

УДК 612.014.461/.462:911.373(571.61)

DOI: 10.12737/article\_58e45af0046c22.12950196

**ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКА, СВЯЗАННОГО С ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ РАЙОНАХ ЮГА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ****А.А.Попов***Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и природопользования  
Дальневосточного отделения Российской академии наук, 675000, г. Благовещенск, пер. Релочный, 1***РЕЗЮМЕ**

В данной статье рассмотрены вопросы влияния химических элементов питьевой воды на здоровье населения сельских районов юга Амурской области. Подземные воды из Зейско-Буреинского артезианского бассейна, используемые для хозяйственно-питьевых нужд, являются основным источником водоснабжения этих районов и поэтому были выбраны как объект исследования. С этой целью было изучено содержание химических веществ в образцах воды, отобранных из 361 скважины в 167 сельских населенных пунктах. При проведении оценки риска воздействия на здоровье химических элементов основным сценарием проникновения в организм этих веществ был выбран пероральный путь. Оценивался токсический и канцерогенный риск для здоровья. Установлено, что на большей части исследуемого района на уровне концентраций геохимического фона значения индивидуальных коэффициентов опасности (HQi) химических веществ питьевой воды не превышают верхней границы безопасных значений. Уровень индивидуальных канцерогенных рисков (CRi) этих веществ в питьевой воде не превышает величину допустимых рисков  $1 \cdot 10^{-6}$  –  $1 \cdot 10^{-5}$  для населенных мест России. В тоже время, в населенных пунктах в пределах ограниченной территории на узкой прибрежной полосе шириной примерно около 10 км вдоль левого берега реки Амур и правого берега реки Зeya отмечается высокая вероятность развития токсических эффектов от действия мышьяка, содержащегося в питьевой воде (HQi от 0,4 до 3,8). В этих же населенных пунктах рассчитанные индивидуальные канцерогенные риски мышьяка (CRi от  $0,1 \cdot 10^{-3}$  до  $0,7 \cdot 10^{-3}$ ), превышают допустимое значение. Таким образом, на основной территории сельских районов юга Амурской области отсутствует потенциальный риск развития токсических и канцерогенных эффектов от природных химических элементов питьевой воды. А в пределах прибрежных районов рек Амур и Зeya имеются зоны гидрохимической аномалии мышьяка, где токсический и канцерогенный риск из-за его повышенных концентраций представляется настораживающим.

*Ключевые слова: оценка риска здоровью, питьевая вода, Зейско-Буреинский артезианский бассейн, мышьяк.*

**SUMMARY****CHARACTERISTICS OF RISK, CAUSED BY CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING****WATER, TO THE PUBLIC HEALTH IN THE RURAL AREAS OF THE SOUTHERN AMUR REGION****A.A.Popov***Institute of Geology and Nature Management of Far East  
Branch RAS, 1 Relochny Lane, Blagoveshchensk,  
675000, Russian Federation*

This article features the issues concerning the impact of chemical elements in drinking water on the human health in the rural areas located in the south of the Amur Region. Ground waters from the Zeya-Bureya artesian basin used for the domestic and drinking purposes are the main source of water supply in these areas and, thus, are selected as the object of the study. For this purpose the content of chemical elements in water samples collected from 361 wells located in 167 settlements has been studied. Health risk factors assessment from chemical elements was carried out. The main scenario of penetration of these substances into the human organism was selected a peroral way, i.e. when consuming water for drinking. Toxic and cancerogenic risk to health was assessed. It was established that within the major part of the study area the values of the individual hazard quotients (HQi) for chemical elements in drinking water at the geochemical background level do not exceed the upper limit of the safe level. The values of individual cancerogenic risks of chemical elements in drinking water do not exceed those for the permissible risks (ranging from  $1 \cdot 10^{-6}$  –  $1 \cdot 10^{-5}$ ) for the populated areas in Russia. At the same time, in the villages located within the limited area of the narrow riverside strip about 10 km wide along the left bank of the Amur river and the right bank of the Zeya river there was observed a high probability of toxic effects from arsenic contained in drinking water (HQi from 0.4 to 3.8). The values of individual cancerogenic risks from arsenic exposure (CRi from  $0.1 \cdot 10^{-3}$  to  $0.7 \cdot 10^{-3}$ ) calculated for these villages exceeded the permissible value. Thus, on the main territory of the rural areas of the Amur Region south there is no potential risk for development of both toxic and cancerogenic effects from environmental chemical elements contained in drinking water. But, within the riverside areas of the Amur and Zeya rivers there are some zones of hydrochemical arsenic anomaly where the toxic and cancerogenic risk due to its higher concentrations is regarded as quite alarming.

