

## КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СТЕПЕНЬ ЭПИДЕМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КИШЕЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ В ГОРОДАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019 г. <sup>1,2</sup>Е. В. Байдакова, <sup>1,2</sup>Т. Н. Унгурияну, <sup>3</sup>К. В. Крутская, <sup>4</sup>И. А. Миненко

<sup>1</sup>Управление Роспотребнадзора по Архангельской области, г. Архангельск; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск; <sup>3</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Архангельской области», г. Архангельск; <sup>4</sup>ГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

*Цель исследования* – оценка качества питьевой воды по микробиологическим показателям и степени эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций с водным путем передачи возбудителя в городах Архангельской области. *Методы*: санитарно-гигиеническая оценка качества централизованного питьевого водоснабжения и оценка микробного риска развития кишечных инфекций, передаваемых водным путем, в городах Архангельске, Северодвинске, Новодвинске, Котласе и Коряжме за 2006–2016 годы. *Результаты*. Во всех исследуемых городах качество питьевой воды по микробиологическим показателям в водопроводной сети было ниже, чем на втором подъеме. В Архангельске, Котласе, Коряжме и Новодвинске качество питьевой воды системы централизованного водоснабжения было хуже, чем в городе Северодвинске. К территориям со средним микробным риском возникновения кишечных инфекций, связанным с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, отнесли Архангельск (56 баллов), Котлас (37 баллов), Новодвинск (30 баллов) и Коряжму (19 баллов). *Выводы*. Эпидемическая опасность обусловлена наличием в питьевой воде общих и термотолерантных колиформных бактерий, выявляемых непосредственно после водоподготовки и в воде распределительной сети. Для Архангельска и Котласа дополнительным фактором микробного риска является нерегулярность подачи воды.

**Ключевые слова:** микробиологические показатели, питьевая вода, поверхностные водоисточники, микробиологический риск

## QUALITY OF DRINKING WATER AND EPIDEMIC RISK OF WATER-BORN INFECTIONS IN TOWNS OF THE ARKHANGELSK REGION

<sup>1,2</sup>E. V. Baydakova, <sup>1,2</sup>T. N. Unguryanu, <sup>3</sup>K. V. Krutskaya, <sup>4</sup>I. A. Minenko

<sup>1</sup>Agency of Consumer Protection, Arkhangelsk Branch, Russia; <sup>2</sup>Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; <sup>3</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in the Arkhangelsk Region, Arkhangelsk, Russia; <sup>4</sup>I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

*Aims*: to assess the quality of drinking water using microbiological indicators and to assess epidemic risks of water-born infections in urban settings of the Arkhangelsk region. *Methods*: Secondary data on standard sanitary and hygienic assessments of the quality of centralized drinking water supply in Arkhangelsk, Severodvinsk, Novodvinsk, Kotlas and Koryazhma for 2006-2016 were used. Assessment of the microbial risk of water-born infections was performed. *Results*: All towns except Severodvinsk had moderate risk of water-born infections through centralized drinking water supply system. Arkhangelsk had 56 points while Kotlas, Novodvinsk and Koryazhma had 37, 30 and 19 points, respectively. Severodvinsk had low risk of water-born infections (5 points). Proportions of samples with abnormal concentrations of general and thermotolerant coliform bacteria in Arkhangelsk, Kotlas, Novodvinsk after water treatment varied between 16 % and 27 % while in Korazhma the corresponding proportions varied between 21 % and 53 % Irregular water supply have contributed with 18 % and 14 % in Arkhangelsk and Kotlas, respectively. *Conclusions*: The presence of general and thermotolerant coliform bacteria in drinking water detected immediately after water treatment and in water supply network are the main contributors to the epidemic risk of water-born infections in towns of the Arkhangelsk region. Irregularity of water supply was additional factor linked to microbial contamination in Arkhangelsk and Kotlas.

