



К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ МИКРОБНОГО РИСКА, СВЯЗАННОГО С ЭКСПОЗИЦИЕЙ КИШЕЧНЫХ ВИРУСОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Е.В. Байдакова^{1,2}, Т.Н. Унгурияну^{1,2}, Р.И. Михайлова³

¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Архангельской области, Россия, 163000, г. Архангельск, ул. Гайдара, 24

²Северный государственный медицинский университет, Россия, 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51

³Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью, Россия, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1

Выполнена оценка микробиологического риска возникновения острых кишечных инфекций (ОКИ) вирусной этиологии, связанного с потреблением питьевой воды водопроводной сети совокупным населением городов Архангельской области за 2006–2017 гг. При проведении исследования использована методика количественной оценки микробиологического риска (*Quantitative Microbial Risk Assessment* – QMRA). Показано, что в структуре кишечных инфекций преобладают ОКИ вирусной этиологии, среди которых наиболее распространенными являются ротавирусная (86,9 %), норовирусная (7,7 %) и энтеровирусная (3,7 %) инфекции. Сравнительный анализ пространственного распределения и многолетней динамики заболеваемости ОКИ с возможным водным фактором передачи возбудителя указывает на высокий уровень частоты развития ротавирусной и норовирусной инфекции в городах Архангельске, Новодвинске, Коряжме и Котласе. В Коряжме и Архангельске скорость развития заболеваемости ротавирусной инфекцией среди населения превышала скорость эпидемиологического процесса на территории сравнения в 1,5–1,6 раза. Превышение гигиенического норматива по содержанию колифагов на уровне P_{95} отмечалось в питьевой воде водопроводной сети Архангельска и Коряжмы в 1,4 и 2,2 раза соответственно. Высокая вероятность возникновения ротавирусной, норовирусной и энтеровирусной инфекций установлена в Архангельске ($p = 0,97–0,99$) и ротавирусной инфекции – в Коряжме ($p = 0,95$). Средняя вероятность возникновения норовирусной ($p = 0,58$) и энтеровирусной инфекций ($p = 0,43$) отмечена в Коряжме. Полученные результаты исследования указывают на практическую значимость использования метода оценки микробного риска (QMRA) в системе санитарно-эпидемиологического надзора за водоподготовкой и обуславливают необходимость внедрения системы вирусологического мониторинга централизованного питьевого водоснабжения.

Ключевые слова: питьевая вода, водоснабжение, острые кишечные инфекции, вирусные инфекции, содержание колифагов, оценка риска, микробиологический риск, QMRA.

Обеспечение безопасного питьевого водоснабжения является эффективной мерой в области профилактики возникновения заболеваний, связанных с потреблением питьевой воды. Состояние централизованного питьевого водоснабжения населения Российской Федерации требует срочных мер по его улучшению [1]. Даже при проведении качественной водоочистки существует вероятность попадания возбудителей инфекционных заболеваний в водопроводную сеть, к примеру, в результате изнашивания системы распределения воды и/или аварий на водопроводах [2, 3]. Случаи острых ки-

шечных инфекций с вероятным водным фактором передачи возбудителя остаются недостаточно изученными в результате нечувствительности эпидемиологического анализа и отсутствия исследований, позволяющих установить прямую зависимость между загрязнением питьевой воды и ростом спорадической заболеваемости [4, 5].

В основе отечественных методов оценки микробного риска учитываются факторы, имеющие непосредственное отношение к водному пути передачи возбудителя, такие как условия хозяйственно-бытового водоснабжения и коммунального благоу-

© Байдакова Е.В., Унгурияну Т.Н., Михайлова Р.И., 2019

Байдакова Елена Валерьевна – главный специалист-эксперт отдела эпидемиологического надзора, ассистент кафедры гигиены и медицинской экологии (e-mail: elenabaydakova@yandex.ru; тел.: 8 (182) 20-06-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1570-6589>).

Унгурияну Татьяна Николаевна – доктор медицинских наук, главный специалист-эксперт отдела организации и обеспечения деятельности, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru; тел.: 8 (182) 20-06-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8936-7324>).

Михайлова Руфина Принарховна – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией гигиены питьевого водоснабжения и биофизики воды (тел.: 8 (499) 246-76-74, e-mail: awme@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7194-9131>).

