

- Ryzhova I.N. Monitoring of the chemical composition of snow cover contamination on the territory of the Moscow Region. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93 (5): 88–94. (in Russian)
6. Svistov P.F., Talash A.S. *Essays on the Acidity and Chemical Composition of Atmospheric Precipitation (on the Territory of the Russian Federation)* [Ocherki po kislomosti i khimicheskomu sostavu atmosferykh osadkov (na territorii Rossiyskoy Federatsii)]. St. Petersburg; 2015. (in Russian)
 7. Vasil'chuk Yu.K., ed. *Chemistry of the Atmosphere: Textbook. [Khimiya atmosfery: Uchebnoe posobie]*. Moscow; 2002. (in Russian)
 8. Surkova G.V., Eremina I.D., Mordkovich P.A. On the effect of large-scale atmospheric transport on the chemical composition and amount of atmospheric precipitation in the center of European Russia. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2010; (4): 36–44. (in Russian)
 9. Nikiforova E.M., Kosheleva N.E., Vlasov D.V. Monitoring of salinization of snow and soils in the Eastern District of Moscow with anti-icing mixtures. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; (11): 340–7. (in Russian)
 10. Chizhova Yu.N., Eremina I.D., Budantseva N.A., Surkova G.V., Vasil'chuk Yu.K. Concentration of ^{18}O in precipitation over Moscow in 2014. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2017; (1): 78–90. (in Russian)
 11. Draxler R.R., Rolph G.D. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Available at: <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>
 12. Rolph G.D. Real-time Environmental Applications and Display system (READY). Available at: <http://ready.arl.noaa.gov>

Получена 28.10.16

Принята к печати 16.01.17

© АБДУЛМУТАЛИМОВА Т.О., РЕВИЧ Б.А., 2017

УДК 614.777(470.67)

Абдулмуталимова Т.О.¹, Ревич Б.А.²

ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ МЫШЬЯКА В ПИТЬЕВОЙ АРТЕЗИАНСКОЙ ВОДЕ СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА

¹ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, г. Москва;

²ФГБУН «Институт народнохозяйственного прогнозирования» РАН, г. Москва

Для северной части Республики Дагестан характерно повышенное содержание мышьяка в питьевых артезианских водах, что связано с особенностями химического состава водоносных пластов. Содержание мышьяка в воде таких водоисточников колеблется от 0,01 до 0,5 мг/л. При нормативе 0,01 мг/л превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) мышьяка в воде в 20 и более раз выявлено в 12 населенных пунктах с общей численностью населения 15 827 человек. Оценка канцерогенной опасности использования воды с повышенным содержанием мышьяка проводилась согласно Руководству Р 2.1.10.1920–04. Показано, что индивидуальный канцерогенный риск составил при минимальной концентрации (0,01 мг/л) $4,3\text{E}-4$, при максимальной концентрации (0,5 мг/л) – $2,1\text{E}-2$ соответственно, при среднем значении 0,14 мг/л – $6,0\text{E}-3$. Выявленные уровни пожизненных индивидуальных канцерогенных рисков (в течение 70 лет) превышают допустимый (целевой) уровень (10^{-6}) и оцениваются как неприемлемые для сохранения здоровья населения. Для экспонированного населения исследованных районов Северного Дагестана (309,7 тыс. человек) величины популяционных годовых канцерогенных рисков, отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть в течение года, колебались от 1 до 94,8. Результаты данного исследования позволили выявить территории с высоким уровнем содержания мышьяка в питьевой воде и определить экспонируемую часть населения для осуществления мер по снижению риска.

Ключевые слова: подземные воды; мышьяк; питьевая вода; канцерогенные риски.

Для цитирования: 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; 96(8): 743–746. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-743-746>

Для корреспонденции: Абдулмуталимова Тамила Омариевна, аспирант ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, г. Москва. E-mail: tamila4@mail.ru

Abdulmutalimova T.O.¹, Revich B.A.²

ASSESSMENT OF CARCINOGENIC RISK TO POPULATION HEALTH DUE TO HIGH ARSENIC CONTENT IN DRINKING ARTESIAN WATER OF THE NORTH DAGESTAN

¹Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation;

²Institute for Forecasting of the Russian Academy of Science, Moscow, 117418, Russian Federation

