

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОСТРОВА РУССКИЙ

В.Д. Богданова<sup>1,2</sup>, П.Ф. Кикю<sup>1</sup>, Л.В. Кислицына<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Школа биомедицины Дальневосточного федерального университета, Россия, 690922, о. Русский, пос. Аякс, кампус ДВФУ, корп. 25

<sup>2</sup>Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае, Россия, 690091, г. Владивосток, ул. Уткинская, 36

---

*Одним из ведущих эколого-гигиенических факторов влияния на здоровье населения является питьевая вода из-за присутствия в ней химических веществ как природного, так и антропогенного происхождения. Проведена гигиеническая оценка качества водоснабжения о. Русский (Приморский край) по 33 санитарно-химическим и трем микробиологическим показателям на трех этапах: из подземных источников (120 проб), на водонасосных станциях (138 проб) и из распределительной сети (204 пробы) за 2017–2019 гг.*

*Первый этап гигиенической оценки питьевой воды проведен с использованием методических указаний ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана «Оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения» (МР 2.1.4-2370-08). Второй этап, включающий расчет рефлекторно-ольфакторного, хронического неканцерогенного и канцерогенного эффектов воздействия, проведен с использованием интегральной оценки питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности (МР 2.1.4.0032-11). Установлено, что наиболее высокий вклад в санитарно-эпидемиологическое неблагополучие систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения вносит ухудшение качества воды по микробиологическим и органолептическим показателям в процессе ее транспортировки. Выявлено превышение допустимого уровня приемлемого неканцерогенного риска и ольфакторно-рефлекторных эффектов воздействия. Анализ показал, что приоритетными факторами, определяющими неблагополучие качества питьевой воды, являются показатели физиологической неполноценности, содержание соединений железа и мутность. Химический состав питьевой воды не представляет значимой угрозы здоровью населения, однако требуется реконструкция водопроводных систем и коррекция недостатка макро- и микроэлементов в питьевой воде за счет дополнительных источников их поступления.*

**Ключевые слова:** подземный источник, водонасосные станции, распределительная сеть, железо, мутность, надежность систем водоснабжения, остров Русский, оценка риска.

---

Воздействие эколого-гигиенических факторов среды обитания на здоровье населения в современных условиях развития общества определяет необходимость усовершенствования форм оценки рисков и методов управления ими [1]. Установление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания лежит в основе социально-гигиенического мониторинга (СГМ) – сис-

темы постоянного наблюдения и оценки факторов среды обитания, прогнозирования развития неблагоприятных последствий и принятия решения для снижения риска здоровью населения [2]. Выявление закономерностей распределения полученного риска по времени и территории дает возможность сконцентрировать профилактические мероприятия до подъема заболеваемости в зонах, где вероятность ее возникновения наиболее высо-

---

© Богданова В.Д., Кикю П.Ф., Кислицына Л.В., 2020

**Богданова Валерия Дмитриевна** – аспирант департамента общественного здоровья и профилактической медицины, биолог отдела социально-гигиенического мониторинга (e-mail: ha-lera@mail.ru; тел.: 8 (423) 240-21-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5580-5442>).

**Кикю Павел Федорович** – доктор медицинских наук, кандидат технических наук, профессор, директор департамента общественного здоровья и профилактической медицины (e-mail: lme@list.ru; тел.: 8 (423) 265-24-24; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>).

**Кислицына Лидия Владимировна** – заведующий отделом социально-гигиенического мониторинга (e-mail: sgm@fguzpk.ru; тел.: 8 (423) 240-21-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4172-609X>).

ка [3, 4]. В настоящее время такие закономерности изложены в методологии оценки риска для здоровья населения<sup>1</sup>.

Значение подземных вод как источников питьевого водоснабжения усилилось в последние годы, что связано с рядом их преимуществ перед поверхностными источниками. Подземные воды не подвержены сезонным колебаниям и надежно защищены от загрязнения в случае техногенных катастроф. Данные государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в РФ в 2018 году» также подтверждают высокое качество подземных вод по сравнению с поверхностными источниками<sup>2</sup>. На протяжении 2013–2018 гг. доля поверхностных источников в РФ, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, превышала такую долю подземных не менее чем в два раза.

Сравнительный анализ качества воды из подземных и поверхностных источников по микробиологическим показателям как на территории РФ в целом, так и на территории Приморского края (ПК) в частности подтверждает лучшую защищенность подземных вод от проникновения живых организмов<sup>3</sup>. Однако по санитарно-химическим показателям доля обнаруженных неудовлетворительных проб, отобранных из подземных источников, выше (2018 г.: РФ – 25,8 %; ПК – 18,2 %), чем таковая из поверхностных источников (2018 г.: РФ – 21,6 %; ПК – 1,1 %).

В перечень санитарно-химических показателей питьевой воды, оказывающих существенное влияние на здоровье населения, входят химические вещества как природного, так и антропогенного происхождения. Для оценки риска от их присутствия применительно к питьевой воде приоритетным сценарием воздействия следует выбирать пероральный путь, связанный с поступлением воды в качестве питьевой. В методических рекомендациях МР 2.1.4.0032-11 изложена вспомогательная методика оценки риска воздействия химических веществ в питьевой воде на здоровье населения<sup>4</sup>. Они дополняют руководство критериями приемлемых уровней рисков и алгорит-

мом формирования суммарной или интегральной оценки ее безвредности.

Экологические проблемы чаще рассматриваются в больших городах [5]. В то же время в небольших поселениях на островных территориях, входящих в городской округ, но удаленных от крупных сетей водоснабжения, формируются специфические проблемы, зачастую не связанные с промышленной нагрузкой. Эти проблемы в существенной мере влияют на здоровье населения [6–8]. Например, водоснабжение на о. Русский осуществляется из скважинных водозаборов, которые обеспечивают питьевой водой небольшие населенные пункты (п. Экипажный, п. КЭТ, п. Шигино, п. Рында, п. Воевода, п. Мелководный, п. Парис, п. Подножье, п. Церковная Падь). Остальные населенные пункты и объекты, расположенные на острове, обеспечиваются водой из поверхностных источников. Мониторинговыми наблюдениями в системе СГМ охвачены п. Экипажный, п. КЭТ, п. Шигино, п. Рында.