тройства населенных мест, качество воды в рекреационных водоемах и водоисточниках¹. Оценка микробного риска как комплексный научный подход, основанный на количественной оценке уровня воздействия факторов, связанных с микробным воздействием, широко применяется в зарубежных исследованиях [6, 7]. Зарубежные методики имеют некоторые отличия от российских. В частности, количественная оценка микробиологического риска (Quantitative Microbial Risk Assessment – QMRA) представляет собой математическую систему оценки инфекционного риска опасных для человека патогенов. Методика может помочь в выявлении и регулировании рисков, связанных с передаваемыми через воду микроорганизмами, в особенности в случае спорадических заболеваний. Она может быть использована как при анализе отдельных факторов риска, например, качества воды зон рекреации или питьевой воды централизованного водоснабжения, так и в комплексных исследованиях [8].

Вирусологический мониторинг объектов окружающей среды предусматривает проведение исследований питьевой воды водопроводной сети на наличие вирусов методом вирусологической ловушки с последующей постановкой полимеразной цепной реакции (ПЦР). Однако данный метод не позволяет количественно оценить содержание возбудителя в воде, указывая лишь на наличие ДНК или РНК вируса в пробе без разграничения присутствия живого или инактивированного вируса в воде [9]. Поэтому такой метод обнаружения вирусов в питьевой воде не может быть использован для идентификации опасности, в связи с чем данные об индикаторах микробного загрязнения являются единственными доступными микробиологическими данными для характеристики качества воды.

Несмотря на неопределенность в оценке полученных концентраций патогена по результатам количества обнаруженных микробиологических показателей качества питьевой воды, в литературе есть несколько примеров использования соотношений патогена к показателям качества для цели количественного определения концентраций патогена в окружающей среде для QMRA. Если принять во внимание эпидемиологию (закономерности в распространности и микробных источниках) и контекст окружающей среды (относительная стойкость и перенос), то данные фекальных индикаторов имеют большое значение для QMRA. Например, полезность модели QMRA была использована в исследованиях с ограниченными данными и получен вывод, что количество колифагов можно считать равнозначным количественному содержанию вируса в воде

(в частности ротавируса)² [7, 14]. Результаты исследований широкого спектра бактериальных и вирусных показателей фекальной контаминации воды указывают на то, что содержание колифагов в воде сильнее связано с возникновением заболеваний желудочно-кишечного тракта у человека, чем обнаружение других индикаторов микробиологического загрязнения воды, таких как колиформные бактерии [15]. Показано, что попадание неочищенных фекальных стоков в городской водопровод и зоны купания соответствует подъему заболеваемости норовирусной инфекцией, установленному при параллельном эпидемиологическом исследовании [16].

В Архангельской области 82 % населения городов Архангельска, Новодвинска, Котласа, Коряжмы и Северодвинска обеспечено централизованным питьевым водоснабжением из поверхностных водоисточников. Водоисточники городов Архангельска, Новодвинска, Котласа, Коряжмы относятся к водному бассейну реки Северная Двина. В качестве источника централизованного питьевого водоснабжения города Северодвинска используется река Солза, которая не входит в состав бассейна реки Северная Двина. В 2017 г. только 35 % городского населения Архангельской области было обеспечено доброкачественной питьевой водой [17], что обуславливает актуальность изучения микробного риска, ассоциированного с потреблением населением питьевой воды надлежащего качества.

Целью исследования была оценка микробиологического риска развития кишечных инфекций, связанного с потреблением воды водопроводной сети, для населения в городах Архангельской области.

Материалы и методы. В соответствии с методикой QMRA исследование включало четыре этапа: 1) идентификацию опасности – выбор конкретного микробного агента и связанных с ним последствий; 2) оценку экспозиции в зависимости от типа, величины, продолжительности воздействия микробного агента на человека; 3) оценку зависимости «доза – ответ» и 4) характеристику риска [18].