The northern part of the Republic of Dagestan is characterized by high levels of arsenic in artesian drinking water due to peculiarities of the chemical composition of the water-bearing plateaus. The concentrations of arsenic in water samples ranged from 0.01 mg/l to 0.5 mg/l. According to current guidelines for arsenic of 0.01 mg/l, the excess in the level of arsenic in water was detected to 20-fold or more in 12 villages with the total population of 15 827 people. To evaluate the cancer health risks from exposure to arsenic we used epy risk assessment method. Lifetime individual cancer risks were shown to be at the minimum concentration (0.01 mg/l) – $4.3\text{E}-4$; at maximum concentration (0.5 mg/l) – $2.1\text{E}-2$, respectively, with a mean of 0.14 mg/l – $6.0\text{E}-3$. The cancer health risks results were found to be higher than permissible value of $1 \cdot 10^{-6}$. For the exposed population (309,700 people) annual population cancer health risks ranged from 1 to 94.8 additional cases of possible occurrence of cancer. The results of this study revealed areas with

high levels of arsenic in drinking water and determined the exposed portion of population to recognize the implementation of measures for the mitigation of risks.

Key words: *groundwater; arsenic; drinking water; cancer health risks.*

For citation: 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. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(8): 743-746. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-743-746>

For correspondence: *Tamila O. Abdulmutalimova*, MD, PhD, DSci., Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: tamila4@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 20.10.16

Accepted: 16.01.17

Введение

Мышьяк наряду со свинцом, ртутью, кадмием и никелем входит в список наиболее токсичных микроэлементов и в перечень ВОЗ приоритетных токсиантов. Основная доля мышьяка поступает в организм человека с питьевой водой и продуктами питания. Особенности химического состава водовмещающих пород в различных странах мира послужили причиной повышенного содержания мышьяка в подземных водах, используемых для питьевого водоснабжения. На территориях, где население вынуждено использовать такую воду, проживает более 1,5 млрд человек. Это районы Америки (Аргентина, север Чили, Мексика, северо-западная часть США), Азии (Непал, Камбоджа, Бангладеш, Вьетнам, Китай, Тайвань, западная часть Индии), а также Венгрия и Румыния [1]. Повышенное содержание мышьяка в питьевой воде также отмечается во многих районах России – в Красноярском, Алтайском, Пермском, Ставропольском [2], Хабаровском краях, Республике Тува, Оренбургской [3], Саратовской, Архангельской, Вологодской, Омской, Свердловской, Челябинской, Магаданской, Пензенской и Иркутской областях [4, 5], а также в Республике Дагестан [6]. В ряде регионов были проведены эпидемиологические исследования с выявлением геохимических провинций и оценкой воздействия повышенных концентраций мышьяка на здоровье населения при пероральном поступлении в организм [7–9].

В северной части территории Республики Дагестан выявлена гидрогеохимическая провинция, где распространены пресные подземные воды, за счет которых обеспечивается питьевое водоснабжение населенных пунктов Кизлярского, Тарумовского, Бабаюртовского, Ногайского, частично Кизилюртовского, Кумторкалинского и Хасавюртовского районов. В этих районах питьевые артезианские воды содержат повышенные концентрации мышьяка природного происхождения в связи с особенностями геологического строения и проникновением в эксплуатационные водоносные пласты высокоминерализованных вод глубоких горизонтов, содержащих мышьяк [10].

Доказано, что при избыточном поступлении мышьяка происходит его кумуляция в тканях и органах, способствуя развитию предпатологических и патологических состояний, что подтверждено результатами эпидемиологических исследований, проведенных на территориях стран с мышьяковистыми гидрогеохимическими провинциями [11–15]. Обследование населения в Бангладеш, Индии, КНР и других странах позволило определить специфические для воздействия этого вещества заболевания, названные хроническими арсенозами, или арсеникозами [16–17]. В эндемичных провинциях ряда стран при арсенозе отмечаются поражения кожи в форме гиперкератоза, гиперпигментации, которые являются специфическими реакциями организма при хронической интоксикации даже малыми дозами мышьяка [18]. Распространенность заболеваний, как правило, возрастает с возрастом человека и определяется продолжительностью потребления загрязненной мышьяком воды.

В результате многих исследовательских работ, проведенных в эндемичных по мышьяку регионах, были выявлены и подтверждены канцерогенные свойства мышьяка и его соединений. Согласно данным Международного агентства по изучению рака (МАИР), мышьяк является доказанным человеческим канцерогеном и может стать причиной развития рака кожи, легких, печени, мочевого пузыря при длительном потреблении питьевой воды с повышенными концентрациями этого элемента [19].