*Key words: health risk assessment, drinking water, Zeya-Bureya artesian basin, arsenic.*

Одним из важных факторов, определяющих здоровье и качества жизни населения, является питьевая вода. По данным государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году» доля жителей сельских поселений, обеспеченных водой гарантированного качества, составляет менее 19%. Неудовлетворительное качество воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории Российской Федерации является вторым по значимости неблагоприятным фактором среды обитания [2]. В 2016 году был опубликован анализ многомерных данных об уровнях социально-экономического развития регионов Российской Федерации за 2013-2015 гг. [3]. Его результаты свидетельствуют о том, что Амурская область входит в число регионов санитарно-эпидемиологического благополучия с низким уровнем социально-экономического развития. Он характеризуется высоким уровнем общей заболеваемости населения, связанной с негативными факторами среды обитания. В связи с этим, повышенный интерес должен принадлежать изучению природного химического состава питьевых вод, как важного фактора внешней среды, оказывающего влияние на здоровье населения, проживающего в сельских районах Амурской области.

Гидрогеологами Института геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск) на протяжении длительного периода проводились многоплановые исследования по изучению различных аспектов формирования подземных вод Зейско-Буреинского артезианского бассейна. Одним из направлений этих исследований было изучение состава питьевых вод, который отражает гидрохимические особенности подземной гидросферы. Результатом этих работ явилось создание представительной базы данных химических элементов подземных вод. Были определены химический состав подземных вод и геохимическая зональность [7], установлены локальные геохимические аномалии, которые являются следствием геологоструктурных особенностей региона [8]. Дана оценка содержания химических элементов в питьевой воде на соответствие существующим гигиеническим нормативам [6]. Установлено, что основными элементами, снижающими качество подземных вод, являются ионы железа и марганца, которые широко распространены на территории южных районов в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). Кроме того, отмечено превышение ПДК для ряда химических элементов, таких как литий, бериллий, мышьяк. Непреложным выводом является то, что это элементы природного происхождения и присутствие их в воде обусловлено геолого-гидрогеологическими особенностями территории.

Системы оценки качества воды по принципу ее «соответствия – несоответствия» гигиеническим нормативам, по мнению авторов [1, 4, 13], не представляются корректными в современных условиях. На смену им внедряется более эффективная, отвечающая современ-

ным требованиям система интегральной оценки качественных и количественных характеристик вредных эффектов для здоровья населения, основанная на методологии оценки рисков.

Цель исследования – оценка рисков воздействия химических элементов питьевой воды (Зейско-Буреинский артезианский бассейн) на здоровье населения сельских районов юга Амурской области.

#### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований были выбраны подземные воды Зейско-Буреинского артезианского бассейна, применяемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения сельских районов южной части области. Для решения поставленной задачи использовались базы геохимических данных Института геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск). Изучено содержание химических веществ в образцах воды, отобранных из 361 скважины в 167 сельских населенных пунктах.