На этапе идентификации опасности при выборе территорий исследования, групп инфекционных болезней и индикативных показателей факторов внешней среды выполнено описательное эпидемиологическое исследование спорадической заболеваемости острыми кишечными инфекциями (ОКИ) совокупного населения по трем нозологическим группам: ОКИ ротавирусной, норовирусной и энтеровирусной этиологии по данным статистической отчетной формы № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» за 2009–2017 гг. в пяти городах Архангельской области (Архан-

¹ 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. [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/70105056/> (дата обращения: 20.10.2018).

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Архангельской области в 2017 году: Государственный доклад / под ред. Р.В. Бузинова. – Архангельск, 2018. – 149 с.

гельск, Северодвинск, Новодвинск, Котлас, Коряжма). Пространственный анализ заболеваемости проводился с помощью среднего многолетнего значения заболеваемости, в качестве контрольного уровня принималась среднемноголетняя частота заболеваемости совокупного населения по г. Северодвинску. Северодвинск выбран в качестве территории сравнения в связи с тем, что источником централизованного питьевого водоснабжения населения города является река Солза. Солза не входит в состав бассейна реки Северная Двина, в отличие от остальных городов, где Северная Двина является основным или единственным источником питьевого водоснабжения. Сравнение средних показателей заболеваемости по территориям с контрольным уровнем проводили по доле разницы показателей и отношению показателей. Различия считались эпидемиологически выраженными, если доля разницы показателей превышала 20 %, а отношение показателей было выше 1,25.

На этапе идентификации опасности исследовали количественное содержание возбудителя в питьевой воде водопроводной сети по данным социально-гигиенического мониторинга за 2006–2017 гг. Для решения этой задачи была выполнена санитарно-гигиеническая оценка качества воды водопроводной сети систем централизованного питьевого водоснабжения в пяти городах Архангельской области: Архангельске, Северодвинске, Новодвинске, Котласе и Коряжме по содержанию колифагов. Для описания содержания исследуемого показателя в воде использованы удельный вес нестандартных проб, медиана (*Me*), 75-й и 95-й перцентили (P_{75} и P_{95}).

Расчет дозы микробного агента осуществляли по формуле (1):

$$dose = CV, \quad (1)$$

где C – концентрация возбудителя в одном литре потребляемой воды, V – объем водопотребления.

Для расчета дозы использовали содержание колифагов на уровне P_{95} . Колифаги более устойчивы к окружающей среде, чем их бактерии-хозяева, что обуславливает способность колифагов служить индикатором давнего фекального загрязнения. Исследователями доказана зависимость между содержанием колифагов в воде и опасных для человека энтеровирусов [19, 20]. Для расчета дозы в настоящем исследовании использовали значение водопотребления, равное 0,743 литра в сутки³, которое отражает потребление только водопроводной воды и не включает бутилированную воду, а также покупные продукты и напитки, содержащие воду.

Оценку экспозиции проводили с использованием результатов опубликованных исследований⁴ [9, 10]. Для оценки вероятности заражения ротавирусной и энтеровирусной инфекциями использовали экспоненциальную модель зависимости «доза – ответ», рассчитанную по формуле (2):

$$P_{\text{вероятность заражения}} = 1 - \exp(-dose \cdot k), \quad (2)$$

где значение коэффициента k для энтеровируса составило 0,00374 [22], для ротавируса – 0,173 [9].

Для оценки вероятности заражения норовирусной инфекцией использовали уравнение вырожденной гипергеометрической функции, где α и β – параметры бета-распределения Пуассона (3):

$$P_{\text{вероятность заражения}} = 1 - {}_1F_1(\alpha, \alpha + \beta - dose), \quad (3)$$

где значения α и β для норовируса составляют 0,04 и 0,055 соответственно [10]. Для вычисления значений уравнения использовали программу по расчету математических функций Wolfram Mathematic online.

Расчет вероятности возникновения заболевания проводили по формуле (4):

$$P = 1 - (1 - P_{\text{вероятность заражения}})^n, \quad (4)$$

где n – количество нестандартных проб по содержанию колифагов, зарегистрированных за весь период исследования.

Полученные результаты уровней риска оценивались по трем диапазонам: P менее 0,047 указывает на низкий (приемлемый) риск, P от 0,057 до 0,6095 – средний риск, P от 0,619 до 1 – высокий риск возникновения кишечной инфекции среди населения [11].