**Key words:** microbiological indicators, drinking water, surface water sources, microbiological risk

### Библиографическая ссылка:

Байдакова Е. В., Унгурияну Т. Н., Крутская К. В., Миненко И. А. Качество питьевого водоснабжения и степень эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций в городах Архангельской области // Экология человека. 2019. № 5. С. 15–20.

Baydakova E. V., Unguryanu T. N., Krutskaya K. V., Minenko I. A. Quality of Drinking Water and Epidemic Risk of Water-Born Infections in Towns of the Arkhangelsk Region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 5, pp. 15-20.

Нарушение микробиологической безопасности питьевой воды при выборе водоисточника, в процессе водоподготовки или при транспортировке в распределительной сети может привести к ее загрязнению и возникновению как крупномасштабных вспышек инфекционных заболеваний, так и роста спорадической

инфекционной заболеваемости с водным фактором передачи возбудителя [9].

Многие отечественные исследования микробиологического качества и безопасности питьевой воды основаны на определении удельного веса нестандартных проб микробиологических показателей, таких как общее

микробное число, содержание колиформных бактерий и колифагов [2, 8]. Однако мониторинг только фекальных индикаторных организмов в питьевой воде является недостаточным из-за слабой связи этих показателей и появления в образцах окружающей среды патогенов, опасных для человека, особенно вирусов [14].

При оценке микробиологической безопасности питьевой воды необходимо учитывать и другие имеющие непосредственное отношение к водному пути передачи возбудителя факторы, такие как условия хозяйственно-бытового водоснабжения и коммунального благоустройства населенных мест, качество воды в рекреационных водоемах и водисточниках [3, 4]. Именно эти факторы наряду с показателями, характеризующими качество питьевой воды, положены в основу принятых в России методов оценки микробного риска от питьевой воды [6]. Анализ микробного риска как комплексный научный подход, основанный на количественной оценке уровня влияния связанных с микробным воздействием факторов, широко применяется в зарубежных исследованиях [16, 18]. Его результаты используются для принятия управленческих решений с целью предупреждения возникновения инфекционной заболеваемости, улучшения качества питьевого водоснабжения, совершенствования методов водоподготовки [5, 13, 15].

Цель исследования — провести оценку качества питьевой воды по микробиологическим показателям

и степени эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций с водным путем передачи возбудителя в городах Архангельской области.

### Методы

Выполнена санитарно-гигиеническая оценка качества централизованного питьевого водоснабжения в городах Архангельске, Северодвинске, Новодвинске, Котласе и Коряжме. На всех описываемых территориях источником водоснабжения служат река Северная Двина или ее притоки, за исключением Северодвинска, где в качестве водисточника используется река Солза.

Рассмотрена база данных исследований питьевой воды ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Архангельской области» по микробиологическим показателям за 2006–2016 годы в двух точках отбора (второй подъем и сеть). Анализ качества воды проведен по показателям: общего микробного числа (ОМЧ, норматив не более 50 колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1,0 мл), содержания общих колиформных бактерий (ОКБ, отсутствие в 100 мл), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ, отсутствие в 100 мл) и колифагов (отсутствие в 100 мл) [10]. Для описания содержания исследуемых показателей в воде использованы удельный вес нестандартных проб (НСТ, %), 95-й перцентиль ( $P_{95}$ ) и максимальное

Таблица 1

Качество централизованного питьевого водоснабжения по микробиологическим показателям в городах Архангельской области за 2006–2016 годы

