

Рис. 7. Значимость (нейротропность) химических элементов для функционального состояния нервной системы жителей г. Симферополь 15–19 лет (n=75)

дения ее ключевых звеньев (природная устойчивость экосистем, адаптивные свойства организма человека) в целом продемонстрировал свою состоятельность и перспективность для внедрения в практику экологического нормирования. Дальнейшее поэтапное мониторинговое исследование, решающее разного уровня задачи, вплоть до разработки региональных экологических нормативов на основании натурных исследований, учитывающих как природные особенности регионов, так и их техногенную специфику, позволят перейти к реализации концепции устойчивого развития и научному обоснованию управленческих решений при планировании хозяйственного развития территорий.

Настоящая работа выполнена при поддержке программы развития Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» на 2015–2024 гг. в рамках реализации академической мобильности по проекту ФГАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» «Сеть академической мобильности «Развитие научных исследований в области экспериментальной медицины — РНИЭМ» в ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет».

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкин, В.Н. Биогеохимические основы экологического нормирования / В.Н. Башкин, Е.В. Евстафьева, В.В. Снакин и др. — М.: Наука, 1993. — 304 с.
2. Залата, О.А. Взаимосвязь характеристик когнитивных функций городских подростков с содержанием макро- микроэлементов в организме (результаты лонгитюдного наблюдения). Перинатология и педиатрия / О.А. Залата. — 2014. — № 1(57). — С. 113–116.
3. Евстафьева, Е.В. Физиологическое и биогеохимическое обоснование проблемы адаптации человека в различных условиях среды обитания / Е.В. Евстафьева. Дис... д.б.н. — М.: Ун-т дружбы народов. — 1996. — 303 с.
4. Евстафьева, Е.В. Оценка экологического риска для здоровья на территории Республики Крым / Е.В. Евстафьева // Проблемы анализа риска. — 2014. — Т. 11. — № 5. — С. 30–38.
5. Евстафьева, Е.В. Особенности элементного и гемодинамического статуса подростков и юношей с разным уровнем двигательной активности / Е.В. Евстафьева, Ю.А. Бояринцева, И.А. Евстафьева, Е.В. Перекотий // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. — 2017. — № 103 (5). — С. 570–581.

6. Евстафьева, Е.В. Подходы к оценке риска от действия тяжелых металлов на наземные экосистемы на территории Республики Крым / Е.В. Евстафьева, Г.П. Нараев, Н.А. Сологуб, С.А. Карпенко // Проблемы анализа риска. — 2015. — Т. 12. — № 5. — С. 6–15.
7. Осовский, Ю.В. Сравнительный анализ заболеваемости в Крыму и на промышленных и сельскохозяйственных территориях Украины / Ю.В. Осовский, Е.В. Евстафьева, О.Б. Мальцева, А.П. Волченко // Таврический медико-биологический вестник. — 2001. — № 4. — Т. 4. — С. 96–100.
8. Слюсаренко, А.Е. Иммуный статус организма в связи с содержанием в почвах Zn и Cd / А.Е. Слюсаренко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. — 2001. — № 2. — Т. 14. — С. 158–164.
9. Evstafyeva, E. Calculation and mapping of critical loads of heavy metals for agricultural areas in the Crimea Forest Snow and Landscape Research, part II / E. Evstafyeva, N. Ovsyannikova, I. Gluchenko, S. Karpenko. — 2006. -V. 80, Issue 3. — P. 387–390.
10. Evstafyeva, E.V. Heavy Metals Exposure on Urbanized and Industrial polluted territories and Effects on Functional State of Systems of different cohorts of population in Crimean region of Ukraine / E.V. Evstafyeva, O.A. Zalata, O.B. Moskovchuk et al. // 16-th International Conference on Heavy Metals in the Environment, ICHMET September 23–27, 2012. — Roma, Italy, 2012.
11. Tymchenko, S. Low-Level Lead Exposure and Heart Rate Variability in Childhood: a Longitudinal Study / S. Tymchenko, E. Evstafyeva // Proceedings of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, Rome, 23–27 September, 2012. — Rome, 2013. — V.1.