Результаты и их обсуждение. На территории городов Архангельской области с 2009 по 2017 г. среди совокупного населения зарегистрирован 48 931 случай ОКИ различной этиологии. Среди всех зарегистрированных в городах случаев ОКИ на долю ОКИ неустановленной этиологии приходилось 65,6 %, этиологическую расшифровку получили 34,4 %. Соотношение случаев ОКИ вирусной и бактериальной этиологии составляло 3:1.

В структуре ОКИ вирусной этиологии первое место занимает ротавирусная инфекция (86,9 %), второе место отводится норовирусной инфекции (7,7 %), на третьем месте – энтеровирусная инфекция (3,7 %). Наименьший удельный вес в структуре вирусных кишечных инфекций имеет гепатит А (1,7 %).

Анализ заболеваемости ОКИ среди населения городов показал, что максимально высокий уровень заболеваемости ротавирусной инфекцией установлен в Котласе (299,4⁰/₀₀₀₀) и Новодвинске (288,8⁰/₀₀₀₀) по сравнению с другими территориями (табл. 1).

³ Exposure Factors Handbook – Update (2009, External Review Draft) [Электронный ресурс] // United States Environmental Protection Agency, Washington (DC), EPA/600/R-09/052A, 2009. – URL: <https://cfpub.epa.gov/> (дата обращения: 11.10.2018).

⁴ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. – С. 105.

Таблица 1

Пространственная и временная характеристика заболеваемости ОКИ вирусной этиологии
среди совокупного населения городов Архангельской области

Показатель	Территория (город)				
	Архангельск	Новодвинск	Котлас	Коряжма	Северодвинск
<i>Ротавирусная инфекция</i>					
Среднее значение заболеваемости, $\frac{0}{0000}$	161,8	288,8	299,4	159,2	104,0
Средний коэффициент опережения*, кол-во раз	1,6	2,8	2,9	1,5	–
<i>Норовирусная инфекция</i>					
Среднее значение заболеваемости, $\frac{0}{0000}$	19,4	16,8	2,7	9,4	13,6
Средний коэффициент опережения*, кол-во раз	1,4	1,1	0,1	0,7	–
<i>Энтеровирусная инфекция</i>					
Среднее значение заболеваемости, $\frac{0}{0000}$	11,0	12,4	–	–	1,2
Средний коэффициент опережения*, кол-во раз	9,1	10,3	–	–	–

Примечание: * – в сравнении с Северодвинском.

В Архангельске и Новодвинске отмечалась наибольшая частота заболеваемости норовирусной и энтеровирусной этиологии – 19,4 и 16,8 $\frac{0}{0000}$ и 11,0 и 12,4 $\frac{0}{0000}$ соответственно.

Наиболее высокая скорость развития ротавирусной инфекции установлена в Новодвинске и Котласе, где коэффициенты опережения по сравнению с Северодвинском составили 2,6–2,9 раза. В Коряжме и Архангельске скорость развития заболеваемости ротавирусной инфекцией среди населения превышала скорость эпидемиологического процесса на территории Северодвинска в 1,5–1,6 раза. В Новодвинске и Архангельске скорость развития заболеваемости населения энтеровирусной инфекцией превышала аналогичный показатель в Северодвинске в 10,3 и 9,1 раза соответственно. Отсутствие регистрации случаев энтеровирусной инфекции в Котласе и Коряжме в условиях тенденции к росту данной нозологии в целом по стране свидетельствует об отсутствии эпидемиологической настороженности в отношении энтеровирусной инфекции в этих городах. Так, на территории Российской Федерации в многолетней динамике, в том числе и за последние годы (2015–2017 гг.), отмечался рост заболеваемости энтеровирусной инфекцией в 1,5 раза, а в сравнении со среднегодовым уровнем предыдущего 10-летнего периода – в 3,3 раза [12].

Таким образом, эпидемиологический анализ sporadической заболеваемости ОКИ позволил выявить наиболее распространенные виды возбудителей инфекции на этапе идентификации опасности. При сравнительном анализе пространственного распределения и многолетней динамики заболеваемости ОКИ с возможным водным фактором передачи возбудителя выявлен высокий уровень частоты развития ротавирусной инфекции и норовирусной инфекции в Архангельске, Новодвинске, Коряжме и Котласе.