Город	Второй подъем					Сеть					Норматив
	Количество проб			$P_{95}$	$X_{\max}$	Количество проб			$P_{95}$	$X_{\max}$	
	Всего	Из них НСТ	% НСТ			Всего	Из них НСТ	% НСТ			
ОМЧ											
Архангельск	949	6	0,6	8	1000	10 771	116	1,1	30	300	50
Северодвинск	256	0	0,0	0	0	351	0	0,0	0	0	50
Котлас	216	0	0,0	1	2	198	1	0,5	2	210	50
Коряжма	133	0	0,0	0	4	132	0	0,0	0	0	50
Новодвинск	167	0	0,0	1	2	292	1	0,3	4,8	84	50
ТКБ											
Архангельск	946	28	3,0	0	240	10 759	427	4,0	3	240	0
Северодвинск	256	0	0,0	0	0	352	1	0,0	0	0,0	0
Котлас	218	2	1,0	0	3	197	6	3,1	0	108	0
Коряжма	132	0	0,0	0	0	132	2	2,0	0	180	0
Новодвинск	166	1	1,0	0	20	290	3	1,0	0	0,9	0
ОКБ											
Архангельск	951	55	6,0	0,4	240	10 765	674	7,0	24	240	0
Северодвинск	256	0	0,0	0	0	352	1	0,0	0	0,0	0
Котлас	217	2	1,0	0	3	197	6	3,1	0	108	0
Коряжма	133	0	0,0	0	0	132	4	3,0	0	180	0
Новодвинск	166	1	1,0	0	20	290	4	1,4	0	110	0
Колифаги											
Архангельск	804	55	6,8	1,1	16,1	1 382	86	6,2	1,4	16,1	0
Северодвинск	254	0	0,0	0	0	337	0	0,0	0	0	0
Котлас	213	3	1,4	0	6	153	0	0,0	0	0	0
Коряжма	132	7	5,3	0	16,1	129	9	7,0	2,2	16,1	0
Новодвинск	125	0	0,0	0	0	155	0	0,0	0	0	0

Примечание. % НСТ — удельный вес нестандартных проб.

значение показателя ( $X_{max}$ ). Статистический анализ данных выполнен с использованием программного обеспечения STATA 12.0.

Оценка риска влияния условий хозяйственно-питьевого водоснабжения на степень эпидемической опасности возникновения кишечных инфекций в городах Архангельской области выполнена за 2006–2016 годы в соответствии с методологией, изложенной в [6]. При определении степени микробного риска использованы балльный метод и метод расчета риска с применением математических моделей.

**Результаты**

Во всех исследуемых городах качество питьевой воды по микробиологическим показателям в водопроводной сети было ниже, чем на втором подъеме (табл. 1). В сети удельный вес НСТ питьевой воды по величине ОМЧ в Архангельске, Котласе и Новодвинске варьировал от 0,3 до 1,1 %, а содержание показателя на уровне  $P_{95}$  колебалось от 2 до 30 КОЕ в 100 мл. На втором подъеме пробы питьевой воды по показателю ОМЧ, не отвечающие гигиеническим нормативам, были установлены только в Архангельске (0,6 %).

Отклонения от гигиенического норматива по содержанию ТКБ и ОКБ в воде водопроводной сети регистрировались во всех городах, удельный вес НСТ колебался от 1,0 до 7,0 %. На втором подъеме непосредственно после водоподготовки отклонения от норматива по содержанию ТКБ отмечались в Архангельске, Котласе и Новодвинске, удельный вес НСТ

составил от 1,0 до 3,0 %. Доля НСТ по содержанию ОКБ на втором подъеме в этих городах находилась в диапазоне от 1,0 до 6,0 %. В воде водопроводной сети Архангельска на уровне  $P_{95}$  содержание ТКБ и ОКБ превышало гигиенический норматив в 3 и 24 раза соответственно.

На втором подъеме удельный вес НСТ по содержанию колифагов в питьевой воде Котласа, Коряжмы и Архангельска находился в пределах от 1,4 до 6,8 %. В водопроводной сети Архангельска и Коряжмы аналогичный показатель составлял 6,2 и 7,0 % соответственно. Установили превышение гигиенического норматива по содержанию колифагов на уровне  $P_{95}$  на втором подъеме в Архангельске в 1,1 раза, в сети – в городах Архангельске и Коряжме в 1,4 и 2,2 раза соответственно. Медианные значения микробиологических показателей питьевой воды на всех исследуемых территориях были равны нулю.

