

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## СОДЕРЖАНИЕ МЫШЬЯКА В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА В УСЛОВИЯХ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ

Т.О. Абдулмуталимова<sup>1,2</sup>, О.М. Рамазанов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью Минздрава России, Москва

<sup>2</sup> ФГБУН Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук, Махачкала, Россия

<sup>3</sup> ФГБУН Институт проблем геотермии Дагестанского научного центра Российской академии наук, Махачкала, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Проанализировано содержание мышьяка в волосах жителей населенных пунктов Северного Дагестана, использующих в качестве источника питьевого водоснабжения артезианские воды с содержанием мышьяка выше гигиенического норматива. Обнаружено относительно повышенное содержание мышьяка в волосах обследованных людей, что, вероятно, обусловлено гидрогеохимическими особенностями исследуемого региона. Предварительные исследования подтверждают предположение о кумуляции мышьяка в организме обследуемых вследствие хронической пероральной экспозиции. В районе с наиболее высоким содержанием мышьяка в питьевой воде (0,4–0,5 мг/л) у 10% обследованных его содержание превышает пороговое значение в волосах; у 58% обследованных лиц содержание мышьяка в волосах находится на уровне фонового; у 32% выявлено содержание мышьяка в пределах 0,5–0,9 мкг/г, что свидетельствует о его накоплении, однако не достигает порогового значения. Результаты исследования позволяют выявить прямую корреляционную зависимость между содержанием мышьяка в питьевой воде и его содержанием в волосах жителей региона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** мышьяк, волосы, питьевое водоснабжение, артезианские воды, гидрогеохимическая провинция, Северный Дагестан.

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из прямых методов оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения является применение биологических маркеров, позволяющих определить наличие вещества или его метаболита в биологических тканях человека и дозу, полученную от всех источников поступления этого вещества. Биологические маркеры издавна используют в экспериментальных и клинических исследованиях для изучения характера острого и хронического токсического действия соединений, обнаружения признаков нарушения здоровья и биологического мониторинга потенциально опасных экспозиций. Данные биомониторинга напрямую отражают общее содержание вредных веществ в организме или их биологическое воздействие при поступлении в организм по всем путям, а также индивидуальные различия в уровнях экс-

позиции, скорости обмена веществ и экскреции. Такие данные часто являются наиболее актуальным показателем для оценки воздействия на здоровье, особенно для таких биоаккумулирующих загрязнителей, как мышьяк, свинец, ртуть, кадмий, никель, которые входят в перечень ВОЗ приоритетных токсикантов.

Мышьяк является важным загрязнителем вследствие высокой распространенности экспозиции к нему, потенциально серьезных последствий для здоровья и высокого уровня озабоченности населения. Кроме того, согласно современным представлениям, мышьяк является канцерогеном I класса опасности и способен индуцировать апоптоз (Меньшикова и др., 1992; Скальная и др., 2000; IARC, 2012). Показано, что имеет место повышение частот встречаемости избытка мышьяка в возрастной группе 50–86 лет (Горбачев, Скальный, 2009). В качестве индикатора

\* Адрес для переписки:

Абдулмуталимова Тамила Омариевна  
E-mail: tamila4@mail.ru

тора нагрузки организма мышьяком используется определение его содержания в крови, моче, волосах и ногтях (Ревич, 2005; Angerer et al., 2007; Guha Mazumder, 2008; Marchiset-Ferlay et al., 2012). Между уровнем содержания мышьяка в волосах, суточной моче и уровнем его в питьевой воде и пище выявлена линейная корреляционная связь (Kurttio et al., 1998; Скальный, 2000). Так, например, потребление мышьяка с питьевой водой и пищей 10 мкг/л и 10–20 мкг/сутки соответственно сочетается с концентрацией его в волосах до 0,1 мкг/г. Содержание мышьяка в волосах часто используется в качестве индикатора длительной экспозиции неорганического мышьяка, который является более токсичным для организма, нежели его органическая форма (Smith, 1964; Atalla et al., 1965; Curry, Pounds, 1977; Maes, Pate, 1977; Vahter, 1999; Hinwood, et al., 2003; IARC, 2004). Волосы являются наиболее информативным биосубстратом, так как при хроническом воздействии мышьяка они вовлечены в процесс «хранения» (депонирования) и аккумуляции (концентрирования) путем связывания с сульфгидрильными группами кератина (Maes, 1977) и тем самым более пригодны как для клинической, так и гигиенической донозологической диагностики. Концентрация мышьяка в волосах людей положительно коррелирует с уровнем его в питьевой воде, отобранной в местах их проживания. Важно также учитывать, что органический мышьяк и его соединения, которые могут поступать в организм человека, как правило, в форме арсенобетаина и арсенохолина, не накапливаются в волосах (Hinwood et al., 2003). Таким образом, содержание мышьяка в волосах может характеризовать воздействие на организм только неорганического мышьяка и его соединений, поступающих с питьевой водой и продуктами питания (Vahter, 1999.). Накапливаясь в корне волоса, соединения мышьяка затем распределяются по всей длине волоса. Максимальная концентрация мышьяка обнаруживается в прикорневой части волоса.

Ранее было изучено пространственное распространение мышьяка на территории Северного Дагестана (Абдулмуталимова, Ревич, 2012; Курбанова и др., 2013; Абдулмуталимова и др., 2017), жители которого длительное время используют для питья артезианские воды. Полученные данные о содержании природного мышьяка в источниках непосредственного водопользования свидетельствовали о повсеместном мы-

шьяковистом загрязнении с выделением некоторых населенных пунктов с максимальным содержанием мышьяка, в 40–50 раз превышающим допустимый гигиенический норматив (0,01 мг/л). Расчет канцерогенных рисков (Абдулмуталимова, Ревич, 2017) выявил, что уровни пожизненных индивидуальных канцерогенных рисков (в течение 70 лет) превышают «допустимый» (целевой) уровень ( $10^{-6}$ ) и оцениваются как неприемлемые для сохранения здоровья населения. Величины популяционных годовых канцерогенных рисков, отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть в течение года, для исследованного экспонированного населения (309,7 тыс. чел.) составили от 1 до 95 дополнительных случаев онкологических заболеваний в год. Для подтверждения аккумуляции мышьяка в организме экспонированных жителей Северного Дагестана необходимы более детальные исследования с использованием биомониторинга, проведение которого в настоящее время на основании исследования субстратов, полученных от лиц, проживающих в конкретном регионе, рассматривается как наиболее эффективный и экономически выгодный способ изучения воздействия поллютантов на организм человека (Angerera et al., 2007). Анализ волос экспонированных жителей Северного Дагестана на содержание мышьяка позволит также с высокой степенью надежности выделить группы риска по арсенозам для их дальнейшего углубленного изучения и своевременного принятия мер профилактического характера.

**Ц е л ь и с с л е д о в а н и я** – определение содержания мышьяка в волосах экспонированных жителей, потребляющих для питья воду с разным уровнем содержания мышьяка.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящем исследовании для проведения биомониторинга были выбраны жители, постоянно проживающие на территории населенных пунктов с различным уровнем содержания мышьяка в питьевых артезианских водах. Концентрация мышьяка в питьевой артезианской воде данных населенных пунктов составляла: 0,01–0,04 мг/л; 0,05–0,09 мг/л; 0,1–0,19 мг/л; 0,2–0,3 мг/л; 0,4–0,5 мг/л соответственно. Выборка состояла из 97 человек, из которых 73 (75%) – женщины и 24 (25%) – мужчины. Средний возраст жителей составил 51 год. Каждый испытуемый заполнял анкету, вопросы которой

позволяли объективно оценить фактическое водопотребление, возможные дополнительные источники поступления мышьяка и исключить мешающие факторы, а также пол, возраст и длительность проживания в данном населенном пункте. Вопросы, касающиеся курения и потребления вина, которые могут быть дополнительным источником поступления мышьяка в организм человека, также были включены в опросник и являлись критерием формирования выборки для исследования.