© Коллектив авторов, 2018

Евстафьева Елена Владимировна // e.evstafeva@mail.ru
 Залата Ольга Александровна // olga_zalata@mail.ru
 Московчук Ольга Борисовна // olgamoskovchuk@gmail.com
 Тымченко Светлана Леонидовна // rybqa@yahoo.com
 Сологуб Наталия Александровна // m_eko@rk.gov.ru

УДК 504.43 + 504.75

Абдулмуталимова Т.О.^{1,2}, Ревич Б.А.³, Газалиев И.М.²
 (1 — ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 2 — ФГБУН «Институт геологии Дагестанского научного центра» РАН, 3 — ФГБУН «Институт народнохозяйственного прогнозирования» РАН)

МЫШЬЯК В ПИТЬЕВЫХ АРТЕЗИАНСКИХ ВОДАХ СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА И РИСКИ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

В статье обсуждаются геохимические особенности артезианских вод северной части территории Республики Дагестан, используемых для питьевого водоснабжения населения, численностью более 500 тыс. человек. Содержание мышьяка в питьевых водах превышает допустимый уровень до 50 раз. Выявленные уровни индивидуальных канцерогенных рисков превышают «допустимый» (целевой) уровень (10–5) и оцениваются как неприемлемые для сохранения здоровья населения. Для оценки экспозиции населения и установления связи между воздействием мышьяка и его кумуляцией в организме человека был проведен биомониторинг в населенных пунктах с достоверно высоким содержанием мышьяка в питьевой воде. **Ключевые слова:** артезианские воды, питьевое водоснабжение, мышьяк, канцерогенный риск, биомониторинг.

Abdulmutalimova T.O.^{1,2}, Revich B.A.³, Gazaliev I.M.² (1 — Center of strategic planning and management of medicobiological risks to health, 2 — Institute of geology of the Dagestan scientific center of the RAS, 3 — Institute of economic forecasting of RAS)

ARSENIC IN ARTESIAN DRINKING WATER IN NORTHERN DAGHESTAN AND HEALTH RISKS

*The geochemical features of artesian waters in the northern part of the Dagestan Republic used for drinking water supply by the population more than 500 thousand people are discussed in the article. The content of arsenic in drinking water exceeds the permissible level up to 50 times. The cancer health risks results were found to be higher than permissible value of 1×10^{-6} . To assess the exposure of the population and to establish the association between the arsenic impact and its accumulation in the human body, biomonitoring was carried out in the populated area with a reliably high arsenic level in drinking water. **Keywords:** artesian water, drinking water supply, arsenic, carcinogenic risk, biomonitoring.*

Главным источником питьевого водоснабжения в ряде регионов России являются подземные воды. Вызвано это тем, что многие поверхностные воды загрязнены и непригодны для водоснабжения без соответствующей очистки.

В Дагестане за счет подземных, преимущественно артезианских вод, осуществляется коммунально-бытовое водоснабжение более 70 % населения. Потенциальные эксплуатационные ресурсы этих вод оцениваются более 2 млн м³/сут, а разведанные запасы составляют 0,9 млн м³/сут. Удельное водопотребление подземных вод по республике составляет 108,4 л/сут на человека, но в пределах административных районов оно меняется от 642,7 л/сут на чел. в Ногайском районе до 0,3 л/сут на чел. в Кумторкалинском районе.

На территории Северного Дагестана единственным источником хозяйственно-бытового водоснабжения являются подземные воды Терско-Кумского и Терско-Каспийского артезианских бассейнов. Их геологический разрез представлен чередованием мощных высокопроницаемых песчаных и глинистых водоупорных горизонтов. Питание бассейнов происходит за счет инфильтрации поверхностных вод, атмосферных осадков и конденсации атмосферной влаги в предгорных районах, где широко обнажаются плиоцен-плейстоценовые отложения. Бассейнообразующими являются два водоносных комплекса — апшеронский и четвертичный. Глубины скважин колеблются от 60–70 до 700 м. Воды гидрокарбонатно-натриевые и сульфатно-кальциевые с минерализацией 0,9–2,3 г/л, имеют стабильный состав и хорошие вкусовые качества. Воды бассейна эксплуатируются более чем 3000 артезианскими скважинами уже

больше 100 лет в ежегодно нарастающих темпах с нарушениями правил эксплуатации и без учета рекомендаций ученых и специалистов. В результате такой бессистемной и бесконтрольной эксплуатации водоносных горизонтов усилились процессы истощения ресурсов подземных вод, загрязнения их токсичными элементами, в том числе и мышьяком [5, 6].