По результатам выполненной балльным методом оценки эпидемической опасности, связанной с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, установили, что к территориям со средним микробным риском относятся города Архангельск (56 баллов), Котлас (37 баллов), Новодвинск (30 баллов) и Коряжма (19 баллов) (табл. 2). В Северодвинске микробиологическое качество питьевой воды формировало низкий микробный риск (5 баллов).

По данным оценки микробного риска, рассчитанного балльным методом, качество воды на втором подъеме не соответствовало критериям эпидемио-

Таблица 2

**Оценка влияния санитарно-эпидемической опасности, связанной с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, за 2006–2016 годы, баллы**

Показатель	Архангельск			Северодвинск			Новодвинск			Котлас			Коряжма		
	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ	Xi	Балл	% от ОСБ
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены ОКБ	6	9	16	0	0	0	1	6	20	1	6	16	0	0	0
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены ТКБ	3	10	18	0	0	0	1	8	27	1	8	22	0	0	0
Процент проб в сети, в которых обнаружены ОКБ	7	5	9	0	1	20	1	1	3	3	1	3	3	1	5
Процент проб в сети, в которых обнаружены ТКБ	4	10	18	0	0	0	1	7	23	3	10	27	2	10	53
Процент проб в сети, в которых обнаружены 2 КОЕ/100 мл и более	2	4	7	0	0	0	1	4	13	3	4	11	2	4	21
Процент проб в точке второго подъема, в которых ОМЧ превышает 20 КОЕ/100 мл и более	1	5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Процент проб в сети, в которых ОМЧ превышает 50 КОЕ/100 мл и более	0	1	2	0	1	20	0	1	3	1	1	3	0	1	5
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены сульфидредуцирующие клостридии	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Процент проб в сети, в которых обнаружена условно-патогенная флора	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Численность населения, обеспеченная централизованным водоснабжением, %	100	1	2	100	1	20	100	1	3	100	1	3	90	1	5
Среднесуточное водопотребление на одного жителя за 2016 год, литры	226	1	2	252	1	20	276	1	3	271	1	3	263	1	5
Процент нерегулярных дней подачи воды за 2016 год	62	10	18	0	1	20	0	1	3	16	5	14	0	1	5
Общая сумма баллов	56			5			30			37			19		
Степень риска	Средний			Низкий			Средний			Средний			Средний		

Примечание. Xi – значение показателя; % от ОСБ – процент от общей суммы баллов.

логической безопасности в городах Новодвинске, Архангельске и Котласе и обуславливало средний уровень риска. Вклад показателей, оцениваемых на втором подъеме, в общее количество баллов составил в Новодвинске, Архангельске и Котласе 47, 43 и 38 % соответственно. В Северодвинске и Коряжме сумма баллов для показателей, оцениваемых на втором подъеме, была равна нулю. Удельный вес показателей, характеризующих качество воды в распределительной сети, в общую сумму баллов был наибольшим в Коряжме (84 %).

Наибольший вклад в уровень микробного риска в Новодвинске, Котласе и Архангельске вносят НСТ по содержанию ТКБ на втором подъеме (27, 22 и 18 % соответственно), по содержанию ОКБ на втором подъеме (20, 16 и 16 % соответственно) и НСТ питьевой воды в распределительной сети по содержанию ТКБ (23, 27 и 18 % соответственно). В Коряжме средний уровень микробного риска был обусловлен преимущественно НСТ питьевой воды в распределительной сети по содержанию ТКБ и ОКБ более чем 2 НВЧ/100 мл (53 и 21 % соответственно). В Архангельске и Котласе вклад нерегулярной подачи воды в уровень микробного риска составил 18 и 14 % соответственно.