Оценка риска выполнена в соответствии с положениями «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [5], и с учетом международных рекомендаций Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [13]. В априорной модели оценки риска для здоровья химических загрязнителей питьевых вод основным сценарием проникновения в организм этих веществ был выбран пероральный путь. Количественная характеристика токсических рисков выполнена на основе индивидуальных коэффициентов опасности ( $HQ_i$ ) химических веществ с применением расчетов их среднесуточных поглощенных доз (ADD) и референтных (безопасных) доз (RfD). Оценка канцерогенных эффектов проводилась по уровням индивидуального канцерогенного (CRi) риска, основываясь на учете среднесуточной дозы в течение всей жизни (LADD) и фактора канцерогенного потенциала вещества (CPFo). Значения канцерогенного и токсического рисков рассчитаны для концентраций элементов геохимического фона на уровне медианы (ME), верхнего предела доверительного интервала (Pers90) и аномальных значений ( $C_{max}$ ).

Значения  $HQ_i$  менее 0,1 и CRi менее  $1,0 \times 10^{-6}$  рассматривались как минимальные уровни риска. За допустимый уровень токсических рисков принимались значения  $HQ_i$  в диапазоне от 0,11 до 1,0, а значения больше 1,0 рассматривались в качестве высокой вероятности развития токсических эффектов. Для канцерогенных рисков допустимым уровнем являлось значение в диапазоне от  $1,0 \times 10^{-6}$  до  $1,0 \times 10^{-4}$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Хозяйственно-питьевое водоснабжение этой территории осуществляется за счет подземных вод южной части Зейско-Буреинского артезианского бассейна. Проведенный анализ показал, что на большей части района исследований распространены слабо минерализованные воды со степенью минерализацией от 0,2 до 0,7 г/л. По ионному составу это преимущественно

гидрокарбонатно-натриевые, реже – гидрокарбонатно-калиевые воды. Из установленных 60 микроэлементов, присутствующих в подземных водах, 22 химических

вещества представляют собой типичные компоненты загрязнения (табл. 1).

Таблица 1

**Химические элементы подземных вод, потенциально опасные для здоровья (распространенные в пределах Зейско-Бурейского артезианского бассейна)**

№п/п	CAS	Элемент	ПДК, (мкг/л)	RfD, мкг/кг	Содержание (мкг/л)		
					МЕ	Pers <sub>90</sub>	C <sub>max</sub>
<i>Загрязнители питьевой воды, принятые ВОЗ в качестве приоритетных [13]</i>							
1	7440-38-2	Мышьяк (As)*	10	0,3	0,2	1,2	1,8
2	7782-49-2	Селен (Se)	10	5	0,4	1,7	4,0
3	14797-55-8	Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50000	1600	1700	16900	4300
<i>1 класс** – чрезвычайно опасные</i>							
4	7440-41-7	Бериллий (Be)*	0,2	2	0,02	0,1	0,2
<i>2 класс – высоко опасные</i>							
5	7440-39-3	Барий (Ba)	700	70	39,2	169,6	576,1
6	7440-42-8	Бор (B)	500	200	18,1	82,5	406,2
7	7440-62-2	Ванадий (V)	100	7	0,2	0,9	2,2
8	7440-33-7	Вольфрам (W)	50	2,5	0,2	2,9	12,1
9	7440-43-9	Кадмий (Cd)*	1	0,5	0,02	0,1	0,2
10	7440-48-4	Кобальт (Co)*	100	20	0,1	0,9	8,8
11	14307-35-8	Литий (Li)	30	20	26,5	55,3	327,5
12	7440-02-0	Никель (Ni)*	20	20	0,6	4,8	16,9
13	7439-92-1	Свинец (Pb)*	10	3,5	0,3	1,3	4,8
14	7440-36-0	Сурьма (Sb)	5	0,4	0,04	0,2	1,6
15	13494-80-9	Теллур (Te)	10	0,5	0,1	0,8	0,9
16	7440-24-6	Стронций (Sr)	7000	600	79,7	275,0	653,1
<i>3 класс – умеренно опасные</i>							
17	7440-32-6	Титан (Ti)	100	4000	0,9	6,4	79,9
18	7440-47-3	Хром (Cr)*	50	5	1,7	4,1	11,7
19	7440-66-6	Цинк (Zn)	1000	300	14,9	49,5	448,1
<i>4 класс – органолептического действия</i>							
20	7439-89-6	Железо (Fe)	300	300	470,3	5454,1	29370,0
21	7439-96-5	Марганец (Mn)	100	100	34,1	396,2	820,425
22	7429-90-5	Алюминий Al	500	200	17,2	97,1	216,9

*Примечание:* \* – канцерогены [5]; \*\* – класс опасности установлен в соответствии с ГН 2.1.5.689-98 (Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. М: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 2003. 284 с.).