По оценкам ВОЗ, 130 млн населения мира потребляют воду, содержащую свыше 0,05 мг/л мышьяка, что в 5 раз превышает принятый в РФ его нормативный уровень в питьевой воде 0,01 мг/л¹, который соответствует рекомендациям ВОЗ, Европейского Сообщества (ЕС), Агентства США по охране окружающей среды (USEPA) [20].

Задачей настоящей работы было ранжирование территории Северного Дагестана по уровню содержания мышьяка в питьевой воде, определение численности экспонированного населения, а также оценка индивидуальных и популяционных канцерогенных рисков для населения при использовании питьевой воды с содержанием мышьяка в разных концентрациях.

Материал и методы

На территории Северного Дагестана проведен анализ содержания мышьяка в питьевой воде 50 населенных пунктов (703 образца), расположенных на территории распространения мышьяковистой гидрогеохимической аномалии. Пробы отбирали из источников непосредственного водопотребления в районах исследований. Аналитические работы проводили согласно требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025–2006 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» на оборудовании аккредитованных лабораторий Дагестанского научного центра РАН. Для количественного определения мышьяка в анализируемых пробах использовали 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 [21].

Оценка рисков выполнена в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [22]. Индивидуальные пожизненные риски при канцерогенном воздействии мышьяка оценивали на основании информации о значениях среднесуточной дозы (LADD) и фактора канцерогенного потенциала для мышьяка при пероральном поступлении (SF_0) по формуле:

$$ICR = LADD \cdot SF_0,$$

где $SF_0 = 1,5 \text{ (мг/(кг} \cdot \text{сут))}^{-1}$. Среднесуточные дозы рассчитывали на основе установленных среднегодовых концентраций мышьяка.

Оценка канцерогенных рисков была проведена для различных популяционных групп, потребляющих питьевую воду с разным уровнем мышьяка. Популяционные канцерогенные риски за год рассчитывали как:

$$PCR = ICR \cdot N/70,$$

где ICR – индивидуальный канцерогенный риск; N – численность населения, подверженного воздействию канцерогена; 70 (лет) – средняя продолжительность жизни человека. При характеристике канцерогенного риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду, ориентировались на систему критериев приемлемости рисков [22].

¹ 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.

Таблица 1

Содержание мышьяка в артезианской питьевой воде и численность экспонированного населения

Район	Содержание мышьяка в питьевой воде, мг/л (ПДК 0,01 мг/л)	Численность экспонированного населения, тыс. человек	Доля от общей численности населения исследованных районов Северного Дагестана (309,7 тыс. человек), %
1	0,01–0,04	167 134	53,9
2	0,05–0,09	16 985	5,5
3	0,1–0,19	108 147	34,9
4	0,2–0,3	9023	2,9
5	0,4–0,5	8444	2,8

Результаты

Проведенный химический анализ воды показал, что практически во всех исследованных источниках водоснабжения средние концентрации мышьяка выходят за пределы норматива. Диапазон определяемых концентраций мышьяка колебался от 0,01 до 0,5 мг/л, в 97% пробах воды превышен гигиенический норматив 0,01 мг/л.

В зависимости от уровней загрязнения питьевой воды мышьяком территория гидрогеохимической провинции условно разделена на 5 районов: 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, 0,1–0,19, 0,2–0,3, 0,4–0,5 мг/л).

Превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) в 20 и более раз выявлено в 12 населенных пунктах с общей численностью населения 15,8 тыс. человек, что составляет 3% от общей численности населения исследованных населенных пунктов (на 01.01.2014 – 309,7 тыс. человек).

Более половины жителей (53,9%) исследованной территории используют воду с превышением нормативных величин мышьяка в воде до 5 раз, 5,5 % жителей – до 10 раз и почти 126 тыс. жителей (40,6%) используют воду с превышением ПДК в 10 и более раз (табл. 1).

Анализ водопотребления среди населения путем анкетирования показал, что 93% жителей исследуемых районов потребляют в среднем 2 л в сутки, что совпадает с рекомендуемым стандартным значением суточного потребления воды для расчета LADD) в течение жизни согласно Руководству 2.1.10.1920–04.

При расчете индивидуальных канцерогенных рисков по районам с указанными ранее диапазонами концентраций мышьяка устанавливали дополнительную вероятность развития злокачественных новообразований у индивидуума на всем протяжении жизни (табл. 2).