По результатам оценки микробного риска с помощью математической модели Архангельск относился к территории среднего риска  $R_{\text{fac}} = 0,34$ , города Котлас, Коряжма, Новодвинск и Северодвинск – к территориям с низким микробным риском ( $R_{\text{fac}} = 0,16; 0,09; 0,09$  и  $0,00$  соответственно) (табл. 3). Оценка вклада показателей, учитываемых при оценке микробного

риска на основе математической модели, выявила, что в Архангельске, Новодвинске, Котласе и Коряжме уровень микробного риска на 40–60 % формируется за счет микробиологических показателей, характеризующих качество воды в распределительной сети.

**Обсуждение результатов**

Неудовлетворительные показатели микробиологического качества питьевого водоснабжения в городах Архангельской области за 11-летний период наблюдения регистрировались на втором подъеме и в сети, однако качество воды в распределительной сети оказалось ниже, чем на втором подъеме. Была установлена средняя степень риска возникновения кишечных инфекций для населения Архангельска, Котласа, Новодвинска и Коряжмы. Наибольший вклад в степень эпидемической опасности от условий централизованного питьевого водоснабжения городов Архангельской области вносят такие показатели, как удельный вес НСТ по содержанию ОКБ и ТКБ в питьевой воде непосредственно сразу после водоподготовки, а также их обнаружение в воде распределительной сети.

Аналогичные результаты получены при проведении анализа качества питьевого водоснабжения в г. Вологде. За период наблюдения с 2005 по 2010 год среднее значение ОКБ и ТКБ на втором подъеме не превышало гигиенический норматив, а в распределительной сети средние концентрации ТКБ и ОКБ превышали нормируемое значение в 5,5 и 4,5 раза. Процент неудовлетворительных по микробиологическим показателям проб в распределительной сети Вологды составил от 3 до 13 [7].

Таблица 3

**Оценка микробиологического риска, связанного с условиями централизованного водоснабжения, с применением математической модели расчета показателей за 2006–2016 годы**

Показатель	Vi	Архангельск			Северодвинск			Новодвинск			Котлас			Коряжма		
		Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*	Xi	Pi	%*
Процент проб в точке второго подъема, в которых обнаружены ОКБ	0,9	6	1	27	0	0,20	0	1	0,50	55	1	0,50	30	0,00	0,00	0
Процент проб в сети, в которых обнаружены ОКБ	0,7	7	0,5	10	0	0,00	0	1	0,07	6	3	0,20	10	3,00	0,20	15
Средний индекс ОКБ в сети, КОЕ/100 мл	0,7	3	0,00	21	0	0,00	0	0,31	0,02	2	0,87	0,06	3	1,8	0,12	9
Процент проб в сети, в которых обнаружены 2 КОЕ/100 мл и более	0,8	2	0,4	10	0	0,00	0	0,69	0,14	32	4	0,71	33	2,00	0,40	35
Среднее число микроорганизмов в 1 мл воды в сети, КОЕ/1 мл	0,5	2,5	0,06	1	0,02	0,00	1	0,84	0,02	1	1,6	0,04	1	0	0,00	0
Обнаружение патогенных бактерий, %	2	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
Обнаружение условно-патогенных бактерий, %	1,5	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
Численность населения, обеспеченная централизованным водоснабжением, %	0,7	100	0,05	1	100	0,05	99	100	0,05	4	100	0,05	2	89,6	0,52	41
Среднесуточное водопотребление на одного жителя за 2016 год, литры	0,8	226	0,00	0	252	0,00	0	276	0,00	0	271	0,00	0	271	0,00	0
Процент нерегулярных дней подачи воды за 2016 год	1	62	1,00	30	0	0,00	0	0	0,00	0	16	0,32	21	0	0,00	0
	W = 9,6	Ai = 3,1			Ai = 0,04			Ai = 0,87			Ai = 1,49			Ai = 0,91		
		R <sub>fac</sub> = 0,34			R <sub>fac</sub> = 0,00			R <sub>fac</sub> = 0,07			R <sub>fac</sub> = 0,16			R <sub>fac</sub> = 0,09		
		Средний риск			Низкий риск			Низкий риск			Низкий риск			Низкий риск		