Только половина скважин (8 из 16), в которых осуществляется водозабор на о. Русский, не подвержены проникновению загрязнения с поверхности. Водопроводные сети изношены на 59 %, их состояние требует технического улучшения, состояние водонасосных станций – работоспособное<sup>5</sup>.

**Цель исследования** – провести гигиеническую оценку питьевой воды подземных источников централизованных систем водоснабжения о. Русский.

Для достижения данной цели нами были поставлены и решены следующие задачи:

- оценить качество питьевой воды и ее физиологическую полноценность на всех этапах водоснабжения по максимальным концентрациям веществ, разделенных по лимитирующим показателям вредности;
- дать качественную оценку степени неблагополучия каждого блока по четырехранговой шкале с определением приоритетных элементов, характеризующих санитарно-эпидемиологическую

<sup>1</sup> Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко, А.В. Киселева [и др.]. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

<sup>2</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. – 254 с.

<sup>3</sup> О санитарно-эпидемиологической обстановке в Приморском крае в 2018 году: Государственный доклад. – Владивосток: Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю, 2019. – 343 с.

<sup>4</sup> МР 2.1.4.0032-11.2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: метод. рекомендации [Электронный ресурс] / Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31.07. 2011 г. // КонсультантПлюс. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_119675/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_119675/) (дата обращения: 11.03.2020).

<sup>5</sup> Схемы водоснабжения и водоотведения Владивостокского городского округа на период 2014–2025 гг.: приложение к постановлению администрации города Владивостока от 31.12.2013 № 3899 [Электронный ресурс] // Гарант: информационно-правовое обеспечение. – URL: <http://base.garant.ru/30177683/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 11.03.2020).

надежность централизованных систем водоснабжения<sup>6</sup>;

– рассчитать и оценить риски при пероральном поступлении с питьевой водой химических веществ, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным (органолептическим), неканцерогенным и канцерогенным эффектами воздействия.

**Материалы и методы.** Для оценки санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного водоснабжения проведен анализ 28 санитарно-химических и трех микробиологических показателей питьевой воды за 2017–2019 гг. Качественная оценка степени неблагополучия каждого блока по четырехранговой шкале проведена с определением приоритетных элементов на основании МР 2.1.4.2370-08. Отдельные факторы, формирующие санитарно-эпидемиологическую надежность системы водоснабжения, были обозначены через показатель *W*. Оценка проводилась по восьми блокам (факторам).

Пробы отобраны на разных этапах системы водоподготовки: в скважинах, на выходе с водонасосных станций и из водоразборных колонок на о. Русский в четырех населенных пунктах (п. Шигино, п. Рында, п. Экипажный, п. КЭТ). Концентрации химических веществ в питьевой воде, взятой из скважин и на выходе со станций, были определены КГУП «Приморский водоканал» (46 % проб). Предприятие осуществляет сбор, хранение, водоподготовку и подачу питьевой воды в исследуемых населенных пунктах. Данные о качестве питьевой воды, взятой из наружных водоразборных устройств (колонок) в мониторинговых точках, были определены ИЛЦ ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае» (44 % проб). В работе проанализированы результаты 462 проб питьевой воды, исследуемых следующими методами: микробиологическим, атомной абсорбции с пламенной атомизацией, гравиметрии, титриметрии, потенциометрии, флюориметрии, фотометрии и газовой хроматографии.

Исследуемые показатели поделены по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ) согласно ГН 2.1.5.1315-03<sup>7</sup>. В эпидемиологические показатели включены общее микробное число, общие колиформные бактерии и термотолерантные колиформные бактерии. К санитарно-токсикологическим отнесены нитраты, фторид-ион, мышьяк, никель, свинец, ко-

бальт и кадмий. К органолептическим – железо суммарно, марганец суммарно, магний, цветность, мутность, медь, алюминий. Железо и марганец влияют на окраску воды, магний, медь – на привкус, алюминий – на мутность. В перечень обобщенных показателей включены: перманганатная окисляемость, водородный показатель, общая жесткость, сухой остаток, нефть многосернистая, поверхностно-активные вещества, фенольный индекс, цинк, кальций (оптимальное значение – 60 мг/л)<sup>8</sup>.

Проведены расчеты канцерогенного, неканцерогенного и органолептического рисков на этапе водопотребления для получения интегральной оценки возможного негативного воздействия воды на здоровье населения с использованием МР 2.1.4.0032-11.2.1.4. Для расчета неканцерогенного риска от воздействия химических веществ выбраны 18 показателей, для расчета канцерогенного риска – семь. Первоначальная выборка веществ была дополнена веществами 1-го класса опасности – хлороформ (ПДК – 0,06 мг/л), тетрахлорметан (ПДК – 0,002 мг/л), бромдихлорметан (ПДК – 0,03 мг/л), тетрахлорэтилен (ПДК – 0,005 мг/л), и веществом 2-го класса опасности – стронций (ПДК – 7 мг/л). Выбор дополнительных показателей сделан, исходя из класса опасности и канцерогенности, и актуален для водных объектов 2-го класса хозяйственно-питьевого водоснабжения Приморского края, где обеззараживание проводится путем хлорирования.

Для оценки надежности систем централизованного водоснабжения, а также физиологической полноценности питьевой воды использовались максимальные фактические концентрации веществ. Для интегральной оценки органолептических свойств воды взяты максимальные показатели 98%-й вероятностной обеспеченности, для оценки ожидаемых неканцерогенных и канцерогенных эффектов – среднемноголетние концентрации 95%-й вероятностной обеспеченности.