Важным моментом является то, что высокие значения содержания мышьяка установлены только на ограниченной территории геохимической аномалии и не характерны для фонового химического состава подземных вод артезианского бассейна. По этой причине они были исключены из расчетов, характеризующих воды артезианского бассейна в целом, и были рассмотрены отдельно (табл. 2).

Оценка рисков токсического действия химических элементов на здоровье населения проводилась на ос-

новании расчета индивидуальных коэффициентов опасности (HQi). Установлено, что в концентрациях на уровне гидрохимического фона (МЕ) все отмеченные химические элементы обладают минимальным токсическим действием (HQi<0,1) и не представляют существенной опасности для здоровья. Концентрации лития в ряде случаев превышают ПДК, однако во всем диапазоне выявленных концентраций его токсическое влияние незначительно (HQi<1). Высокая вероятность риска токсических эффектов установлена для железа

( $HQ_i > 1$ ) в зоне аномальных концентраций (от 5455 до 29570 мкг/л). Но вероятность риска токсического воздействия железа в этом случае, возможно, все-таки следует исключить по следующим основаниям. В рекомендациях ВОЗ [13] указано, что железо и марганец относятся к веществам, обладающим эффектом приемлемости, который заключается в том, что вещества, причиняющие вред здоровью, изменяют вкус, запах или внешний вид питьевой воды. Это, как правило, приводят к отказу от нее даже при концентрациях значительно ниже, чем предполагаемое вредное воздействие этих элементов на здоровье. Для железа порог приемлемости установлен на уровне 300 мкг/л, для марганца – 100 мкг/л. При концентрациях выше этих значений вода становится непригодной для питья по эстетическим причинам (неприятный вкус, цвет, наличие осадка). В соответствии с этими же рекомендациями ВОЗ минимальные безопасные концентрации указанных элементов составляют: для железа – 2000 мкг/л, марганца – 400 мкг/л. При этом отмечается, что вода становится непригодной для питья по органолептическим причинам при параметрах, существенно ниже этих значений. Поэтому, по мнению ВОЗ, железо и марганец, содержащиеся в питьевой воде в высоких концентрациях, не оказывают вред здоровью. В тоже время, эти элементы следует рассматривать в качестве приоритетных загрязнителей питьевых вод, носящих характер опосредованного риска для здоровья. Такие факторы, как изменение вкуса, запаха или внешнего вида питьевой воды могут побудить некоторых потребителей искать другие источники водоснабжения, которые могут оказаться небезопасными по микробиологическим показателям, что свидетель-

ствует об увеличении риска возникновения инфекционных заболеваний, передаваемых питьевой водой [12].

В подземных водах бассейна присутствует ряд веществ, обладающих доказанным канцерогенным действием (табл. 1). В результате выполненных расчетов установлено, что индивидуальные канцерогенные риски для большинства химических элементов в питьевой воде бассейна находятся на минимальном уровне ( $CR_i < 10^{-6}$ ), а для бериллия и свинца не превышают допустимого уровня ( $CR_i < 10^{-5}$ ) для населенных мест России [5].