Примечания: Xi – значение показателя; Pi – аналитическая зависимость определения приведенного значения для каждого относительного показателя; W – сумма весовых коэффициентов Vi; Ai – взвешенный индекс микробного риска  $\sum Vi \times Pi$ ; R<sub>fac</sub> – интегральный показатель микробного риска Ai/W; \* – % от Ai – удельный вес взвешенного индекса микробного риска каждого показателя от суммы индексов.

По результатам анализа загрязнения питьевой воды г. Азова за 2006–2010 годы, в питьевой воде кроме ОКБ (25,7 %) и ТКБ (8,6 %) были обнаружены условно-патогенные микроорганизмы в 26,9 % проб (клебсиеллы и синегнойные палочки). В 2008 году были выделены сальмонеллы в 10 % проб воды и в одной пробе *Shigella flexneri* 2a. Степень потенциальной эпидемической опасности централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Азова оценивалась как высокая (78 баллов) [1].

Микробные индикаторы в случае их обнаружения в питьевой воде указывали на потенциальное присутствие кишечных патогенов [11, 13]. Результаты молекулярно-генетических исследований водопроводной воды в Архангельске свидетельствовали о циркуляции в ней возбудителей острых кишечных инфекций, таких как ротавирусы, норовирусы, астровирусы и сальмонеллы.

При проведении настоящего исследования в городах Котласе, Коряжме и Новодвинске были выявлены расхождения в полученных результатах выполненной на основе балльного метода и метода математической модели интегральной оценки эпидемической опасности, связанной с условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Различия в степени риска обусловлены разным набором показателей, характеризующих качество питьевой воды. Метод балльной оценки учитывает процент НСТ по содержанию ТКБ на втором подъеме и в распределительной сети. Результаты оценки микробного риска показали, что наличие НСТ по содержанию в воде ТКБ в Новодвинске, Коряжме и Котласе обуславливает до 50 % уровня риска, в Архангельске — до 36 %. Метод математической модели не учитывает наличие ТКБ в питьевой воде. Ведущим фактором риска, который используется в методе математической модели, является содержание ОКБ на втором подъеме и в распределительной сети.

При выявлении источников фекального загрязнения ОКБ является наиболее чувствительным показателем, включающим термотолерантные кишечные палочки и *E. coli*. Однако в зарубежной литературе они рассматриваются как ненадежный показатель фекального загрязнения, поскольку многие из бактерий способны расти как в окружающей среде, так и внутри водопроводных систем распределения питьевой воды [16, 17]. В исследовании, проведенном во Франции, с участием 23 лабораторий выделили более 1 000 штаммов колиформ из разных типов воды. Обнаружили, что 61 % обследованных штаммов были нефекальными по происхождению [12].

Термотолерантные колиформные бактерии устойчивы в окружающей среде и могут свидетельствовать о загрязнении ее продуктами жизнедеятельности человека. Изучение характеристик фекалий человека и животных показывает, что *E. coli* представляет более 94 % термотолерантных колиформ, выделенных непосредственно из фекалий человека [17]. По нашему мнению, ТКБ являются более надежным показателем микробиологического загрязнения питьевой воды, так как их наличие может свидетельствовать о вероятном

присутствии фекального загрязнения. В этой связи в настоящем исследовании метод балльной оценки условий хозяйственно-питьевого водоснабжения, включающий анализ содержания в питьевой воде ТКБ, является более полным по сравнению с методом математических моделей.