Оценка канцерогенного риска выполнена с использованием стандартных значений: ежедневное употребление в количестве 2 л продолжительностью воздействия 30 лет и среднем весе человека в популяции 70 кг.

**Результаты и их обсуждение.** Охват централизованным водоснабжением в населенных пунктах о. Русский по данным последней переписи на-

<sup>6</sup> МР 2.1.4.2370-08. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения [Электронный ресурс] / Утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ 16 июня 2008 г. // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200077721> (дата обращения: 11.03.2020).

<sup>7</sup> ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901862249> (дата обращения: 11.03.2020).

<sup>8</sup> Гильденскильд Р.С., Ястребов Г.Г., Винокур И.Л. Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения: метод. рекомендации Госкомсанэпиднадзора РФ. – М., 1996. – 35 с.

селения 2010 г. и ежегодных сведениях о населении, пользующегося водопроводной водой, предоставляемых КГУП «Приморский водоканал» за 2019 г., оценивается как недостаточный (92 % по постоянному населению всего о. Русский). Вследствие этого общая характеристика данных населенных пунктов оценивается как умеренная по шкале санитарно-эпидемиологической надежности обеспечения населения питьевой водой с учетом отсутствия превышения проектной мощности водонасосных станций и перебоев в подаче питьевой воды ( $W_1 = 0,3$ ).

Исследуемые объекты водозабора эксплуатируются в условиях соблюдения режима зон санитарной охраны водисточников согласно СанПиН 2.1.4.1110-02 (удовлетворительная оценка для всех населенных пунктов по соответствующей шкале,  $W_2 = 0$ )<sup>9</sup>. Лабораторный контроль за условиями питьевого водопользования осуществляется в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 (удовлетворитель-

ная оценка для всех населенных пунктов по соответствующей шкале,  $W_7 = 0$ )<sup>10</sup>.

Для ранжирования населенных пунктов использовались оценочные шкалы санитарно-эпидемиологического состояния подземных источников водоснабжения ( $W_3$ ), надежности водоподготовки ( $W_5$ ) и транспортирования питьевой воды в централизованных системах водоснабжения ( $W_6$ ), а также качества питьевой воды из водоразборного устройства ( $W_8$ ) по ЛПВ и физиологической полноценности. Результаты оценки санитарно-эпидемиологического неблагополучия представлены в балльной форме (табл. 1).

Проведенная оценка качества воды из подземных источников водоснабжения показала отсутствие превышений гигиенических нормативов по санитарно-химическим и эпидемиологическим показателям. Все пробы соответствовали предельно допустимым значениям. Качественная характеристика ( $W_3$ ) по оценочной шкале соответствовала первому рангу (допустимый уровень).

Таблица 1

Оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения и показателей физиологической полноценности минерального состава воды

Населенный пункт	Этап	Санитарно-эпидемиологическая надежность (балл)			Физиологическая полноценность минерального состава воды ( $C_{\text{макс}}$ , мг/л)					$\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ммоль-экв/л
		Качество воды на отдельных этапах	$W_6$	$W_{\text{об}}$	ОЖ	ОМ	F,	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	
КЭТ	$W_3$	0 (Допустимый)	1,05 (0,75+0,3) **	0,84	2,2	211,0	0,5	18,2	16,6	0,8
	$W_5$	0 (Допустимый)			2,0	205,0	0,3	10,9	21,3	1,2
	$W_8$	1,65 (0,3+0,3+1,05)*			1,2	94,1	0,1	9,6	25,5	2,0
Рында	$W_3$	0 (Допустимый)	1,05 (0,75+0,3) **	0,83	2,1	221,0	0,4	13,4	18,7	1,2
	$W_5$	0 (Допустимый)			1,8	207,0	0,2	6,1	21,6	2,6
	$W_8$	1,6 (0,3+0,25+1,05)*			1,1	105,5	0,2	3,8	21,3	5,4
Экипажный	$W_3$	0 (Допустимый)	1,05 (0,75+0,3) **	0,83	2,2	187,0	0,4	14,6	17,8	1,0
	$W_5$	0 (Допустимый)			2,2	208,0	0,3	10,3	18,0	1,5
	$W_8$	1,6 (0,3+0,25+1,05)*			1,1	106,3	0,2	10,1	20,0	1,7
Шино	$W_3$	0 (Допустимый)	0,95 (0,75+0,2) **	0,79	1,3	105,0	0,2	4,3	18,0	2,7
	$W_5$	0 (Допустимый)			1,6	202,0	0,2	4,9	7,5	1,0
	$W_8$	1,5 (0,1+0,35+1,05)*			0,9	90,5	0,2	3,6	14,5	5,0
Оптимальное значение: МР 2.1.4.2370-08 (ОЖ, ОМ, F), СанПиН 2.1.4.1116-02 <sup>11</sup> ( $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ )					1,5–7	200–500	0,8–1,5	5–65	25–130	–

Примечание:

- \* – органолептический + физиологическая полноценность + микробиологический;
- \*\* – микробиологический + органолептический (сумма баллов по ЛПВ);
- \*\*\* –  $W_6$  – транспортирование;
- $W_3$  – качество водисточника;
- $W_5$  – водоподготовка (качество воды на выходе с водонасосной станции);
- $W_8$  – качество воды из распределительной сети;
- $W_{\text{об}}$  – обобщенный комплексный показатель;
- ОЖ – общая жесткость;
- ОМ – общая минерализация.

<sup>9</sup> СанПиН 2.1.4.1110-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. – М., 2002. – 11 с.

<sup>10</sup> СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2001. – 62 с.

<sup>11</sup> СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. – М., 2002. – 22 с.

Питьевая вода во всех населенных пунктах отличается пониженным содержанием солей кальция, магния и фторидов, характеризуется низкой минерализацией и жесткостью. Все показатели физиологической полноценности питьевой воды были ниже оптимальных значений. Употребление слишком «мягких» питьевых вод без использования дополнительных источников кальция и магния может являться одним из факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [9–11].