Согласно методике, для проведения анализа необходима прядь волос длиной до 3–5 см (непосредственно от корня волос). Волосы состригались в 4–5 местах с затылочной части головы, ближе к шее и далее объединялись в пучок толщиной 2–3 мм, в количестве не менее 0,1 г. Волосы должны быть чистыми, без лака, геля, жидкости для укладки и пр. Химическая завивка, окраска и обесцвечивание не являются затруднением для дальнейшего проведения анализа. Для хранения использовались бумажные конверты. Специальных условий для хранения и транспортировки не требовалось.

Подготовку проб волос на анализ проводили согласно МУК 4.1.776-99 «Методы контроля. Химические факторы. Определение содержания железа, цинка, никеля, меди и хрома в волосах методом атомной абсорбции». Образцы волос выдерживали в смеси диэтилового эфира и этилового спирта в соотношении 1:1 с целью очистки, промывали, высушивали в сушильном шкафу при температуре 80 °С. Очищенные пробы хранили в эксикаторе. Для растворения волос использовали смесь азотной кислоты и перекиси водорода в соотношении 3:1, с добавлением модификатора – нитрата палладия PdNO<sub>3</sub>.

Определение мышьяка проводили на атомно-абсорбционном спектрометре (ААС) с электротермической атомизацией «МГА-915МД» с гидридной приставкой. Результаты измерений содержания мышьяка регистрировали по показаниям прибора с цифровой индикацией, откалиброванного стандартными растворами мышьяка, приготовленными на основе ГСО 7976-2001 (ЭКРОС, Россия), представляющего собой раствор мышьяка (111) с концентрацией 0,101 г/дм<sup>3</sup>. Концентрацию мышьяка определяли при длине волны 193,7 нм методом градуировочного графика. Диапазон измерений мышьяка составлял 0,01–10 мг/кг.

Концентрацию мышьяка в волосах рассчитывали по формуле:

$$C = FV / M,$$

где  $F$  – концентрация мышьяка по калибровочному графику с вычетом фонового значения, мкг/см<sup>3</sup>;  $V$  – общий объем анализируемой пробы, см<sup>3</sup>;  $M$  – навеска волос, взятая для анализа, мг;  $C$  – концентрация мышьяка в пробе волос, мкг/мг.

Для оценки степени отклонения от нормы содержания мышьяка в волосах был использован уровень содержания мышьяка в волосах (1 мкг/г), рекомендуемый многими исследователями в качестве «порогового» (IARC, 2004). При данном уровне содержания мышьяка в волосах у экспонированных лиц отмечались признаки арсенозов (Hindmarsh, McCurdy, 1986; Pan, et al., 1993). Фоновый уровень содержания мышьяка в волосах людей, не подвергающихся экспозиции мышьяка, находится в диапазоне 0,1–0,2 мкг/г (Arnold, 1990; Rahman, Axelson, 2001; IARC, 2004).

Статистический анализ данных проводили на персональном компьютере с помощью электронных таблиц «Microsoft Excel». В процессе анализа была выведена регрессионная модель зависимости содержания мышьяка в волосах испытуемых от его уровня в потребляемой питьевой воде.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа содержания мышьяка в питьевой воде и волосах экспонированных жителей представлены в табл. 1–3. Экспонированная часть населения была дифференцирована согласно уровню содержания мышьяка в питьевой воде. Большая часть населения (59,4%) потребляет питьевую воду с содержанием мышьяка до 0,1 мг/л, что превышает допустимый уровень содержания этого элемента в питьевой воде в 10 раз, 40,6% населения исследованных районов Северного Дагестана используют для питья воду с содержанием мышьяка, в 20–50 раз превышающим допустимый уровень.