Качество питьевой воды по микробиологическим показателям является неудовлетворительным в городах, где водисточником централизованного питьевого водоснабжения является река Северная Двина (города Архангельск и Новодвинск) и ее бассейн (р. Лименда в Котласе и р. Вычегда в Коряжме). В Архангельске, Новодвинске, Котласе и Коряжме установлен средний уровень риска возникновения кишечных инфекций, передаваемых водным путем, связанный с качеством и условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Достигнутый уровень эпидемической опасности обусловлен недостаточной эффективностью процесса водоподготовки, вторичным загрязнением воды при ее транспортировке по распределительной сети и нерегулярностью подачи воды населению.

#### Авторство

Байдакова Е. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Унгурияну Т. Н. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, существенно переработала статью на предмет важного интеллектуального содержания, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Крутская К. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Миненко И. А. внесла вклад в анализ и интерпретацию данных.

Байдакова Елена Валерьевна — SPIN 3398-3669; ORCID 0000-0002-1570-6589

Унгурияну Татьяна Николаевна — SPIN 7358-1674; ORCID 0000-0001-8936-7324

Крутская Ксения Валерьевна — SPIN 2117-1318; ORCID 0000-0002-7841-767X

Миненко Инесса Анатольевна — SPIN 5105-8330; ORCID 0000-0002-6766-8764

#### Список литературы / References

1. Аleshня В. В., Журавлев П. В., Седова Д. А., Иванова Л. В., Загайнова А. В., Артемова Т. З., Гипп Е. К. Балльная оценка потенциального риска возникновения ОКИ, передаваемых водным путем // Материалы Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина» Минздрава России: в 2 ч. 2016. Т. 1. С. 41–44.

Aleshnya V. V., Zhuravlev P. V., Sedova D. A., Ivanova L. V., Zagainova A. V., Artemova T. Z., Gipp E. K. Score of the potential risk of OCI, transmitted by water. *Proceedings of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Health, dedicated to the 85th anniversary of FGBU "SRI of HE and HEM A. N. Sysina" of the Ministry of Health of Russia*. 2016, 1, pp. 41-44. [In Russian]

2. Андреева Е. Е., Иваненко А. В., Силиверстов В. А., Гарева И. Е. Актуальные проблемы организации контроля за качеством воды водисточников и питьевой воды в городе

Москве // Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 2 (55). С. 5–11.

Andreeva E. E., Ivanenko A. V., Siliverstov V. A., Gareeva I. E. Actual problems of water quality control of water sources and drinking water in the city of Moscow. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and Clinical Medicine]. 2015, 55, pp. 5-11. [In Russian]

3. Бобун И. И., Иванов С. И., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.

Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. On the issue of regional normalization of chemicals in water as an example of the Arkhangelsk Region. *Gigiena i sanitariia*. 2011, 3, pp. 91-95. [In Russian]

4. Бузинов Р. В., Кикун П. Ф., Унгурияну Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения. Архангельск: Изд-во СГМУ, 2016. 397 с.

Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health*. Arkhangelsk, 2016, 397 p. [In Russian]

5. Мельцер А. В., Киселев А. В., Ерастова Н. В. Гигиеническое обоснование оценки качества питьевой воды по показателям эпидемиологической безопасности с использованием оценки риска здоровью населения // Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 3 (56). С. 12–17.

Mel'tser A. V., Kiselev A. V., Erastova N. V. Hygienic rationale for assessing the quality of drinking water in terms of epidemiological safety indicators using the health risk assessment. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and Clinical Medicine]. 2015, 3 (56), pp. 12-17. [In Russian]

6. Методические рекомендации МР 2.1.10.0031-11. «Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем». (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.) URL: <http://base.garant.ru/70105056/> (дата обращения: 23.12.2017).

*Methodical recommendations of MP 2.1.10.0031-11. "Comprehensive assessment of the risk of bacterial intestinal infections transmitted by water"*. Available at: <http://base.garant.ru/70105056/> (accessed: 23.12.2017). [In Russian]

7. Опарин А. Е. Гигиеническая оценка условий централизованного водоснабжения с позиции риска здоровью // Сибирский медицинский журнал. 2012. № 5. С. 99–102.