Несмотря на то что фтор является одним из приоритетных компонентов природного происхождения и характеризуется высокой вероятностью обнаружения превышений ПДК на территории Приморского края (по данным СП 2.1.5.1059-01), в исследуемых точках наблюдалось обратное явление. Низкие концентрации фторидов в питьевой воде увеличивают риск развития кариеса. Кальций наряду с фторидами является важным фактором защиты от кариеса. Их комбинированный защитный эффект доказан несколькими аналитическими исследованиями<sup>12</sup> [12, 13].

В исследованных пробах питьевой воды, взятой из скважин, отношение концентраций ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (выраженных в ммоль-экв./л) было значительно ниже в трех населенных пунктах, чем в питьевой воде, прошедшей через водопроводную сеть. Это обусловлено увеличением растворимых соединений кальция и уменьшением числа ионов магния в процессе транспортировки воды к потребителю. По таким показателям, как общая жесткость, общая минерализация и фтор, отмечена тенденция снижения концентраций в процессе транспортировки по сети водопроводов.

На выходе с водонасосных станций результаты анализа проб питьевой воды ( $W_3$ ) соответствовали гигиеническим нормативам, что говорит о качественной водоподготовке и стабильности состава питьевой воды на пути от источника водоснабжения к водонасосным станциям и перед поступлением в распределительную сеть. Водоподготовка улучшает качество питьевой воды по таким органолептическим показателям, как железо и мутность.

Результаты анализа качества питьевой воды, взятой из распределительной сети (водоразборных колонок), периодически не соответствовали гигиеническим нормативам по микробиологическим и органолептическим показателям (в табл. 1 данные показатели входят в оценку качества воды из распределительной сети –  $W_8$ ). В санитарное неблагополучие питьевой воды вносила свой вклад физиологическая неполноценность воды по общей минерализации («крайне высокая» степень неблагополучия для всех точек), общей минерализации и концентрации фторидов («умеренная» для трети точек и «высокая» для п. Шигино).

Степень неблагополучия по микробиологическим показателям по шкале санитарно-эпидемиологической надежности транспортировки питьевой воды в системах централизованного водоснабжения

оценивалась как «крайне неудовлетворительная» (> 10 % неудовлетворительных проб) для всех исследуемых сетей. По органолептическим показателям при расчете кратности превышения предельно допустимых максимальных концентраций качественная оценка определялась как «крайне неудовлетворительная» для трети населенных пунктов и «умеренная» для п. Шигино.

Показатель качества питьевой воды из распределительной сети ( $W_8$ ) по шкале степени санитарно-эпидемиологического неблагополучия воды был ближе к «высокой» качественной характеристике загрязнения (третий ранг из четырех возможных) с учетом коэффициентов вклада каждого лимитирующего показателя (обобщенный, органолептический, санитарно-токсикологический, эпидемиологический и физиологической полноценности минерального состава).

Оценив санитарно-эпидемиологическую надежность транспортирования питьевой воды ( $W_6$ ), можно говорить об увеличении доли нестандартных проб по органолептическим и микробиологическим ЛПВ. По шкале степени санитарно-эпидемиологического неблагополучия транспортирования питьевой воды качественная характеристика загрязнения определялась как «умеренная» по всем населенным пунктам.

Следует отметить существенное увеличение максимальных концентраций железа и мутности воды в распределительной сети за счет ее транспортировки от водонасосной станции к водоразборной колонке (рисунок).

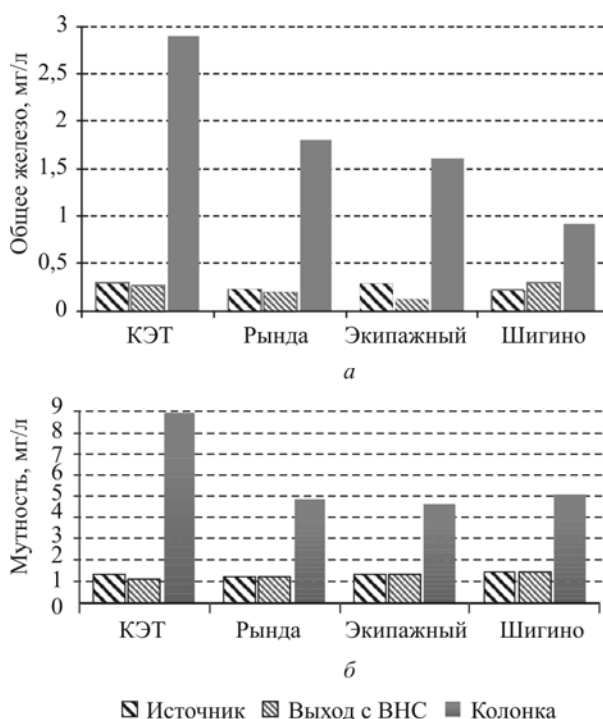


Рис. Концентрация общего железа (а) и мутности (б) в питьевой воде централизованного водоснабжения, взятой из подземных источников, на водонасосной станции и из распределительной сети

<sup>12</sup> СП 2.1.5.1059-01. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения. – М., 2001. – 14 с.

Данная закономерность наблюдалась не только в исследуемых точках о. Русский, но и на других территориях края и за его пределами [14–18]. Содержание железа выше 1 мг/л ухудшает органолептические свойства воды, она становится мутной, окрашивается в желто-бурый цвет, у нее ощущается характерный металлический привкус, на стенках труб происходит образование слизи, присущее железобактериям. Такая вода неблагоприятно воздействует на кожные покровы, вызывает сухость и зуд.

По величине обобщенного комплексного показателя ( $W_{\text{об}}$ ) степень неблагополучия питьевого водоснабжения может считаться во всех населенных пунктах «умеренной» ( $0 < W_{\text{об}} < 1$ ).