Согласно Международному агентству изучения рака (МАИР) мышьяк и его соединения являются доказанными канцерогенами и отнесены к 1 классу опасности. Даже небольшие его концентрации при длительном поступлении в организм человека способны явиться причиной развития ряда заболеваний, в том числе рака [10].

В связи с этим проведено исследование качественного состава артезианских вод Северного Дагестана, используемых населением для питьевых целей. Эпидемиологические исследования с целью оценки и прогноза последствий хронического воздействия мышьяка на здоровье населения, постоянно проживающего на этой территории и использующего воды артезианских скважин для питьевого водоснабжения, не проводились. Применение методологии оценки риска для выявления ущерба здоровью населения, вызванного пероральным воздействием мышьяка, необходимо для разработки и обоснования выбора приоритетных путей управления рисками.

Материалы и методы исследований

Для количественного определения мышьяка в анализируемых пробах использовался метод атомно-абсорбционной спектроскопии с ртутно-гидридным генератором, который позволяет надежно определять концентрации мышьяка до 0,001 мкг в пробе (0,001 мкг/л) в пересчете на элемент [4, 8]. Используя методологию оценки рисков, были рассчитаны индивидуальные и популяционные канцерогенные риски для экспонированного населения районов исследований [7].

Результаты и их обсуждение

Диапазон определяемых концентраций мышьяка в районах исследований колебался от 0,01 до 0,5 мг/л (рис. 1). За величину предельно допустимой концентрации (ПДК) был взят норматив, соответствующий

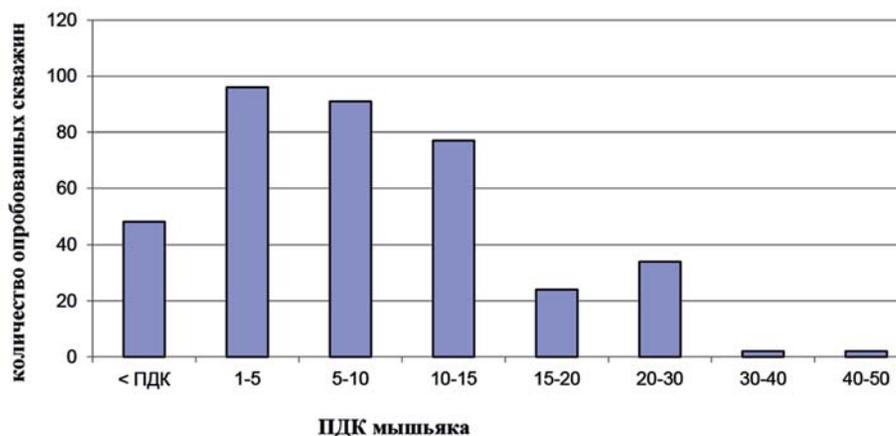


Рис. 1. Гистограмма содержания мышьяка в артезианских водах Северного Дагестана в единицах ПДК [1, 5]