Удельный вес нестандартных проб по содержанию колифагов в питьевой воде Коряжмы и Архангельска после водоподготовки составлял 6,2 и 7,0 % соответственно (табл. 2). На уровне медиан-

ных значений и 75-го перцентиля микробиологические показатели в питьевой воде не обнаружены. В водопроводной сети Архангельска и Коряжмы удельный вес проб по содержанию колифагов выше гигиенических нормативов составлял 6,2 и 7,0 % соответственно. Установлено превышение гигиенического норматива по содержанию колифагов на уровне P_{95} в Архангельске и Коряжме в 1,4 и 2,2 раза соответственно.

Количественный риск возникновения ОКИ вирусной этиологии в настоящем исследовании был оценен только для Архангельска и Коряжмы в связи с тем, что за весь период наблюдения превышение показателей колифагов было зарегистрировано в водопроводной сети этих двух городов.

Количественная оценка микробиологического риска возникновения ОКИ, связанного с централизованным питьевым водоснабжением, указывает на высокую вероятность возникновения ротавирусной, норовирусной и энтеровирусной инфекций в Архангельске ($p = 0,97–0,99$) и ротавирусной инфекции в Коряжме ($p = 0,95$) (табл. 3). Средняя вероятность возникновения норовирусной и энтеровирусной инфекций при потреблении питьевой воды из городского водопровода отмечена в Коряжме ($p = 0,58$ и $p = 0,43$ соответственно).

Таблица 2

Качество питьевой воды централизованного
питьевого водоснабжения за 2006–2017 гг.
по содержанию колифагов в сети

Территория	Количество проб			M_e	P_{75}	P_{95}	X_{max}
	всего	выше ГН*	% **				
Архангельск	1382	86	6,2	0	0	1,4	16,1
Северодвинск	337	0	0,0	0	0	0	0
Котлас	153	0	0,0	0	0	0	0
Коряжма	129	9	7,0	0	0	2,2	16,1
Новодвинск	155	0	0,0	0	0	0	0

Примечание: * – ГН – гигиенический норматив; ** – удельный вес проб, превышающих гигиенический норматив.

Таблица 3

Микробный риск возникновения кишечных инфекций с вероятным водным фактором передачи возбудителя

Нозология	Вероятность заражения	Вероятность возникновения заболевания	Характеристика вероятности
<i>Архангельск (dose=10,4)</i>			
Ротавирусная инфекция	0,16	0,99	Высокий
Норовирусная инфекция	0,09	0,99	Высокий
Энтеровирусная инфекция	0,04	0,97	Высокий
<i>Коряжма (dose=16,4)</i>			
Ротавирусная инфекция	0,24	0,95	Высокий
Норовирусная инфекция	0,11	0,58	Средний
Энтеровирусная инфекция	0,06	0,43	Средний

Выводы. В результате проведенного исследования установлено, что структура спорадической заболеваемости ОКИ с вероятным водным путем передачи возбудителя указывает на то, что наиболее распространены ОКИ вирусной этиологии с преобладанием ротавирусной, норовирусной и энтеровирусной инфекций.

При проведении оценки микробиологического качества питьевой воды централизованного водоснабжения установлены отклонения от гигиенического норматива в воде водопроводной сети по содержанию колифагов в городах Архангельске и Коряжме.

При потреблении питьевой воды из городских водопроводов установлена высокая вероятность возникновения ротавирусной, норовирусной и энтеровирусной инфекций для населения Архангельска, средний уровень вероятности возникновения норовирусной и энтеровирусной инфекций и высокая

вероятность возникновения ротавирусной инфекции для населения Коряжмы.