В качестве исключения, особого внимания требует рассмотрение содержания мышьяка, связанного с особенностью его распределения в подземных водах исследуемой территории. Этот элемент в форме неорганических соединений довольно широко распространен в подземных водах Зейско-Буреинского бассейна. На большей его части мышьяк содержится в достаточно низких концентрациях (табл. 1), что не оказывает какого-либо вреда здоровью населения. В тоже время, на узкой прибрежной полосе шириной примерно 10 км вдоль левого берега реки Амур и правого берега реки Зeya этот элемент наблюдается в подземных водах в высоких концентрациях, и это расценивается как гидрохимическая природная аномалия. В пределах данной аномалии загрязненные мышьяком питьевые воды встречаются в отдельных скважинах некоторых сельских населенных пунктов в следующих административных районах юга Амурской области (табл. 2): Благовещенском (БЛГ), Тамбовском (ТАМ), Константиновском (КО), Архаринском (АРХ).

Таблица 2

**Индивидуальные коэффициенты опасности (HQi) и канцерогенные риски (CRi), обусловленные загрязнением мышьяком питьевой воды в прибрежных районах рек Амур и Зeya**

№ п/п	Населенные пункты	Район	C <sub>i</sub> , (мкг/л)	Индивидуальные риски			
				Токсические		Канцерогенные	
				ADD, мкг/кгхсут	HQ <sub>i</sub>	LADD, мкг/кгхсут	CR <sub>i</sub>
1	Гродеково	БЛГ	41,2	1,13	3,8	0,48	$0,7 \cdot 10^{-3}$
2	Сергеевка	БЛГ	26,9	0,74	2,5	0,32	$0,5 \cdot 10^{-3}$
3	Касаткино	АРХ	17,1	0,47	1,6	0,20	$0,3 \cdot 10^{-3}$
4	Ленинское	АРХ	12,9	0,36	1,2	0,15	$0,2 \cdot 10^{-3}$
5	Новопетровка	БЛГ	10,8	0,30	1,0	0,13	$0,2 \cdot 10^{-3}$
6	Семидомка	КО	8,4	0,23	0,8	0,10	$0,2 \cdot 10^{-3}$
7	Кани-Курган	БЛГ	7,8	0,21	0,7	0,09	$0,1 \cdot 10^{-3}$
8	Резуновка	ТАМ	6,5	0,18	0,6	0,08	$0,1 \cdot 10^{-3}$
9	Егорьевка	БЛГ	5,8	0,16	0,5	0,07	$0,1 \cdot 10^{-3}$
12	Михайловка	БЛГ	5,7	0,16	0,5	0,07	$0,1 \cdot 10^{-3}$
11	Новый	БЛГ	5,3	0,14	0,5	0,06	$0,9 \cdot 10^{-4}$
12	Новотроицкое	БЛГ	4,4	0,12	0,4	0,05	$0,8 \cdot 10^{-4}$

Следует отметить, что в материалах, по которым проводился ретроспективный анализ содержания микроэлементов, отсутствовали данные о наличии в этих населенных пунктах других источников водоснабжения и их состояние, что несколько снижает валидность проведенного исследования. Выполненные расчеты показывают (табл. 2), что в пяти селах (Гродеково, Сергеевка, Касаткино, Ленинское, Новопетровка) у населения имеется высокая вероятность развития токсических эффектов от действия мышьяка, содержащегося в питьевой воде ( $HQ_i$  от 1,2 до 3,8). Наибольший риск токсического поражения установлен в селе Гродеково ( $HQ_i=3,8$ ). В остальных населенных пунктах, указанных в таблице 2, риск развития токсических эффектов был повышен, но оставался на допустимом уровне ( $HQ_i$  от 0,4 до 0,8). В поселке Новый и селе Новотроицкое Благовещенского района канцерогенные риски, обусловленные содержанием мышьяка в питьевой воде, находятся на верхней границе допустимого значения ( $0,8 \cdot 10^{-4} - 0,9 \cdot 10^{-4}$ ). Что касается остальных населенных пунктов прибрежных районов рек Амура и Зеи (табл. 2), то там канцерогенный риск установлен на уровне ( $CR_i$  от  $0,1 \cdot 10^{-3}$  до  $0,7 \cdot 10^{-3}$ ), который считается неприемлемым для сохранения здоровья населения [5]. Следует подчеркнуть, что эпидемиологические данные о бремени болезней, связанных с содержанием мышьяка в питьевой воде, потребляемой населением данной территории, отсутствуют. Но в тоже время, существует достаточно доказательств, что мышьяк из питьевой воды является причиной возникновения рака мочевого пузыря, легких и кожи [10], поражения центральной нервной, гормональной и иммунной систем [13]. Мышьяк является сильным легочным токсикантом неингаляционного действия [9]. Употребление воды, загрязненной мышьяком, является причиной возникновения заболеваний легких, включая нарушение функции дыхания, онкологические поражения легких, бронхоэктатическую болезнь. Действие мышьяка через питьевую воду на организм детей в раннем возрасте или в утробе матери может привести к возникновению легочной патологии и это ведет к значительному увеличению смертности среди лиц молодого возраста от рака и бронхоэктатической болезни [11].

### Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, на основной территории сельских районов юга Амурской области отсутствует потенциальный риск развития токсических и канцерогенных эффектов для здоровья от природных химических элементов питьевой воды.

Несомненно, следует согласиться с мнением экспертов ВОЗ, которые утверждают, что железо и марганец, содержащиеся в питьевой воде, не оказывают прямого воздействия на здоровье. В тоже время, эти элементы следует рассматривать в качестве приоритетных загрязнителей питьевых вод, которые являются фактором опосредованного риска для здоровья. Такие эффекты присутствия этих элементов, как изменение

вкуса, запаха или внешнего вида питьевой воды, могут побудить некоторых потребителей искать другие источники водоснабжения, но которые могут оказаться небезопасными по микробиологическим показателям. Это влечет за собой увеличение риска возникновения инфекционных заболеваний, передаваемых питьевой водой.

На территории прибрежных районов рек Амура и Зеи имеются зоны гидрохимической аномалии мышьяка, где токсический и канцерогенный риск из-за его повышенных концентраций является настораживающим. Следовательно, требуется проведение определенных мероприятий для снижения рисков здоровью населения. Для решения этой проблемы наиболее важным является организация в этом районе углубленных гидрогеологических и санитарно-эпидемиологических исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Авалиани С.Л., Безпалько Л.Е., Бобкова Т.Е., Мишина А.Л. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России // Гигиена и санитария. 2013. №1. С.33–35.
2. Клейн С.В., Вековщина С.А., Сбоев А.С. Приоритетные факторы риска питьевой воды и связанный с этим экономический ущерб // Гигиена и санитария. 2016. Т.95, №1. С.10–14. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-10-14.
3. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В., Андреева Е.Е. Кластерная систематизация параметров санитарно-эпидемиологического благополучия населения регионов Российской Федерации и городов федерального значения // Анализ риска здоровью. 2016. №1(13). С.4–14.
4. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. 2015. Т.94, №3. С.5–9.
5. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: ФЦ Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
6. Сорокина А.Т., Попов А.А., Курганова О.П. Медико-социальные аспекты природопользования. Качество питьевых вод (на примере южных районов Амурской области) // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2013. Вып.47. С.15–19.
7. Сорокина А.Т., Попов А.А. Природный гидрохимический фон питьевых подземных вод южных районов Амурской области // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2007. Вып. 25. С.97–98.
8. Сорокина А.Т., Попов А.А. Гидрохимическая зональность южной части Зейско-Буреинского артезианского бассейна как отражение его структурно-тектонической неоднородности // Гидрогеохимия осадочных бассейнов: труды российской научной конференции. Томск: Изд-во НТЛ, 2007. С. 141–147.
9. Guha Mazumder D.N. Arsenic and non-malignant lung disease // J. Environ. Sci. Health. A. Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng. 2007. Vol.42, №12. P.1859–1867.

10. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, Including Arsenic // IARC Monogr. Eval. Carcinogen Risks Hum. 2004. Vol.84. P.1–19.