Оценка индивидуальных канцерогенных рисков от воздействия мышьяка в установленных концентрациях в пределах 0,01–0,5 мг/л при пероральном поступлении (2 л) на протяжении всей жизни (70 лет) позволила установить, что при минимальной концентрации мышьяка 0,01 мг/л LADD в течение жизни составит 0,0003 мг/(кг·сут), индивидуальный канцерогенный риск (ICR_{min}) – 4,3E-4.

При средней концентрации мышьяка (0,14 мг/л) LADD составит 0,004 мг/(кг·сут), а индивидуальный пожизненный канцерогенный риск ($ICR_{сред}$) – 6,0E-3; при максимальном уровне содержания мышьяка 0,5 мг/л его поступление возрастет до 0,014 мг/(кг·сут), а максимально экспонированный индивидуальный риск ICR_{max} увеличится в 3 раза до 2,1E-2.

Определение величин популяционных канцерогенных рисков для экспонированного населения по указанным районам и для популяции исследованных населенных пунктов Северного Дагестана в целом, отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, проводилось для 1 года (табл. 3).

Индивидуальные канцерогенные риски

Район	Концентрация As (C), мг/л			Индивидуальные канцерогенные риски, ICR		
	C_{min}	C_{max}	$C_{сред}$	ICR_{min}	ICR_{max}	$ICR_{сред}$
1	0,01	0,04	0,025	4,29E-04	1,71E-03	1,07E-03
2	0,05	0,09	0,07	2,14E-03	3,86E-03	3,00E-03
3	0,1	0,19	0,14	4,29E-03	8,14E-03	6,00E-03
4	0,2	0,3	0,25	8,57E-03	1,29E-02	1,07E-02
5	0,4	0,5	0,4	1,71E-02	2,14E-02	1,71E-02

Примечание. ICR_{min} – индивидуальный дополнительный канцерогенный риск при указанной минимальной концентрации мышьяка в питьевой воде; ICR_{max} – индивидуальный дополнительный канцерогенный риск при указанной максимальной концентрации мышьяка в питьевой воде; $ICR_{сред}$ – индивидуальный дополнительный канцерогенный риск при среднем значении содержания мышьяка в питьевой воде.

Канцерогенные риски для популяции численностью 8,4 тыс. человек, проживающей на территории с максимально зарегистрированной концентрацией мышьяка в питьевой воде (0,4–0,5 мг/л), составляют в среднем 2 дополнительных случая заболеваний в год; в популяции численностью 167,1 тыс. человек, на территории проживания которой содержание мышьяка отмечено в минимальных количествах (0,01–0,04 мг/л), средний популяционный канцерогенный риск составит 2,6 дополнительных ежегодных случаев заболеваний. Полученные результаты расчёта популяционных рисков позволяют выявить субпопуляции с высоким и низким уровнем риска.

Для субпопуляции численностью 108,1 тыс. человек, проживающей на территории с содержанием мышьяка в питьевой воде 0,1–0,19 мг/л, характерен наибольший популяционный канцерогенный риск (PCR), который составляет от 7 до 13 дополнительных случаев рака за год в данной популяции.

Низкие показатели канцерогенного риска от 5,2E-01 до 9,36E-01 характерны для субпопуляции численностью 16 985 человек, потребляющих питьевую воду с содержанием мышьяка 0,05–0,09 мг/л.

В экспонируемой популяции исследованных районов с общей численностью населения 309,7 тыс. человек при пероральном поступлении мышьяка в организм PCR в течение года составит от 2 дополнительных случаев (к фоновому уровню заболеваемости) при концентрации мышьяка 0,01 мг/л до 95 дополнительных случаев при максимальной концентрации 0,5 мг/л. Общий популяционный канцерогенный риск для населения исследуемых районов при средней концентрации мышьяка (0,19 мг/л) в питьевой воде составит 36 дополнительных случаев заболеваний в год.