Комплексный показатель определил как самую благополучную систему питьевого водоснабжения сеть в п. Шигино, несмотря на то что питьевая вода в ней наименее физиологически полноценна по минеральному составу. Как показывают результаты исследования, микробиологические и органолептические показатели вносят значимый вклад в оценку санитарно-эпидемиологической надежности систем водоснабжения данных населенных пунктов вследствие увеличения доли нестандартных проб в распределительной сети относительно регистрируемых на выходе с водонасосной станции.

Приоритетным видом воздействия при расчете интегрального риска для здоровья населения, потребляющего питьевую воду из распределительной сети, является ольфакторно-рефлекторный эффект, который преобладает во всех исследуемых системах водоснабжения (табл. 2). Ведущим показателем при оценке органолептических эффектов воздействия от максимальных концентраций 98%-й вероятности потребления такой воды является железо в трех населенных пунктах и мутность (п. Шигино).

Основной неопределенностью, обуславливающей надежность и достоверность оценок риска на этапе «доза – эффект», является недостаточная чувствительность лабораторных методов исследований

для таких показателей, как алюминий, цинк, нефть многосернистая, никель, тетрахлорэтилен, тетрахлорметан, мышьяк и кадмий. В связи с тем что определение точных данных о фактической концентрации этих веществ с учетом используемых методик не представлялось возможным и тем самым не гарантировало объективность расчетов неканцерогенного и канцерогенного рисков, было принято решение не использовать их для оценки риска. Следует отметить, что установленные концентрации данных веществ по нижней границы чувствительности методик представляют собой значения от 0,001 ПДК для цинка до 0,3 ПДК для тетрахлорметана. Согласно анализу неопределенности окончательный перечень учитываемых критериев в оценке риска приведен в табл. 3.

Неканцерогенные риски не превышали приемлемого значения для отдельно взятых показателей. Суммарный неканцерогенный риск при потреблении питьевой воды превысил допустимый уровень (0,05) в п. КЭТ за счет неприемлемо высокой концентрации общего железа. В выявленных концентрациях железо способно проявлять раздражающий эффект на слизистые оболочки, вызывать изменения кожных покровов, оказывать влияние на кроветворную и иммунную системы и показатели периферической крови.

Канцерогенные риски для здоровья населения от воздействия химических веществ из питьевой воды, подаваемой в распределительную сеть, не превышали приемлемый уровень (0,00001) как для отдельно рассматриваемых показателей, так и при суммарном их действии.

По данным интегральной оценки качества питьевой воды из распределительной сети было выявлено, что для всех объектов интегральные показатели не соответствовали допустимому значению, что связано с превышением уровней приемлемого риска для ольфакторно-рефлекторных эффектов (для всех населенных пунктов) и неканцерогенного риска (для п. КЭТ).

Таблица 2

Интегральные показатели качества питьевой воды из распределительной сети

Населенный пункт	Вид риска	Значение по суммарной оценке	Отношение риска к приемлемому значению	Интегральный показатель
КЭТ	ОР	0,70	7,04	8,60
	НР	0,06	1,12	
	КР	0,000004	0,45	
Рында	ОР	0,40	3,99	5,13
	НР	0,04	0,76	
	КР	0,000004	0,38	
Экипажный	ОР	0,38	3,76	5,06
	НР	0,04	0,82	
	КР	0,000005	0,47	
Шигино	ОР	0,13	1,25	2,42
	НР	0,03	0,61	
	КР	0,000006	0,56	

Примечание: ОР – органолептический риск; НР – неканцерогенный риск; КР – канцерогенный риск.

Результаты оценки рисков по учитываемым критериям

Учитываемый критерий	Результаты оценки							
	<i>Неканцерогенный риск</i>							
	C <sub>95 %</sub>	НР	C <sub>95 %</sub>	НР	C <sub>95 %</sub>	НР	C <sub>95 %</sub>	НР
Железо, мг/л	0,75	0,04	0,43	0,02	0,26	0,02	0,46	0,03
Марганец, мг/л	0,02	0,003	0,02	0,004	0,02	0,003	0,03	0,01
Нитраты, мг/л	3,58	0,001	3,36	0,001	5,38	0,002	4,90	0,002
Кобальт, мг/л	0,02	0,003	0,02	0,004	0,02	0,003	–	–
Магний, мг/л	10,08	0,004	13,22	0,01	3,88	0,001	4,74	0,002
Медь, мг/л	0,02	0,003	0,02	0,003	0,011	0,002	0,04	0,006
Фтор, мг/л	0,16	0,001	0,17	0,002	0,17	0,002	0,17	0,002
Свинец, мг/л	0,002	0,004	0,004	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002
Хлороформ, мг/л	0,012	0,004	0,01	0,003	0,03	0,008	0,01	0,003
Бромдихлорметан, мг/л	0,003	0,002	0,002	1,3·10 <sup>-4</sup>	0,004	0,002	0,003	0,002
Стронций	0,3	7,5·10 <sup>-3</sup>	0,280	7,0·10 <sup>-3</sup>	0,010	2,5·10 <sup>-6</sup>	0,180	4,5·10 <sup>-3</sup>
	<i>Органолептический риск</i>							
	C <sub>м98</sub>	ОР	C <sub>м98</sub>	ОР	C <sub>м98</sub>	ОР	C <sub>м98</sub>	ОР
Цветность, °	14,4	0,01	11,5	0,01	14,1	0,01	15,9	0,01
Мутность, мг/л	7,76	0,14	3,15	0,01	4,0	0,02	3,92	0,02
pH, ед.	7,71*	0,005	7,55*	0,003	7,0*	0,001	7,31*	0,001
Железо, мг/л	1,74	0,7	0,97	0,38	0,5	0,13	1,01	0,4
Марганец, мг/л	0,02	1,9·10 <sup>-3</sup>	0,05	2,0·10 <sup>-3</sup>	0,04	7,9·10 <sup>-4</sup>	0,06	3,6·10 <sup>-3</sup>
	<i>Канцерогенный риск</i>							
	C <sub>95 %</sub>	КР	C <sub>95 %</sub>	КР	C <sub>95 %</sub>	КР	C <sub>95 %</sub>	КР
Свинец, мг/л	0,002	1,2·10 <sup>-6</sup>	0,004	2,2·10 <sup>-6</sup>	0,002	8,7·10 <sup>-7</sup>	0,001	7,4·10 <sup>-7</sup>
Хлороформ, мг/л	0,01	9,2·10 <sup>-7</sup>	0,01	7,7·10 <sup>-7</sup>	0,03	1,9·10 <sup>-6</sup>	0,01	8,1·10 <sup>-7</sup>
Бромдихлорметан, мг/л	0,003	2,4·10 <sup>-6</sup>	0,002	1,8·10 <sup>-6</sup>	0,004	2,8·10 <sup>-6</sup>	0,003	2,2·10 <sup>-6</sup>