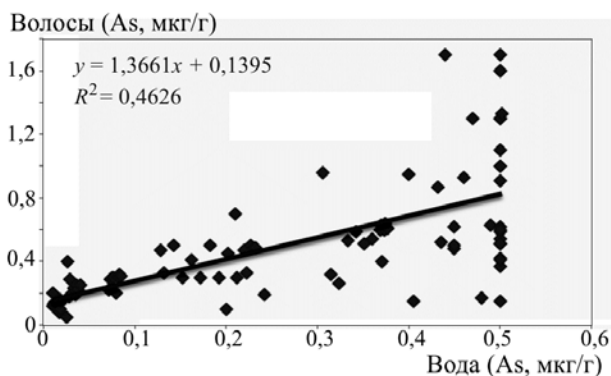
Как следует из данных, представленных в табл. 2, 10% обследованных жителей могут быть отнесены в группу риска по арсенозам, так как содержание мышьяка в волосах превышает пороговые значения и подтверждается накопление мышьяка в организме. Следует также отметить, что содержание мышьяка в волосах выше 1 мкг/г обнаружено у лиц, потребляющих воду с содержанием мышьяка 0,5 мг/л.

**Таблица 1. Содержание мышьяка в артезианской питьевой воде и численность экспонированного населения**

Содержание мышьяка в питьевой воде, мг/л (ПДК 0,01 мг/л)	Численность экспонированного населения, тыс. 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 2. Распределение содержания мышьяка в волосах жителей Северного Дагестана**

Содержание мышьяка в волосах, мкг/г	Число образцов	Частота встречаемости, %
≤0,5	56	57,7
0,5–0,9	31	32
≥ 1	10	10,3



**Рисунок.** Зависимость содержания мышьяка в волосах обследованных лиц от его концентрации в потребляемой питьевой воде

С целью выявления зависимости концентрации мышьяка (As) в волосах местного населения от его содержания в потребляемой питьевой воде построен график линейной регрессии. При выявлении зависимости содержания мышьяка в волосах обследованных лиц от его содержания в питьевой воде получено уравнение регрессии (рисунок):

$$y = 1,3661x + 0,1395.$$

Согласно приведенному уравнению, при значении концентрации мышьяка в воде, равной 0,1 мг/л (значение –  $x$ ), концентрация мышьяка в волосах может составить примерно 0,28 мкг/г (значение –  $y$ ). Или при увеличении концентрации мышьяка в воде на 0,1 мг/л содержание мышьяка в волосах возрастает на 0,14 мкг/г.

Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют о зависимости накопления мышьяка в волосах от его содержания в потребляемой питьевой воде. Очевидно, что при потреблении воды с уровнем мышьяка в 40–50 раз выше допустимого норматива наблюдается резкое возрастание его содержания в волосах, близкое к верхней границе «нормального» (ГН) содержания.

**Таблица 3. Зависимость содержания мышьяка в волосах от его содержания в потребляемой питьевой воде**

Содержание мышьяка в питьевой воде, мг/л (ГН – 0,01 мг/л)	Содержание мышьяка в волосах, мкг/г (среднее значение) (ПДК – 1 мкг/г)
0,01–0,04	0,17
0,05–0,09	0,28
0,1–0,19	0,39
0,2–0,3	0,50
0,4–0,5	0,82

**ВЫВОДЫ**

1. Предварительные исследования содержания мышьяка в волосах экспонируемых жителей Северного Дагестана подтверждают предположение о его кумуляции в организме вследствие хронической пероральной экспозиции у исследованной группы населения. В районе с наиболее высоким содержанием мышьяка в питьевой воде (0,4–0,5 мг/л) у 10% обследованных его содержание превышает пороговое значение в волосах, при котором может наблюдаться проявление клинических симптомов арсенозов (в том числе арсенодерматитов); у 58% обследованных лиц содержание мышьяка в волосах находится на уровне фонового; у 32% выявлено содержание мышьяка на в пределах 0,5–0,9 мкг/г, что свидетельствует о накоплении, однако не достигает порогового значения. Результаты данного исследования позволяют выявить прямую корреляционную зависимость между содержанием мышьяка в питьевой воде и его содержанием в волосах жителей региона.
2. В дальнейшем планируется проведение исследований, охватывающих большую группу экспонируемых жителей, проживающих на территориях Северного Дагестана с разным уровнем содержания мышьяка в питьевых водах для изучения воздействия и особенностей накопления мышьяка в организме, а также индивидуальных уровней экспозиции. Это позволит в будущем на основании результатов биомониторинга конкретной территории более эффективно планировать профилактические меры по снижению риска развития эколого-зависимой патологии у местного населения, а также оперативно разрабатывать и осуществлять мероприятия по защите здоровья населения в случае возникновения экологически угрожающих ситуаций.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00501 мол\_а «Оценка влияния природных гидрогеохимических особенностей на качество питьевых вод и формирование канцерогенных рисков здоровью населения (на примере Республики Дагестан)».**