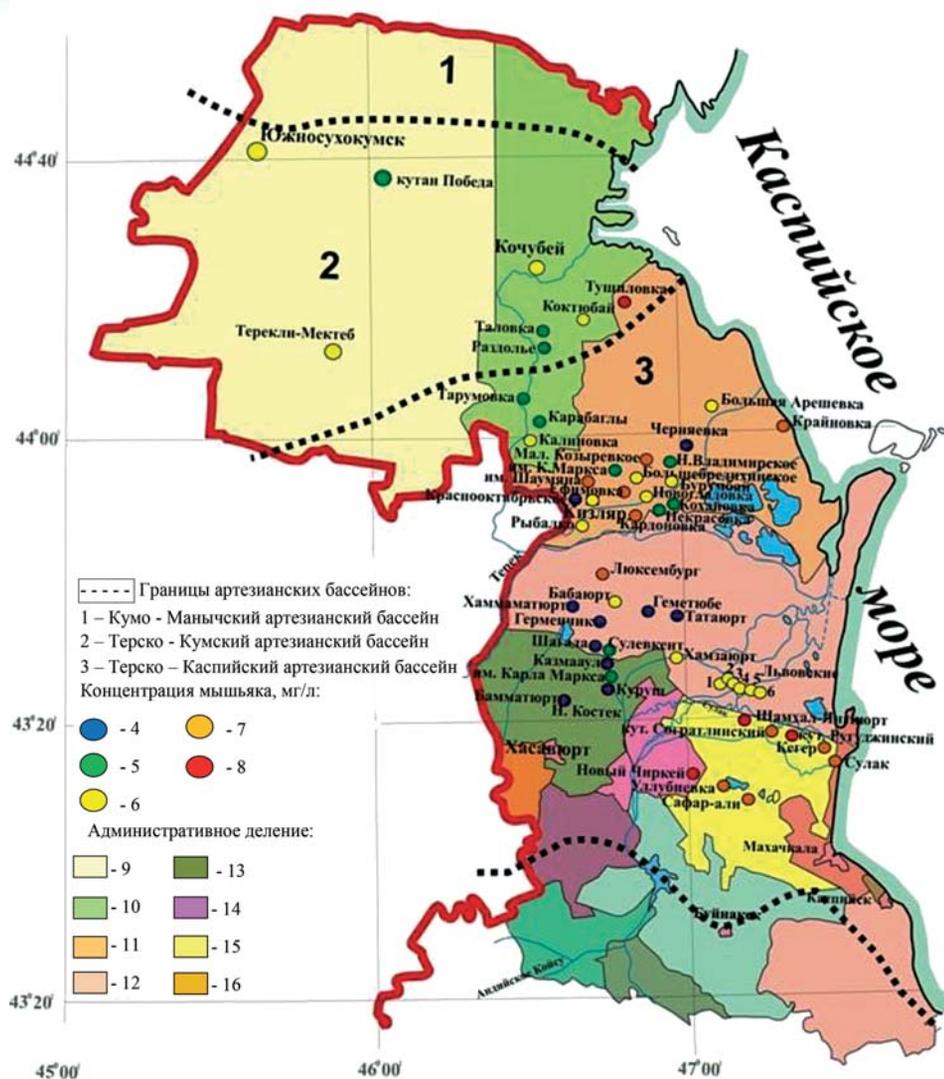


Рис. 2. Ранжирование территории Северного Дагестана по содержанию мышьяка в питьевых артезианских водах: границы артезианских бассейнов: 1 – Кумо-Маньчский артезианский бассейн; 2 – Терско-Кумский артезианский бассейн; 3 – Терско-Каспийский артезианский бассейн. Концентрация мышьяка, мг/л: 4 – 0,01–0,04; 5 – 0,05–0,09; 6 – 0,10–0,19; 7 – 0,20–0,30; 8 – 0,40–0,50. Административное деление (районы): 9 – Ногайский; 10 – Тарумовский; 11 – Кизлярский; 12 – Бабаюртовский; 13 – Хасавюртовский; 14 – Кизилюртовский; 15 – Кумторкалинский; 16 – Новолакский

общемировым нормативам содержания мышьяка в питьевой воде 0,01 мг/л [2, 3], т.к., рассматривая загрязнение мышьяком питьевых вод с позиций охраны здоровья населения, следует сравнивать его содержание с гигиеническими требованиями безопасности потребляемой питьевой воды для человека. На основании полученных данных с использованием ГИС-технологий составлена карта отображения пространственного загрязнения питьевых вод мышьяком и ранжирования территории по уровню содержания мышьяка (рис. 2).

Высокое содержание мышьяка в питьевой воде (от 0,4 до 0,5 мг/л) обнаружено в 4,8 % образцах питьевой воды в Кизлярском и Кумторкалинском районах; 79,4 % образцов питьевой воды содержат мышьяк на уровне 0,05–0,3 мг/л и низкое содержание мышьяка

(0,01–0,04 мг/л) — в 15,8 % образцах воды из Хасавюртовского района. Среднее содержание мышьяка по районам исследований составляет 0,19 мг/л, что превышает нормативный уровень в 19 раз. Сравнительная оценка содержания мышьяка в питьевой воде районов Северного Дагестана представлена в табл. 1.

Превышение ПДК в 20 и более раз выявлено в 12 населенных пунктах исследованных районов с общей численностью населения — 15,8 тыс. чел., что составляет 3 % от общей численности населения исследованных населенных пунктов (на 01.01.2014 г. — 309,7 тыс. чел.). В зависимости от уровней загрязнения питьевой воды мышьяком, территория исследований разделена на 5 районов: 1 район с самыми низкими концентрациями мышьяка на данной территории в диапазоне 0,01 — 0,04 мг/л и 4 района с концентрациями от 0,05 мг/л и выше (0,05–0,09 мг/л; 0,1–0,19 мг/л; 0,2–0,3 мг/л; 0,4–0,5 мг/л) (табл. 2).

