержания основных макро- и микрокомпонентов в изученных водах почти не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК). Особенно подвержены загрязнению источники и колодцы, находящиеся в населенных пунктах (источники фонтан Варналы в селе Орлиное и Странный в селе Тыловое, колодцы в селе Колхозное,) и в непосредственной близости от автомобильной трассы Н-19 (колодцы возле храма Воскресения Христова и Ласпинской смотровой площадки) (см. рис. 1). Изученные воды Байдарской долины имеют интересный спектр распределения микро- и редкоземельных элементов (РЗЭ) во взвешенной и водорастворенной формах (рис. 3).

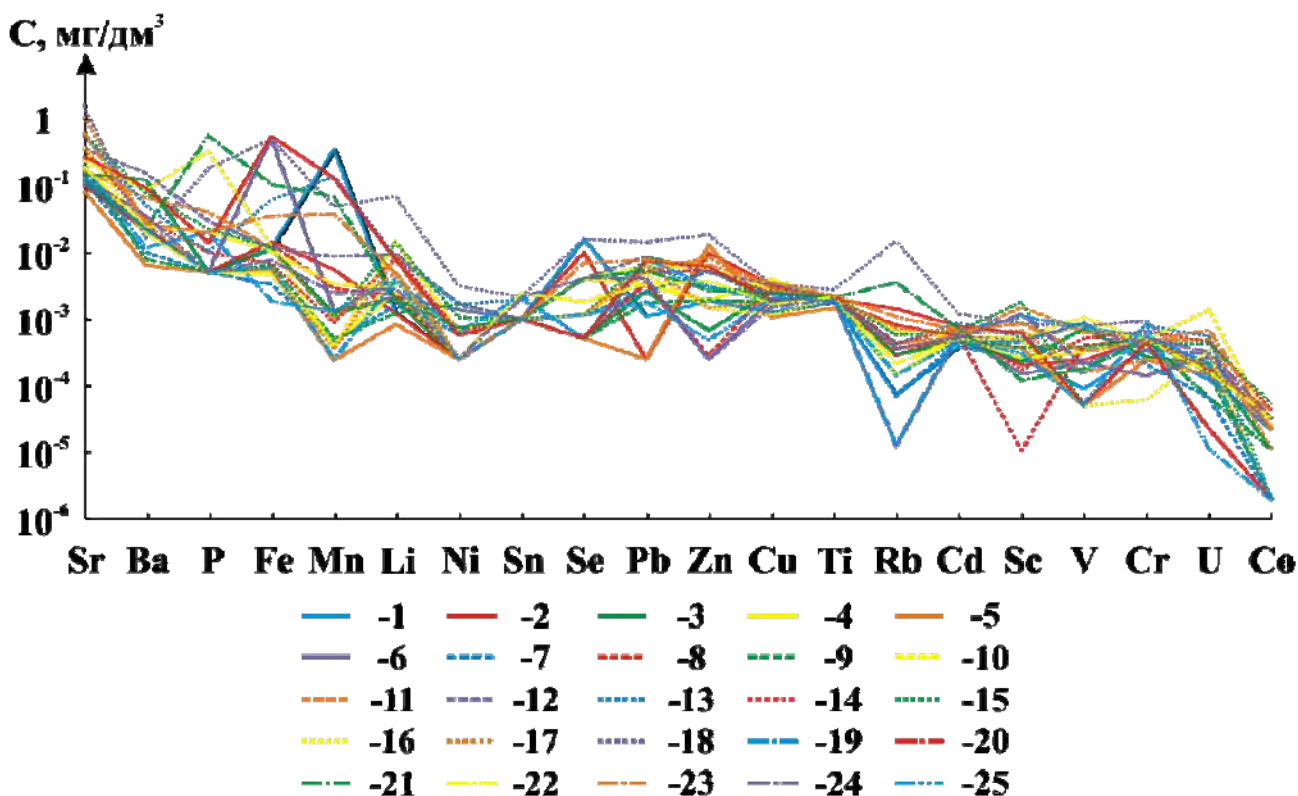


Рис. 3. Спектр распределения микроэлементов в природных водах Байдарской долины  
Спектры: 1-25 – названия соответствуют рис. 1

Видно, что в микрокомпонентном составе изученных вод повышены содержания стронция (до 1640 мкг/дм<sup>3</sup>), железа (до 546 мкг/дм<sup>3</sup>), марганца (до 356 мкг/дм<sup>3</sup>), бария (до 160 мкг/дм<sup>3</sup>) и урана (до 1,4 мкг/дм<sup>3</sup>). С ростом общей минерализации в растворе помимо кремнезема, стронция, бария также накапливаются в следующих концентрациях тяжелые металлы (мкг/дм<sup>3</sup>): медь (до 4), цинк (до 18), кадмий (до 1,2), ванадий (до 1,1), хром (до 0,9), кобальт (до 0,05), никель (до 0,3), молибден (до 0,7), свинец (до 14,7), олово (до 2,4). Повышенным содержанием урана до 1,4 мкг/дм<sup>3</sup> отличаются грунтовые воды колодца Колхозное северный, тогда как фоновые значения не превышают 0,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Среди РЗЭ наибольшие концентрации отмечаются (мкг/дм<sup>3</sup>): ниодима (до 0,2), гадолиния (до 0,07), европия (до 0,06), диспрозия (до 0,05), лантана (до 0,02) и тулия (до 0,017). Во взвеси природных вод спектр распределения концентраций, доминирующих РЗЭ значительно отличается. Доминируют следующие элементы (мкг/дм<sup>3</sup>): церий (до 0,07), лантан (0,03), ниодим (0,028), иттербий и лютеций (до 0,02).