**Примечание:**C<sub>м98</sub> – максимальные концентрации 98%-ной вероятностной обеспеченности;C<sub>95 %</sub> – среднесуточные концентрации 95%-ной вероятностной обеспеченности;

«←» – концентрация кобальта меньше порога чувствительности теста (менее 0,01 мг/л);

\* – взято среднее значение для водородного показателя.

Закономерность ухудшения качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения, подаваемых населению, обусловлена показателями химического состава, влияющими в основном на ее органолептические свойства, и распространена повсеместно [19, 20]. В целом химический состав исследуемой питьевой воды не представляет угрозы здоровью населения, однако требуется реконструкция водопроводных систем и коррекция недостатка макро- и микроэлементов в питьевой воде за счет дополнительных источников их поступления, в том числе с продуктами питания и пищевыми добавками.

**Выводы:**

– санитарно-эпидемиологическая оценка воды из централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения о. Русский показала, что наиболее высокий вклад в качество воды вносит несоответствие гигиеническим нормативам органолептических показателей по железу и мутности, а также микробиологические показатели;

– показано, что ухудшение качества питьевой воды происходит в процессе ее транспортировки от водонасосной станции к водоразборному устройству;

– расчет интегрального показателя питьевой воды централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения по показателям химической

безвредности позволил дифференцировать гигиеническое качество воды по населенным пунктам;

– неканцерогенные риски от суммарного воздействия веществ превысили приемлемые значения в одной из систем централизованного водоснабжения за счет общего железа;

– канцерогенные риски для здоровья населения от воздействия химических веществ из питьевой воды, подаваемой в распределительную сеть, не превышали приемлемого уровня как для отдельно рассматриваемых показателей, так и при суммарном их действии;

– для повышения санитарной надежности систем централизованного водоснабжения необходима реконструкция водопроводных систем о. Русский, что позволит сохранить постоянство природного состава воды от источника до точки потребления;

– выявленная физиологическая неполноценность воды должна быть скорректирована за счет продуктов питания и пищевых добавок, чтобы удовлетворить среднесуточную потребность организма в макро- и микроэлементах.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

1. Развитие социально-гигиенического мониторинга на региональном уровне / С.И. Савельев, Г.М. Трухина, В.А. Бондарев, Н.В. Нахичеванская // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 11. – С. 1033–1037.
2. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, Д.В. Горяев, С.В. Клейн // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.01
3. Оценка обусловленности заболеваемости населения города Самары воздействием факторов среды обитания / Н.А. Мешков, Е.А. Вальцева, Ю.И. Баева, Е.А. Крылицына // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19, № 2 (2). – С. 300–306.
4. Прогнозирование заболеваемости и оценка риска здоровью при выполнении гигиенических исследований, связанных с химическими факторами воздействия / О.В. Мироненко, А.В. Киселёв, С.Н. Носков, А.В. Панькин, Х.К. Магомедов, З.Н. Шенгелия, С.Н. Мякишева // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 11: Медицина. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 419–428.
5. The consequences of spatially differentiated water pollution regulation in China / Z. Chen, M.E. Kahn, Y. Liu, Z. Wang // Journal of Environmental Economics and Management. – 2018. – Vol. 88. – P. 468–485. DOI: 10.1016/j.jeem.2018.01.010
6. Гигиеническая оценка факторов риска здоровью населения городов-спутников мегаполиса на примере Ленинградской области / В.Н. Федоров, Е.В. Зибарев, Ю.А. Новикова, А.А. Ковшов, К.Б. Фридман, О.В. Слюсарева // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 7. – С. 614–619.
7. Ahmed F., Mishra V. Estimating relative immediacy of water-related challenges in Small Island Developing States (SIDS) of the Pacific Ocean using ANP modeling // Modeling Earth Systems and Environment. – 2017. – № 6. – P. 201–214. DOI: 10.1007/s40808-019-00671-2
8. Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran / M. Qasemi, M. Farhang, H. Biglari, M. Afsharnia, A. Ojrati, F. Khani, A. Zarei // Environ Earth. Sci. – 2018. – Vol. 77, № 23. – P. 78–82. DOI: 10.1007/s12665-018-7973-6
9. Stevanovic S., Nikolic M., Deljanin Ilic M. Calcium and Magnesium in Drinking Water as Risk Factors for Ischemic Heart Disease // Polish Journal of Environmental Studies. – 2017. – Vol. 26, № 4. – P. 1673–1680. DOI: 10.15244/pjoes/68563
10. Magnesium levels in drinking water and coronary heart disease mortality risk: a meta-analysis / L. Jiang, P. He, J. Chen, Y. Liu, D. Liu, G. Qin, N. Tan // Nutrients. – 2016. – Vol. 8, № 1. – P. 5–13. DOI: 10.3390/nu8010005
11. Chao S., Fan J., Wang L. Association between the levels of calcium in drinking water and coronary heart disease mortality risk: Evidence from a meta-analysis // International Journal of Clinical and Experimental Medicine. – 2016. – Vol. 9, № 9. – P. 17912–17918.
12. Arvin E., Bardow A., Spliid H. Caries affected by calcium and fluoride in drinking water and family income // Journal of water and health. – 2018. – Vol. 16, № 1. – P. 49–56. DOI: 10.2166/wh.2017.139
13. Analysis of Calcium Levels in Groundwater and Dental Caries in the Coastal Population of an Archipelago Country / R.W.E. Yani, R. Palupi, T. Bramantoro, D. Setijanto // Open Access Macedonian journal of medical sciences. – 2019. – Vol. 7, № 1. – P. 134–138. DOI: 10.3889/oamjms.2019.013
14. Оценка риска санитарно-химических показателей воды для населения Хасанского района Приморского края / П.Ф. Кику, Л.В. Кислицына, В.Д. Богданова, К.М. Сабирова // Экология человека. – 2018. – № 6. – С. 12–17.
15. Тафеева Е.А. Оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории нефтедобывающих районов Республики Татарстан // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6. – С. 79–85.
16. Региональные проблемы обеспечения гигиенической надежности питьевого водопользования / А.В. Тулакин, Г.В. Цыплакова, Г.П. Амплеева, О.Н. Козырева, О.С. Пивнева, Г.М. Трухина // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 11. – С. 1025–1028.
17. Sources of and solutions to mistrust of tap water originating between treatment and the tap: Lessons from Los Angeles County / G. Pierce, S.R. Gonzalez, P. Roquemore, R. Ferdman // Science of The Total Environment. – 2019. – Vol. 1, № 694. – P. 1336–1346. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133646
18. Assessment of tap water quality and corrosion scales from the selected distribution systems in northern Pakistan / S.A. Baig, Z. Lou, M.A. Baig, M. Qasim, D.F. Shams, Q. Mahmood, X. Xu // Environmental monitoring and assessment. – 2017. – Vol. 189, № 4. – P. 194. DOI: 10.1007/s10661-017-5907-5
19. Опыт согласования временных отклонений от гигиенических нормативов качества питьевой воды / В.Н. Федоров, Н.А. Тихонова, О.Б. Зайцев, И.О. Мясников // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 359–365.
20. Potential impacts of changing supply-water quality on drinking water distribution: A review / G. Liu, Y. Zhang, W.J. Knibbe, C. Feng, W. Liu, G. Medema // Water research. – 2017. – Vol. 1, № 116. – P. 135–148. DOI: 10.1016/j.watres.2017.03.031