Изученная в ходе данного исследования экспонированная часть населения также дифференцирована по уровню содержания мышьяка в питьевой воде: 59,4 % населения потребляют питьевую воду с содержанием мышьяка до 0,1 мг/л, что превышает допустимый уровень в 10 раз, 40,6 % — с содержанием мышьяка выше в 20–50 раз.

Таблица 1
Сравнительная оценка качества питьевых вод в районах Северного Дагестана

Административный район	Диапазон содержания мышьяка, мг/л	Средняя концентрация мышьяка, мг/л	ПДК по СанПиН	ПДК по ГН
Ногайский	0,1–0,4	0,23	2–8	10–40
Тарумовский	0,06–0,3	0,15	1–6	6–30
Бабаюртовский	0,02–0,3	0,15	2–6	2–30
Кизлярский	0,01–0,5	0,28	0–10	1–50
Кумторкалинский	0,18–0,4	0,29	3–8	18–40
Хасавюртовский	0,01–0,06	0,03	≤1	1–6
Северный Дагестан	0,01–0,5	0,19	1–10	1–50

Таблица 2
Содержание мышьяка в артезианской питьевой воде и численность экспонированного населения

Содержание мышьяка в питьевой воде, мг/л	Численность экспонированного населения, чел.	Доля от общей численности населения исследованных районов Северного Дагестана (309,7 тыс. чел.), %
0,01–0,04	167134	53,9
0,05–0,09	16985	5,5
0,1–0,19	108147	34,9
0,2–0,3	9023	2,9
0,4–0,5	8444	2,8

Таблица 3
Соотношение содержания мышьяка в волосах с частотой встречаемости у обследованных лиц

Содержание мышьяка в волосах, мкг/г	Частота встречаемости, %
≤ 0,5	20
0,5–0,9	50
≥ 1	30

Учитывая опасное для здоровья человека воздействие мышьяка при его длительном поступлении с питьевой водой, что было доказано в ходе многих зарубежных эпидемиологических исследований, можно предположить, что экспонированное население исследованных районов находится в зоне риска. Это может явиться причиной развития ряда мышьяк-ассоциированных заболеваний, в том числе рака [11, 12].

В настоящее время природные особенности подземных питьевых вод практически не могут быть изменены без дополнительной очистки и на безальтернативной основе в течение многих лет обеспечивают население питьевой водой. В связи с этим оценка риска хронического перорального воздействия мышьяка здоровью населения Северного Дагестана крайне актуальна. В ходе проводимого исследования, используя методологию оценки риска [7], рассчитаны канцерогенные риски для экспонируемого населения.

Индивидуальный канцерогенный риск для жителей исследованных населенных пунктов Северного Дагестана в условиях перорального поступления мышьяка с питьевой водой составляет: при минимальной концентрации (0,01 мг/л) $ICR_{min} = 4,3E-4$; при максимальной концентрации (0,5 мг/л) $ICR_{max} = 2,1E-2$, при среднем значении (0,19 мг/л) — $8,1E-3$. Популяционные канцерогенные риски для экспонированного населения численностью 309,7 тыс. чел. при наиболее низких (0,01–0,5 мг/л) и высоких (0,4–0,5 мг/л) концентрациях мышьяка в питьевой воде составят от 2 до 95 дополнительных случаев рака в год, при средней концентрации мышьяка (0,19 мг/л) — 36 дополнительных случаев заболеваний в год.