Oparin A. E. Hygienic assessment of the conditions of centralized water supply from the perspective of health risk. *Sibirskii meditsinskii zhurnal* [Siberian Medical Journal]. 2012, 5, pp. 99-102. [In Russian]

8. Петров Е. Ю., Княгина О. Н., Липшиц Д. А., Маракхова Л. Б., Никитина Ю. А. Оценка особенностей риска для здоровья населения, обусловленного условиями санитарно-гигиенического обеспечения питьевой водой в Нижегородской области // Медицинский альманах. 2013. № 2 (26). С. 117–119.

Petrov E. Yu., Knyagina O. N., Lipshits D. A., Marakhova L. B., Nikitina Yu. A. Assessment of the specific risks to public health caused by conditions of sanitary and hygienic provision of drinking water in the Nizhny Novgorod region. *Meditsinskii al'manakh* [Medical almanac]. 2013, 26, pp. 117-119. [In Russian]

9. Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. Женева: ВОЗ, 2017 г. Лицензия: CC BY-NC-SA

3.0 IGO. URL: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/) (дата обращения: 13.01.2018).

*Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. Zheneva, WHO, 2017*. Available at: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/) (accessed: 13.01.2018).

10. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» (утв. 26 сентября 2001 г. N 24). URL: <http://base.garant.ru/12167072/> (дата обращения: 24.12.2017).

*Sanitary and epidemiological rules and norms SanPiN 2.1.4.1074-01 "Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for ensuring the safety of hot water systems"*. Available at: <http://base.garant.ru/12167072/> (accessed: 24.12.2017). [In Russian]

11. Daley K., Jamieson R., Rainham D., Truelstrup Hansen L. Wastewater treatment and public health in Nunavut: a microbial risk assessment framework for the Canadian Arctic. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018, 25 (33), pp. 32860-32872.

12. Gavini F., Leclerc H. and Mossel D. A. A. Enterobacteriaceae of the "coliform group" in drinking water: Identification and worldwide distribution. *Syst. Appl. Microbiol.* 1985, 6, pp. 312-318.

13. Juntunen J., Meriläinen P., Simola A. Public health and economic risk assessment of waterborne contaminants and pathogens in Finland. *The Science of the Total Environment*. 2017, 599-600, pp. 873-882.

14. Lieverloo J. H., Blokker E. J., Medema G. Quantitative microbial risk assessment of distributed drinking water using faecal indicator incidence and concentrations. *Journal of Water and Health*. 2007, 5 (1), pp. 131-149.

15. Petterson S. R. Application of a QMRA Framework to Inform Selection of Drinking Water Interventions in the Developing Context. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*. 2016, 36 (2), pp. 203-214.

16. Petterson S. R., Stenström T. A., Ottoson J. A theoretical approach to using faecal indicator data to model norovirus concentration in surface water for QMRA: Glomma River, Norway. *Water Research*. 2016, 91, pp. 31-37.

17. Tallon P., Magajna B., Lofranco C. et al. Microbial Indicators of Faecal Contamination in Water: A Current Perspective. *Water, Air and Soil Pollution*. 2005, 166 (1–4), pp. 139-166.

18. Verhille S. *Understanding microbial indicators for drinking water assessment: interpretation of test results and public health significance*. National Collaborating Centre for Environmental Health. January 2013 Available at: [http://www.nccch.ca/sites/default/files/Microbial\\_Indicators\\_Jan\\_2013\\_0.pdf](http://www.nccch.ca/sites/default/files/Microbial_Indicators_Jan_2013_0.pdf) (accessed: 23.01.2018)

#### Контактная информация:

Байдакова Елена Валерьевна — главный специалист-эксперт отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Архангельской области, ассистент кафедры гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 163000, г. Архангельск, ул. Гайдара, д. 24

Тел. (8182) 20-06-56

E-mail: elenabaydakova@yandex.ru