К настоящему времени в Байдарской долине сформировалось сложно построенное гидрогеохимическое поле, на которое большое влияние оказывает антропогенный фактор. Это закономерно проявляется в распространении наиболее минерализованных вод (> 500 мг/дм<sup>3</sup>) в границах влияния действующей сети автодорог вдоль побережья Черного моря (трасса Н-19) и населенных пунктов. Ус-



тановлены комплексные гидрогеохимические аномалии по содержанию в воде кадмия ( $> 0,7$  мкг/дм<sup>3</sup>), хрома ( $> 0,7$  мкг/дм<sup>3</sup>), лития ( $> 20$  мкг/дм<sup>3</sup>), никеля ( $> 1$  мкг/дм<sup>3</sup>), свинца ( $> 10$  мкг/дм<sup>3</sup>), стронция ( $> 1000$  мкг/дм<sup>3</sup>), титана ( $> 2,2$  мкг/дм<sup>3</sup>), ванадия ( $> 0,5$  мкг/дм<sup>3</sup>), цинка ( $> 10$  мкг/дм<sup>3</sup>), рубидия ( $> 5$  мкг/дм<sup>3</sup>) и других элементов. Большинство из них имеет прямую зависимость с общей минерализацией вод.

Изученные водопункты требуют дополнительного исследования в конце весеннего периода для выявления особенностей геохимии природных вод после сезона дождей и таяния снега в высокогорье Ай-Петринской яйлы и подтверждения выявленных гидрогеохимических аномалий. Резюмируя вышесказанное, следует отметить, что с гидрогеохимической точки зрения природные воды Байдарской долины являются крайне слабо изученными [13-16]. Накопление экспериментальных данных об особенностях их состава только начинается.

*Исследования проводились при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и города Севастополь в рамках научного проекта № 18-45-920032 р\_а.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мониторинг загрязненности нитрат-ионами подземных вод территории городов Севастополь и Бахчисарай / И.И. Косинова, Г.А. Сигора, Л.А. Ничкова, Е.В. Добровольская, Е.С. Симонова // Вестник ВГУ. Серия: Геология. –2016. – № 3. – С. 123-127.
2. Экологическое состояние подземных вод для целей питьевого водоснабжения в пределах Севастопольской городской агломерации / Д.А. Новиков, Л.А. Ничкова, А.В. Черных, Г.А. Сигора, Ф.Ф. Дульцев // Экологические проблемы природо- и недропользования. Наука и образование. Экогеология: Международная научная конференция к 20-летию кафедры экологической геологии СПбГУ: Материалы конференции. 2018 г. – Санкт-Петербург: СПбГУ. - 2018. – С. 227-229.
3. Новиков Д.А., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф. Новая схема гидрогеологической стратификации города федерального значения Севастополь // Подземные воды Востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием), 2018 г. – Новосибирск: ИПЦ НГУ. - 2018 – С. 346-351.
4. 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.
5. Гидрогеология и гидрогеохимия Крымского полуострова в свете проблемы питьевого водоснабжения / Д.А. Новиков, А.В. Черных, Ф.Ф. Дульцев, К.В. Сесь // Подземные воды Востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием). – Новосибирск: ИПЦ НГУ. – 2018. – С. 339-346.
6. Особенности гидрогеохимии эксплуатируемых водоносных горизонтов Севастопольской городской агломерации / Д.А. Новиков, А.В. Черных, Ф.Ф. Дульцев, И.И. Юрчик, А.Ф. Сухорукова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология»: сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2018. Т. 2. – С. 81–91.

7. Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым / Гл. редактор академик А.В. Сидоренко. – М. Недра, 1970. – 364 с.
8. Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым / Гл. редактор академик А.В. Сидоренко. – М. Недра, 1971. – 55 с.
9. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization, 2007. – 631 p.
10. 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. – М., 2003. – 94 с.
11. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ", 2010. – 18 с.
12. 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. – М., 2018. – 125 с.
13. Амелічев Г.М. Скельска печера: стан вивчення, проблеми охорони і використання // Спелеологія і карстологія. – 2008. – № 1. – С. 94-99.
14. Гидрохимический режим и микроэлементный состав вод Чернореченского водохранилища в 1991-2004 гг. / В.М. Артеменко, Ю.П. Ильин, В.С. Кучеренко, А.И. Рябинин, С.А. Боброва, А.Н. Гуцалюк, Ю.А. Мальченко, Л.В. Салтыкова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2005. – № 12. – С. 129-149.
15. Миньковская Р.Я., Ингеров А.В. Гидрохимическая характеристика рек Севастопольского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2010. – № 22. – С. 265-281.
16. Отчет «Геолого-экономическая оценка эксплуатационных запасов питьевых подземных вод верхнеюрских отложений месторождения Родниковское, г. Севастополь» / ред. Конько С.И. – Симферополь, 2012. – 261 с.

*© Д. А. Новиков, Л. А. Ничкова, А. В. Черных,  
Ф. Ф. Дульцев, Л. М. Житова, Г. А. Сигора, 2019*