**ЛИТЕРАТУРА**

Абдулмуталимова Т.О., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С. Особенности питьевого водо-

снабжения в аридной зоне Республики Дагестан. Аридные экосистемы. 2017. Т. 23. № 1(70). С. 93–97.

Абдулмуталимова Т.О., Ревич Б.А. Оценка канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного высоким содержанием мышьяка в питьевой артезианской воде Северного Дагестана. Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 8. С. 743–746.

Абдулмуталимова Т.О., Ревич Б.А. Сравнительный анализ содержания мышьяка в подземных водах Северного Дагестана. Юг России: экология, развитие. 2012. № 2. С. 81–86.

Горбачев А.Л., Скальный А.В. Особенности микроэlementного статуса пожилых и старых людей. Микроэлементы в медицине. 2009. Т. 10. Вып. 1–2. С. 17–26.

Курбанова Л.М., Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Абдулмуталимова Т.О. Мышьяк в подземных водах Северо-Дагестанского артезианского бассейна. Геохимия. 2013. № 3. С. 262–264.

Меньшикова М.Г., Жаворонков А.А., Скальный А.В. Влияние подострой интоксикации арсенитом натрия на показатели микроэlementного гомеостаза. Актуальные аспекты современной гисто- и цитологии. 1992. С. 53–59.

Ревич Б.А. Биомониторинг металлов в организме человека. Микроэлементы в медицине. 2005. Т. 6. № 4. С. 11–16.

Скальная М.Г., Скальный А.В., Демидов В.А. Зависимость повышенной онкологической заболеваемости от избыточного содержания мышьяка и других токсичных химических элементов в окружающей среде. Микроэлементы в медицине. 2000. Т. 2. Вып. 1. С. 32–35.

Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэlementов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климато-географических регионов: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М. 2000. 361 с.

Angerer J., Ewers U., Wilhelm M. Human biomonitoring: State of the art. Int. J. Hyg. Environ. Health. 2007. 210:201–228.

Angerer J., Ulrich E., Michael W. Human Biomonitoring: State of the art. Int. J. Hyg. Environ.-Health. 2007. 210(3–4):201–228.

Arnold H.L., Odam R.B., James W.D. Diseases of the Skin: Clinical Dermatology, Eighth Edition. Philadelphia, USA. 1990.

Atalla L.T., Silva C.M., Lima F.W. Activation analysis of arsenic in human hair—Some observations on the problems of external contamination. Ann. Acad. Brasil. Cien. 1965. 37:432–441.

Curry A.S. and Pounds C.A. Arsenic in hair. J. Forensic. Sci. Soc. 1977. 17:37–44.

Guha Mazumder D.N. Chronic arsenic toxicity and human health. Ind J Med Res. 2008. 128:436–447.

Hindmarsh J.T., McCurdy R.F. Clinical and environmental 18. Aspects of arsenic toxicity. CRC Crit. Rev. Clin. Lab. Sci. 1986. 23:315–347.

Hinwood A.L., Sim M.R., Jolley D., de Klerk N., Bastone E.B., Gerostamoulos J., Drummer O.H. Hair and Toenail Arsenic Concentrations of Residents Living in Areas with High Environmental Arsenic Concentrations. *Environmental Health Perspectives*. 2003. 111(2):187–193.

IARC monograph. 2004. V. 84. ToxGuide of arsenic of CAS, № 7440-38-2. 2007

IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. V. 84. Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic, Lyon. IARC Press. 2004. P. 67.

IARC, 2012. A Review of Human Carcinogen: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts vol. 100C. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

Kurttio P., Komulanen H., Kakata E., Rahelin H., Pekkanen J. Urinary excretion of arsenic species after exposure to arsenic present in drinking water. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1998. 34:297–305.