Таблица 3

Популяционные годовые канцерогенные риски для экспонированного населения

Район	Концентрация (C) As, мг/л			Численность экспонируемой популяции, тыс. человек	Популяционные канцерогенные риски, PCR в год		
	C_{min}	C_{max}	$C_{сред}$		PCR_{min}	PCR_{max}	$PCR_{сред}$
1	0,01	0,04	0,025	167 134	1,02E+00	4,09E+00	2,56E+00
2	0,05	0,09	0,07	16 985	5,20E-01	9,36E-01	7,28E-01
3	0,1	0,19	0,14	108 147	6,62E+00	1,26E+01	9,27E+00
4	0,2	0,3	0,25	9023	1,10E+00	1,66E+00	1,38E+00
5	0,4	0,5	0,4	8444	2,07E+00	2,58E+00	2,07E+00

Примечание. PCR_{min} – минимальный канцерогенный риск в виде дополнительных (к фоновому) случаев рака в исследуемой популяции за год; PCR_{max} – максимальный популяционный канцерогенный риск за год; $PCR_{сред}$ – популяционный канцерогенный риск за год при среднем значении мышьяка в питьевой воде.

Расчёт канцерогенных рисков показал, что исследованные питьевые воды в гидрогеохимической провинции на территории Северного Дагестана при условии их постоянного длительного использования формируют высокие уровни канцерогенного риска для здоровья населения.

Таким образом, высокие концентрации мышьяка в питьевых водах артезианского бассейна обуславливают высокие риски развития 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 в хозяйственно-бытовых целях.

Выводы

1. Численность населения исследованных населенных пунктов северной части Республики Дагестан, использующего подземную воду с превышенным нормативным уровнем мышьяка (0,01 мг/л), достигает 309,7 тыс. человек.

2. Концентрации мышьяка колеблются в пределах 0,01–0,5 мг/л, в 97% проб воды превышен гигиенический норматив 0,01 мг/л. Превышение ПДК в 20 и более раз выявлено в 12 населенных пунктах с общей численностью населения 15,8 тыс. человек.

3. 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 0,14 мг/л – 6,0E-3.

4. При сохраняющихся условиях экспозиции (содержание мышьяка в питьевой воде 0,01–0,5 мг/л) популяционные риски для экспонированного населения численностью 309,7 тыс. человек при наиболее высоких концентрациях (0,4–0,5 мг/л) составят от 2 до 95 дополнительных случаев рака в год, при средней концентрации мышьяка (0,19 мг/л) – 36 дополнительных случаев заболеваний в год.

5. В населенных пунктах, использующих воду с повышенным содержанием мышьяка, необходимо вести систематические наблюдения за содержанием мышьяка в питьевых водах, информировать население о состоянии питьевой воды и возможных рисках для здоровья, повышать квалификацию медицинских работников по ранней диагностике клинических проявлений заболеваний, вызванных хронической интоксикацией мышьяком, проводить профилактические медосмотры населения (в первую очередь групп повышенного риска).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 1, 12–19 см. References)

- Четверикова А.В. Какую воду пьют жители юга России? *Природа*. 2012; (4): 39–43.
- Голубкина Н.А., Бурцева Т.И., Гаценко А.Ю. Показатели качества воды Оренбургской области. *Гигиена и санитария*. 2011; 90 (1): 70–4.
- Информационный бюллетень о состоянии недр Северо-Кавказского федерального округа в 2013 году. Available at: <http://www.south-geomon.ru>
- Безгодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (2): 15–9.
- Курбанова Л.М., Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Абдулмуталимова Т.О. Мышьяк в подземных водах Северо-Дагестанского артезианского бассейна. *Геохимия*. 2013; (3): 262–4.
- Ширяева И.А. Оценка влияния природных геохимических провинций Пермского края на качество питьевых вод и формирование канцерогенного риска для здоровья населения. *Здоровье семьи – 21 век*. 2013; (3): 13.
- Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2014; 93 (3): 5–10.
- Клейн С.В., Вековшинина С.А., Сбоев А.С. Приоритетные факторы риска питьевой воды и связанный с этим экономический ущерб. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (1): 10–4.

- Курбанов М.К. *Северо-Дагестанский артезианский бассейн*. Махачкала: Дагкнигиздат; 1969.
- Музахидул И. *Гигиеническая оценка распространенности мышьяка в воде и продуктах питания и его влияние на здоровье населения республики Бангладеш (область Газипур)*: Дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2012.
- Рахманян Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы. *Гигиена и санитария*. 2014; 93 (2): 5–17.
- Шабанова З.Э., Каймарзов А.Г., Абдулмуталимова Т.О. Методические аспекты определения мышьяка в подземных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии. В кн.: *Материалы III Школы молодых ученых им. Э.Э. Шпилрейна. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов*. Махачкала; 2010.
- Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2004.