Фактически численность жителей Северного Дагестана, потребляющих питьевую воду с высоким содержанием мышьяка, значительно выше и, следовательно, при экстраполяции на все население популяцион-

ные риски также будут на порядок выше. При сохранении уровней экспозиции мышьяка, полученных нами в ходе исследований, популяционные канцерогенные риски для всего экспонированного населения Северного Дагестана, численность которого 510,9 тыс. чел., составят: при минимальном уровне содержания мышьяка в питьевой воде (0,01 мг/л) — 3 дополнительных случая заболеваний в год, при максимальном уровне (0,5 мг/л) — 125 случаев и при средней концентрации мышьяка (0,19 мг/л) — 48 дополнительных случаев заболеваний в год. Рассчитанные в ходе исследования оценки канцерогенного риска находятся на уровне выше допустимого, который, согласно руководству ВОЗ, по качеству питьевой воды установлен на уровне 10^{-5} [9]. Таким образом, расчет канцерогенных рисков показал, что исследованные питьевые воды, приуроченные к гидрогеохимической аномалии по мышьяку на территории Северного Дагестана, при условии их постоянного длительного использования формируют высокие уровни канцерогенного риска для здоровья населения и определяют эти воды как непригодные для хозяйственно-питьевого использования населением.

Для подтверждения кумуляции мышьяка в организме экспонированных жителей, постоянно проживающих на территории гидрогеохимической аномалии по мышьяку, использовался метод биомониторинга. Были определены группы населения, подвергающиеся наибольшему риску хронического воздействия мышьяка, среди которых методом случайной выборки отобраны жители для соответствующего обследования.

Образцы волос были отобраны у пациентов и работников местного ЛПУ, которые являлись жителями данного населенного пункта в течение 5 и более лет. Предварительно заполнялась анкета, в которой жители отвечали на общие вопросы, а также вопросы по особенностям водопотребления, субъективному восприятию качества питьевой воды и давали письменное согласие на использование их биоматериала для проведения дальнейшего исследования. Выборка испытуемых состояла из 60 человек, постоянно проживающих на территории населенных пунктов Шамхал-Янгиурт и Кардоновка и потребляющих для питья воду из артезианских скважин. Концентрация мышьяка в питьевой артезианской воде данных населенных пунктов составляла 0,4–0,5 мг/л соответственно. Выборка состояла из 35 женщин в возрасте от 40 до 67 лет и 25 мужчин в возрасте от 34 до 70 лет. Средний возраст всех обследованных составил 40–50 лет. Результаты анализа содержания мышьяка в волосах представлены в табл. 3. Таким образом, у 30 % обследованных жителей содержание мышьяка в волосах превышает пороговые значения, т.е. подтверждается накопление мышьяка в организме жителей исследованных населенных пунктов.

Выводы

Полученные результаты анализа питьевых артезианских вод, используемых населением районов Северного Дагестана в качестве источников питьевого водоснабжения, свидетельствуют о несоответствии качест-

ва питьевой воды по содержанию высокотоксичного мышьяка. Высокие концентрации мышьяка в питьевых водах артезианского бассейна обуславливают высокий риск развития мышьяк-ассоциированных заболеваний неинфекционной природы, что, в свою очередь, определяет эти воды как непригодные для хозяйственно-питьевого использования населением. В связи с этим дальнейшее использование этих вод для питьевого водоснабжения требует системного изучения с целью мониторинга воздействия на здоровье человека и окружающую среду и разработки эффективных методов очистки вод от мышьяка перед использованием их для хозяйственно-питьевого назначения.

Авторы считают целесообразным провести более углубленное изучение особенностей кумуляции мышьяка в организме экспонированных лиц, используя метод биомониторинга, с целью оценки воздействия питьевой воды с различным уровнем содержания мышьяка. Планируется проведение исследований, охватывающих большую группу экспонируемых жителей, проживающих на территории Северного Дагестана с разным уровнем содержания мышьяка в питьевых водах для изучения воздействия и особенностей накопления мышьяка в организме, а также индивидуальных уровней экспозиции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абдулмуталимова, Т.О. Оценка канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного высоким содержанием мышьяка в питьевой артезианской воде Северного Дагестана / Т.О. Абдулмуталимова, Б.А. Ревич // Гигиена и санитария. — 2017. — Т. 96. — № 8. — С. 743–746.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, постановление Минздрава России от 30 апреля 2003 г., № 78.
3. Егорова, Н.А. Гармонизация гигиенических нормативов с зарубежными требованиями к качеству питьевой воды / Н.А. Егорова, Г.Н. Красовский // Гигиена и санитария. — 2005. — № 2. — С. 10–13.
4. Каймаразов, А.Г. Идентификация и количественное определение мышьяксодержащих загрязняющих компонентов низкопотенциальных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна / А.Г. Каймаразов, З.Э. Шабанова, И.А. Камалутдинова, К.М. Ахмедов / Возобновляемая энергетика: проблемы и перспектива: II Международная конференция. — Махачкала, 2010. — С. 299–312.
5. Курбанов, М.К. Гидрогеоэкологическая программа «Родник — Ресурсы подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна и пути их рационального использования, предотвращения процессов загрязнения и истощения» на 2003–2008 гг. / М.К. Курбанов // Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Кавказа: Тр. ИГДНЦРАН. — Вып. 49. — Махачкала, 2003. — С. 196–209.
6. Курбанова, Л.М. Мышьяк в подземных водах Северо-Дагестанского артезианского бассейна / Л.М. Курбанова, Ш.Г. Самедов, И.М. Газалиев, Т.О. Абдулмуталимова // Геохимия. — 2013. — № 3. — С. 262–265.
7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Инф-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 2004.
8. Шабанова, З.Э. Методические аспекты определения мышьяка в подземных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии / З.Э. Шабанова, А.Г. Каймаразов, Т.О. Абдулмуталимова // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов: Матер. III Школы молодых ученых им. Э.Э. Шпильрайна. — Махачкала, 2010. — С. 76–79.
9. Guidelines for Drinking Water Quality. WHO; Geneva, Switzerland: 2004.
10. IARC: A Review of Human Carcinogen: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts vol. 100C. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2012.