11. Smith A.H., Marshall G., Yuan Y., Ferreccio C., Liaw J., von Ehrenstein O., Steinmaus C., Bates M.N., Selvin S. Increased mortality from lung cancer and bronchiectasis in young adults after exposure to arsenic in utero and in early childhood // Environ. Health Perspect. 2006. Vol.114, №8. P.1293–1296.

12. Thompson T., Fawell J., Kunikane S., Jackson, D., Appleyard S., Callan, P., Bartram J., Kingston P. Chemical safety of drinking-water: assessing priorities for risk management. Geneva: WHO, 2007. URL: <http://www.ir-cwash.org/sites/default/files/WHO-2007-Chemical.pdf>.

13. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality. Fourth edition. 2011. Geneva: WHO. URL: [apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf).

REFERENCES

1. Avaliani S.L., Bezpalko L.E., Bobkova I.E., Mishina A. L. The perspective directions of development of methodology of the analysis of risk in Russia. *Gigiena i sanitariya* 2013; 92(1):33–35 (in Russian).

2. Klein S.V., Vekovshina S.A., Sboev A.S. Priority risk factors of drinking water and the related with it economical loss. *Gigiena i sanitariya* 2016; 95(1):10–14. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-10-14 (in Russian).

3. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., May I.V., Andreeva E.E. Cluster systematization of the parameters of sanitary and epidemiological welfare of the population in the regions of the Russian federation and the federal cities. *Analiz riska zdorov'yu* 2016; 13:4–14 (in Russian).

4. Onishchenko G.G. Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of Public health. *Gigiena i sanitariya* 2015; 94(3):5–9 (in Russian).

5. Human health risk assessment from environmental chemicals. Guidelines. Moscow: Federal Center of State

Sanitary Epidemiological Supervision of Russian Ministry of Health; 2004 (in Russian).

6. Sorokina A.T., Popov A.A., Kurganova O.P. Medical and social aspects of nature management. The quality of drinking-water (the case of southern areas of the Amur region). *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2013; 47:15–19 (in Russian).

7. Sorokina A.T., Popov A.A. Natural hydrochemical background of potable underground waters in the southern areas of the Amur region. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2007; 25:97–98 (in Russian).

8. Sorokina A.T., Popov A.A. Hydrochemical zoning of the southern part of the Zeya-Bureya artesian basin as a reflection of its structural and tectonic inhomogeneity. In: Hydrogeochemistry of sedimentary basins: Proceedings of the Russian scientific conference. Tomsk; 2007: 141–147 (in Russian).

9. Guha Mazumder D.N. Arsenic and non-malignant lung disease. *J. Environ. Sci. Health. A. Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 2007; 42(12):1859–1867.

10. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, Including Arsenic. *IARC Monogr. Eval. Carcinogen Risks Hum.* 2004; 84:1–19.

11. Smith A.H., Marshall G., Yuan Y., Ferreccio C., Liaw J., von Ehrenstein O., Steinmaus C., Bates M.N., Selvin S. Increased mortality from lung cancer and bronchiectasis in young adults after exposure to arsenic in utero and in early childhood. *Environ. Health Perspect.* 2006; 114(8):1293–1296.

12. Thompson T., Fawell J., Kunikane S., Jackson D., Appleyard S., Callan P., Bartram J., Kingston P. Chemical safety of drinking-water: assessing priorities for risk management. Geneva: WHO; 2007. Available at: <http://www.ir-cwash.org/sites/default/files/WHO-2007-Chemical.pdf>.

13. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality. Fourth edition. Geneva: WHO; 2011. Available at: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf)

Поступила 07.02.2017

Контактная информация  
Александр Андреевич Попов,  
инженер,

Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН,  
675000, г. Благовещенск, пер. Речной, 1.

E-mail: [aqua@ascnet.ru](mailto:aqua@ascnet.ru)

Correspondence should be addressed to

Aleksandr A. Popov,  
Engineer,

Institute of Geology and Nature Management of Far Eastern Branch RAS,  
1 Relochniy Lane, Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation.

E-mail: [aqua@ascnet.ru](mailto:aqua@ascnet.ru)