Maes D. and Pate D.B. The absorption of arsenic into single human head hairs. J. Forensic Sci. 1977. 22:89–94.

Marchiset-Ferlay M., Savanovitch C., Sauvart-Rochat M.P. What is the best biomarker to assess arsenic exposure via

drinking water. Environ. Int. 2012. 35:150–171.

Pan T.C., Lin T.H., Tseng C.L., Yang M.H., Huang C.W. Trace elements in hair of blackfoot disease. Biol Trace Elem Res. 1993. 39:117–129.

Rahman M., Axelson O. Arsenic ingestion and health effects in Bangladesh: Epidemiological observations. In: Chappell W.R., Abernathy C.O. & Calderon R.L., eds. Arsenic Exposure and Health Effects IV, Amsterdam, Elsevier. 2001. P. 193–199.

Smith H. The interpretation of the arsenic content of human hair. J. Forensic Sci. Soc. 1964. 240:192–199.

Vahter M. Variation in human metabolism of arsenic. In: Chappell W.R., Abernathy C.O. & Calderon R.L., eds. Arsenic Exposure and Health Effects. Oxford, Elsevier Science. 1999. P. 267–279.

## HAIR CONTENT OF ARSENIC IN POPULATION OF NORTH DAGHESTAN IN THE ARSENIC HYDRO-GEOLOGIC PROVINCE

*T.O. Abdulmutalimova*<sup>1,2</sup>, *O.M. Ramazanov*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budget Institution “Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks», Pogodinskaya str.10/1, Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup> Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia, Yaragskogo str. 75a, Makhachkala, 367030, Russia

<sup>3</sup> Institute of geothermal problems, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, I. Shamilya str. 39a, Makhachkala, 367026, Russia

**ABSTRACT.** Arsenic content in the hair of inhabitants of settlements of North Dagestan using artesian water as a source of drinking water supply with arsenic content higher than the hygienic norm is analyzed. A relatively high content of arsenic in the hair of the people surveyed was found, which is probably due to the hydrogeochemical features of the region under study. Preliminary studies of the hair arsenic content in exposed citizens of the North Dagestan confirm the assumption of arsenic cumulation in the body due to chronic oral exposure in the studied population group. In the region with the highest arsenic content in drinking water (0.4–0.5 mg / l) in 10% of the examined people - its content exceeds the threshold value in the hair, at which clinical symptoms of arsenoses (including arsenodermitis) can be observed; in 58% of the examined individuals, the arsenic content in the hair is at the background level; in 32% the arsenic content was found to be 0.5–0.9 µg / g, which indicates accumulation, but does not reach the threshold value. The results of this study allow us to reveal a direct correlation between the arsenic content in drinking water and its content in the hair of the inhabitants.

**KEYWORDS:** arsenic, hair, drinking water, artesian water, hydro-geochemical province, North Dagestan.

### REFERENCES

Abdulmutalimova T.O., Kurbanova L.M., Guseinova A.Sh., Kurbanismailova A.S. Features of drinking water supply in the arid zone of the Republic of Dagestan. Arid ecosystems. 2017. 23(1):93–97 (in Russ.).

Abdulmutalimova T.O., Revich B.A. Assessment of carcinogenic risk to population health due to high arsenic content in drinking artesian water of the North Dagestan. Hygiene and sanitaria. 2017. 96(8):743–746 (in Russ.).

Abdulmutalimova T.O., Revich B.A. Comparative analysis of arsenic contamination in groundwater of the North Dagestan. South of Russia: ecology, development. 2012. 7(2):81–86. (in Russ.) doi:10.18470/1992-1098-2012-2-81-86 (in Russ.).

Gorbachev A.L., Skalny A.V. Features of the microelement status of elderly and old people]. Trace Elements in Medicine. 2009. 10(1–2):17–26 (in Russ.).

Kurbanova L.M., Samedov Sh.G., Gazaliev I.M., Abdulmutalimova T.O. Arsenic in the groundwater of the North Dagestan artesian basin. Geochemistry. 2013. (3):262–264 (in Russ.).