11. Cuzick, J, 1992. Ingested arsenic, keratoses, and bladder cancer. / J. Cuzick, P. Sasieni, S. Evans. Am J Epidemiol 136(4):417–421.
12. Smith, A.H. Cancer risk from arsenic in drinking water / A.H. Smith, C. Hopenhayn-Rich, M.N. Bates et al // Environ. Health Perspect. — 1992. — 97. — P. 259–267.

© Абдулмуталимова Т.О., Ревич Б.А., Газалиев И.М., 2018

Абдулмуталимова Тамила Омариевна // tamila4@mail.ru
Ревич Борис Александрович // brevich@yandex.ru
Газалиев Иса Мурилович // gazis49@mail.ru

УДК 556.314

Бендерев А.Д.¹, Пихур О.Л.², Христов В.Х.¹, Кехайов Т.М.¹, Тотева А.Г.¹, Керестеджиян Т.Н.¹ (1 — Геологический институт Болгарской академии наук, София, Болгария, 2 — Санкт-Петербургский институт биорегуляции и геронтологии)

ФТОР В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ БОЛГАРИИ: МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

*Содержание фторида в пресных грунтовых водах Болгарии преимущественно ниже 1 мг/л независимо от того, что они образуются в породах с разным возрастом, происхождением, химическим и минералогическим составом. В Южной Болгарии около 20 населенных пунктов имеют концентрацию фторида в подземных водах выше допустимой. Максимальные концентрации фтора зарегистрированы в районе города Казанлык — 23–24 мг/л. Происхождение фторида этой области связано с высокой возможностью F-выщелачивания при высоких температурах и pH из различных фторидных минералов. Результаты эпидемиологических исследований свидетельствуют о высокой распространенности кариеса зубов у людей, постоянно проживающих в регионах с дефицитом фтора в питьевой воде. Повышенное содержание фтора в питьевой воде увеличивает заболеваемость населения флюорозом зубов. **Ключевые слова:** фтор, подземные воды, термальные воды, питьевая вода, флюороз, кариес зубов, медицинская геология.*

Benderev A.D.¹, Pikhur O.L.², Hristov V.H.¹, Kehayov T.M.¹, Toteva A.G.¹, Kerestegian T.N.¹ (1 — Geological Institute of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, 2 — St. Petersburg Institute of Bioregulation and Gerontology)

FLUORIDE IN BULGARIAN GROUNDWATER: MEDICAL-GEOLOGICAL ASPECTS

The content of fluoride in fresh ground water of Bulgaria is mainly below 1 mg/l, regardless of whether they are formed in rocks with different age, origin, chemical and mineralogical composition. There are less than 20 inhabited places in Southern Bulgaria where fluoride concentration in groundwater is above permissible. The maximum concentrations of fluoride are registered in vicinity of the town of Kazanlak — 23–24 mg/l. Origin of fluoride of this area is due to the high possibility of F-leaching at high temperatures and pH from various fluoride minerals. The results of epidemiological studies indicate a high prevalence of teeth caries of people perma-