*Богданова В.Д., Кику П.Ф., Кислицына Л.В. Гигиеническая оценка питьевой воды из подземных источников централизованных систем водоснабжения острова Русский // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 28–37. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.03*



## HYGIENIC ASSESSMENT OF DRINKING WATER FROM UNDERGROUND WATER SOURCES TAKEN FROM CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEMS ON ISLAND RUSSKIY

V.D. Bogdanova<sup>1,2</sup>, P.F. Kiku<sup>1</sup>, L.V. Kislitsyna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Biomedicine of Far Eastern Federal University, 25 Bld., FEFU Campus, Ajax Bay, Island Russkiy, 690922, Russian Federation

<sup>2</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in Primorye, 36 Utkinskaya Str., Vladivostok, 690091, Russian Federation

*Drinking water is a leading environmental and hygienic factor that influences population health as it tends to contain a lot of chemicals, both natural and anthropogenic in their origin.*

*Our research goal was to hygienically assess drinking water from underground water sources taken from centralized water supply systems on Island Russkiy.*

*Research object. We hygienically assessed quality of water supply on Island Russkiy (Primorye) in 2017–2019 as per 33 sanitary-chemical and 3 microbiological parameters at three stages: water from underground sources (120 samples); water at pump stations (138 samples); water taken from distribution network (204 samples).*

*Data and methods. The first stage in hygienic assessment of drinking water was performed as per methodical guidelines provided by F.F. Erisman's Federal Scientific Center for Hygiene «Assessment of sanitary-epidemiologic reliability of centralized drinking water supply systems» (MG 2.1.4-2370-08). The second stage involved calculating reflex-olfactor, chronic non-carcinogenic and carcinogenic effects and integral assessment of drinking water taken from centralized water supply systems as per chemical safety parameters (MG 2.1.4.0032-11).*

*Basic results. We detected that drinking water quality most significantly deteriorated as per its microbiological and organoleptic parameters during transportation, and it made the greatest contribution into sanitary-epidemiologic ill-being of centralized drinking water supply systems. We revealed that non-carcinogenic risks and reflex-olfactor impacts exceeded their acceptable levels. Our analysis also revealed that physiologically insufficient iron contents and water turbidity were priority factors that predetermined poor quality of drinking water. Chemical structure of drinking water didn't cause any significant threats for population health; however, it is necessary to reconstruct water supply systems and eliminate deficiency of macro- and micro-elements in drinking water due to additional sources of their supply.*

**Key words:** *underground source, pump stations, distribution network, iron, turbidity, reliability of water supply systems, Island Russkiy, risk assessment.*