Menshikova M.G., Zhavoronkov A.A., Skalny A.V. Influence of subacute intoxication with sodium arsenite on the parameters of microelement homeostasis. Actual aspects of modern histo- and cytology. 1992. S. 53–59 (in Russ.).

Revich B.A. Biomonitoring of metals in the human body. Trace Elements in Medicine. 2005. 6(4):11–16 (in Russ.).

- Skalnaya M.G., Skalny A.V., Demidov V.A. Dependence of increased oncological morbidity on excess arsenic and other toxic chemical elements in the environment. *Trace Elements in Medicine*. 2000. 2(1):32–35 (in Russ.).
- Skalny A.V. Ecological and physiological substantiation of the effectiveness of the use of macro- and microelements in cases of homeostasis disturbances in the subjects from different climatic and geographical regions. *Dis. med. science*. 2000. P. 361 (in Russ.).
- Angerer J., Ewers U., Wilhelm M. Human biomonitoring: State of the art. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2007. 210:201–228.
- Angerer J., Ulrich E., Michael W. Human Biomonitoring: State of the art. *Int. J. Hyg. Environ.-Health*. 2007. 210(3–4):201–228.
- Arnold H.L., Odam R.B., James W.D. *Diseases of the Skin: Clinical Dermatology*, Eighth Edition. Philadelphia, USA. 1990.
- Atalla L.T., Silva C.M., Lima F.W. Activation analysis of arsenic in human hair—Some observations on the problems of external contamination. *Ann. Acad. Brasil. Cien.* 1965. 37:432–441.
- Curry A.S. and Pounds C.A. Arsenic in hair. *J. Forensic. Sci. Soc.* 1977. 17:37–44.
- Guha Mazumder D.N. Chronic arsenic toxicity and human health. *Ind J Med Res.* 2008. 128:436–447.
- Hindmarsh J.T., McCurdy R.F. Clinical and environmental 18. Aspects of arsenic toxicity. *CRC Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.* 1986. 23:315–347.
- Hinwood A.L., Sim M.R., Jolley D., de Klerk N., Bastone E.B., Gerostamoulos J., Drummer O.H. Hair and Toenail Arsenic Concentrations of Residents Living in Areas with High Environmental Arsenic Concentrations *Environmental Health Perspectives*. 2003. 111(2):187–193.
- IARC monograph. 2004. V. 84. ToxGuide of arsenic of CAS, # 7440-38-2. 2007
- IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. V. 84. Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic, Lyon. IARC Press. 2004. P. 67.
- IARC, 2012. A Review of Human Carcinogen: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts vol. 100C. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Kurtio P., Komulanen H., Kakata E., Rahelin H., Pekkanen J. Urinary excretion of arsenic species after exposure to arsenic present in drinking water. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1998. 34:297–305.
- Maes D. and Pate D.B. The absorption of arsenic into single human head hairs. *J. Forensic Sci.* 1977. 22:89–94.
- Marchiset-Ferlay M., Savanovitch C., Sauvart-Rochat M.P. What is the best biomarker to assess arsenic exposure via drinking water. *Environ. Int.* 2012. 35:150–171.
- Pan T.C., Lin T.H., Tseng C.L., Yang M.H., Huang C.W. Trace elements in hair of blackfoot disease. *Biol Trace Elem Res.* 1993. 39:117–129.
- Rahman M., Axelson O. Arsenic ingestion and health effects in Bangladesh: Epidemiological observations. In: Chappell W.R., Abernathy C.O. & Calderon R.L., eds. *Arsenic Exposure and Health Effects IV*, Amsterdam, Elsevier. 2001. P. 193–199.
- Smith H. The interpretation of the arsenic content of human hair. *J. Forensic Sci. Soc.* 1964. 240:192–199.
- Vahter M. Variation in human metabolism of arsenic. In: Chappell W.R., Abernathy C.O. & Calderon R.L., eds. *Arsenic Exposure and Health Effects*. Oxford, Elsevier Science. 1999a. P. 267–279.