References

- Nordstrom D.K. Public health. Worldwide occurrences of arsenic in ground water. *Science*. 2002; 296: 2143–5.
- Chetvertikova A.V. What water do the population of the south of Russia drink? *Priroda*. 2012; (4): 39–43. (in Russian)
- Golubkina N.A., Burtseva T.I., Gatsenko A.Yu. Water quality indices in the Orenburg Region. *Gigiena i sanitariya*. 2011; 90 (1): 70–4. (in Russian)
- Newsletter about the state of the bowels of the North Caucasus Federal District in 2013. Available at: <http://www.south-geomon.ru> (in Russian)
- Bezgodov I.V., Efimova N.V., Kuz'mina M.V. Assessment of the quality of drinking water and risk for the population's health in rural territories in the Irkutsk region. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94 (2): 15–9. (in Russian)
- Kurbanova L.M., Samedov Sh.G., Gazaliev I.M., Abdulmutalimova T.O. Arsenic in groundwater of the North Dagestan Artesian Basin. *Geokhimiya*. 2013; (3): 262–4. (in Russian)
- Shiryayeva I.A. Assessing the impact of natural geochemical provinces of Perm Region on the quality of drinking water and the formation of carcinogenic risk to public health. *Zdorov'e sem'i – 21 vek*. 2013; (3): 13. (in Russian)
- Kon'shina L.G., Lezhnin V.L. Evaluation of the quality of drinking water and public health risk. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93 (3): 5–10. (in Russian)
- Kleyn S.V., Vekovshinina S.A., Sboev A.S. Priority of drinking water hazards and the associated economic damage. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95 (1): 10–4. (in Russian)
- Kurbanov M.K. The North-Dagestan Artesian Basin [Severo-Dagestanskiy artezianskiy basseyn]. Makhachkala: Dagknigizdat; 1969. (in Russian)
- Muzahidul I. *Hygienic assessment of the prevalence of arsenic in water and food and its impact on the health of the population of Bangladesh (Gazipur area)*: Diss. Moscow; 2012. (in Russian)
- Naujokas M.F., Anderson B., Ahsan H., Aposhian H.V., Graziano J.H., Thompson C. et al. The Broad Scope of Health Effects from Chronic Arsenic Exposure: Update on a Worldwide Public Health Problem. *Environ. Health Perspect.* 2013; 121 (2): 295–302.
- Navoni J.A., De Pietri D., Olmos V., Gimenez C., Bovi Mitre G., de Titto E. et al. Human health risk assessment with spatial analysis: Study of a population chronically exposed to arsenic through drinking water from Argentina. *Sci. Total. Environ.* 2014; 499: 166–74.
- Hughes M.F., Beck B.D., Chen Y., Lewis A.S., Thomas D.J. Arsenic exposure and toxicology: a historical perspective. *Toxicol. Sci.* 2011; 123: 305–32.
- Huang L., Wu H., van der Kuijp T.J. The health effects of exposure to arsenic-contaminated drinking water: a review by global geographical distribution. *Int. J. Environ. Health Res.* 2014; 3: 1–21.
- Das N.K., Sengupta S.R. Arsenicosis: Diagnosis and treatment *Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol.* 2008; 74 (6): 571–81.
- Sengupta S.R., Das N.K., Datta P.K. Pathogenesis, clinical features and pathology of chronic arsenicosis. *Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol.* 2008; 74 (6): 559–70.
- Haque R., Mazumder D.N., Samanta S., Ghosh N., Kalman D., Smith M. et al. Arsenic in Drinking Water and Skin Lesions: Dose-Response Data from West Bengal, India. *Epidemiology*. 2003; 14 (2): 174–82.
- Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO; 2011.
- Rakhmanin Yu.A., Krasovskiy G.N., Egorova N.A., Mikhaylova R.I. 100 years of legislative regulation of the quality of drinking water. Retrospective, current status and perspective. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93 (2): 5–17. (in Russian)
- Shabanova Z.E., Kaymarzov A.G., Abdulmutalimova T.O. The methodical aspects of arsenic determination in groundwater by atomic-absorption spectrometry. In: *Materials of Spilrain's III School of Young Scientists. Actual problems of development of renewable energy resources [Materialy III Shkoly molodykh uchemykh im. E.E. Shpil'rayna. Aktual'nye problemy osvoeniya vobnovlyayemykh energoresursov]*. Makhachkala; 2010.
- Guidance of human health risk assessment from environmental chemicals. Moscow; 2004.