### References

1. Savel'ev S.I., Trukhina G.M., Bondarev V.A., Nakhichevanskaya N.V. Development of social and hygienic monitoring at the regional level. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 11, pp. 1033–1037 (in Russian).
2. Zaitseva N.V., May I.V., Kir'yanov D.A., Goryaev D.V., Kleyn S.V. Social and hygienic monitoring today: state and prospects in conjunction with the risk-based supervision. *Health Risk Analysis*, 2016, no. 4, pp. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.01.eng
3. Meshkov N.A., Val'tseva E.A., Baeva Yu.I., Krylitsyna E.A. Assessment the conditionality of samara city population incidence under the influence of environmental factors. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2017, vol. 19, no. 2 (2), pp. 300–306 (in Russian).
4. Mironenko O.V., Kiselev A.V., Noskov S.N., Pan'kin A.V., Magomedov Kh.K., Shengeliya Z.N., Myakisheva S.N. Prognosis of morbidity and health risk assessment during hygienic research associated with of chemical impact. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 11. Meditsina*, 2017, vol. 12, no. 4, pp. 419–428 (in Russian).
5. Chen Z., Kahn M.E., Liu Y., Wang Z. The consequences of spatially differentiated water pollution regulation in China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2018, vol. 88, pp. 468–485. DOI: 10.1016/j.jeem.2018.01.010
6. Fedorov V.N., Zibarev E.V., Novikova Yu.A., Kovshov A.A., Fridman K.B., Slyusareva O.V. Hygienic assessment of health risk factors for population of megapolis' satellite towns by the example. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 7, pp. 614–619 (in Russian).

© Bogdanova V.D., Kiku P.F., Kislitsyna L.V., 2020

**Valeriya D. Bogdanova** – post-graduate student at the Department for Public Health and Prevention Medicine, biologist at the Social and Hygienic Monitoring Department (e-mail: ha-lera@mail.ru; tel.: +7 (423) 240-21-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5580-5442>).

**Pavel F. Kiku** – Doctor of Medical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Director of the Department for Public Health and Prevention Medicine (e-mail: lme@list.ru; tel.: +7 (423) 265-24-24; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>).

**Lidiya V. Kislitsyna** – Head of the Social and Hygienic Monitoring Department (e-mail: sgm@fguzpk.ru; tel.: +7 (423) 240-21-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4172-609X>).

7. Ahmed F., Mishra V. Estimating relative immediacy of water-related challenges in Small Island Developing States (SIDS) of the Pacific Ocean using AHP modeling. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2017, no. 6, pp. 201–214. DOI: 10.1007/s40808-019-00671-2
8. Qasemi M., Farhang M., Biglari H., Afsharnia M., Ojrati A., Khani F., Zarei A. Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran. *Environ Earth Sci*, 2018, vol. 77, no. 23, pp. 78–82. DOI: 10.1007/s12665-018-7973-6
9. Stevanovic S., Nikolic M., Deljanin Ilic M. Calcium and Magnesium in Drinking Water as Risk Factors for Ischemic Heart Disease. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2017, vol. 26, no. 4, pp. 1673–1680. DOI: 10.15244/pjoes/68563
10. Jiang L., He P., Chen J., Liu Y., Liu D., Qin G., Tan N. Magnesium levels in drinking water and coronary heart disease mortality risk: a meta-analysis. *Nutrients*, 2016, vol. 8, no. 1, pp. 5–13. DOI: 10.3390/nu8010005
11. Chao S., Fan J., Wang L. Association between the levels of calcium in drinking water and coronary heart disease mortality risk: Evidence from a meta-analysis. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2016, vol. 9, no. 9, pp. 17912–17918.
12. Arvin E., Bardow A., Spliid H. Caries affected by calcium and fluoride in drinking water and family income. *Journal of water and health*, 2018, vol. 16, no. 1, pp. 49–56. DOI: 10.2166/wh.2017.139
13. Yani R.W.E., Palupi R., Bramantoro T., Setijanto D. Analysis of Calcium Levels in Groundwater and Dental Caries in the Coastal Population of an Archipelago Country. *Open Access Macedonian journal of medical sciences*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 134–138. DOI: 10.3889/oamjms.2019.013
14. Kiku P.F., Kislitsyna L.V., Bogdanova V.D., Sabirova K.M. Risk assessment sanitary-chemical indicators of water for the population of the Khasan district in Primorsky krai. *Ekologiya cheloveka*, 2018, no. 6, pp. 12–17 (in Russian).
15. Tafeeva E.A. The sanitary and epidemiological assessment of centralized drinking water supply on the territory of oil-producing areas of the republic of Tatarstan. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 6, pp. 79–85 (in Russian).
16. Tulakin A.V., Tsyplakova G.V., Ampleeva G.P., Kozyreva O.N., Pivneva O.S., Trukhina G.M. Regional problems of the provision of hygienic reliability of drinking water consumption. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 11, pp. 1025–1028 (in Russian).
17. Pierce G., Gonzalez S.R., Roquemore P., Ferdman R. Sources of and solutions to mistrust of tap water originating between treatment and the tap: Lessons from Los Angeles County. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 1, no. 694, pp. 1336–1346. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133646
18. Baig S.A., Lou Z., Baig M.A., Qasim M., Shams D.F., Mahmood Q., Xu X. Assessment of tap water quality and corrosion scales from the selected distribution systems in northern Pakistan. *Environmental monitoring and assessment*, 2017, vol. 189, no. 4, pp. 194. DOI: 10.1007/s10661-017-5907-5
19. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Zaitsev O.B., Myasnikov I.O. Opyt soglasovaniya vremennykh otklonenii ot gigienicheskikh normativov kachestva pit'evoi vody [Experience in agreeing upon temporary deviations of drinking water quality from hygienic standards]. *Zdorove – osnova chelovecheskogo potentsiala: problem i puti ikh resheniya*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 359–365 (in Russian).
20. Liu G., Zhang Y., Knibbe W.J., Feng C., Liu W., Medema G. Potential impacts of changing supply-water quality on drinking water distribution: A review. *Water research*, 2017, vol. 1, no. 116, pp. 135–148. DOI: 10.1016/j.watres.2017.03.031

*Bogdanova V.D., Kiku P.F., Kislitsyna L.V. Hygienic assessment of drinking water from underground water sources taken from centralized water supply systems on Island Russkiy. Health Risk Analysis, 2020, no. 2, pp. 28–37. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.03.eng*

Получена: 18.03.2020

Принята: 02.06.2020

Опубликована: 30.06.2020