Выполненное исследование обуславливает практическую возможность внедрения метода оценки микробного риска (QMRA) в систему санитарно-эпидемиологического надзора за водоподготовкой и указывает на необходимость разработки практических рекомендаций, направленных на совершенствование системы вирусологического мониторинга централизованного питьевого водоснабжения, повышение качества питьевой воды и профилактику заболеваемости острыми кишечными инфекциями, ассоциированными с водным фактором передачи возбудителя.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Каменецкая Д.Б. Качество питьевого водоснабжения в Российской Федерации // Контроль качества продукции. – 2015. – № 9. – С. 7–13.
2. Sensitivity analysis of some critical factors affecting simulated intrusion volumes during a low pressure transient event in a full-scale water distribution system / G. Ebacher, M.C. Besner, B. Clément, M. Prévost // Water Research. – 2012. – Vol. 46, № 13. – P. 4017–4030.
3. Risk of viral acute gastrointestinal illness from nondisinfected drinking water distribution systems / E. Lambertini, M.A. Borchardt, B.A. Jr. Kieke, S.K. Spencer, F.J. Loge // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2012. – Vol. 46, № 17. – P. 9299–9307.
4. Ford T.E. Microbiological safety of drinking water: united states and global perspective // Environmental Health Perspectives. – 1999. – Vol. 107, № 1. – P. 191–206.
5. A randomized, blinded, controlled trial investigating the gastrointestinal health effects of drinking water quality / M.E. Hellard, M.I. Sinclair, A.B. Forbes, C.K. Fairley // Environmental Health Perspectives. – 2001. – Vol. 109, № 8. – P. 773–778.
6. Holeton C., Chambers P.A., Grace L. Wastewater release and its impact on Canadian waters // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2011. – Vol. 68. – P. 1836–1869.
7. 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. – Vol. 36, № 2. – P. 203–214.
8. Risk-based cost-benefit analysis for evaluating microbial risk mitigation in a drinking water system / V. Bergion, A. Lindhe, E. Sokolova, L. Rosén // Water Research. – 2018. – Vol. 132. – P. 111–123.
9. Показательное значение некоторых индикаторов и маркеров в отношении вирусного загрязнения воды / А.Е. Недачин, Р.А. Дмитриева, Т.В. Доскина, В.А. Долгин // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 6. – С. 54–58.
10. 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. – Vol. 91. – P. 31–37.
11. Howard G., Pedley S., Tibatemwa S. Quantitative microbial risk assessment to estimate health risks attributable to water supply: can the technique be applied in developing countries with limited data? // Journal of Water and Health. – 2015. – Vol. 4, № 1. – P. 49–65.

12. Epidemiologic evaluation of multiple alternate microbial water quality monitoring indicators at three California beaches / J.F. Griffith, S.B. Weisberg, B.F. Arnold, Y. Cao, K.C. Schiff, J.M. Jr. Colford // *Water Research*. – 2016. – Vol. 94. – P. 371–381.
13. Incidence of gastrointestinal illness following wet weather recreational exposures: Harmonization of quantitative microbial risk assessment with an epidemiologic investigation of surfers / J.A. Soller, M. Schoen, J.A. Steele, J.F. Griffith, K.C. Schiff // *Water Research*. – 2017. – Vol. 121. – P. 280–289.
14. Quantitative microbial risk assessment: application for water safety management. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2016. – P. 12–13. – URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/246195/9789241565370-eng.pdf> (дата обращения: 25.12.2018).
15. Coliphages as an indicator of faecal pollution in water. Their survival and productive infectivity in natural aquatic environment / J.J. Borrego, R. Cornax, M.A. Morinigo, E. Martinez-Manzanares, P. Romero // *Water Research*. – 1991. – Vol. 24. – P. 111–116.
16. Stetler R.E. Coliphages as indicators of enteroviruses // *Applied and Environmental Microbiology*. – 1984. – Vol. 48. – P. 668–670.
17. Stalrup J.R., Chilukuri S. Enterovirus infections: a review of clinical presentation, diagnosis, and treatment // *Dermatologic clinics*. – 2006. – Vol. 20, № 2. – P. 217–223.
18. Human rotavirus studies in volunteers: determination of infectious dose and serological response to infection / R.L. Ward, D.I. Bernstein, E.C. Young, J.R. Sherwood, D.R. Knowlton, G.M. Schiff // *The Journal of Infectious Diseases*. – 1986. – Vol. 154, № 5. – P. 871–880.
19. Norwalk virus: how infectious is it? / P.F. Teunis, C.L. Moe, P. Liu, S.E. Miller, L. Lindesmith, R.S. Baric [et al.] // *Journal of Medical Virology*. – 2008. – Vol. 80, № 8. – P. 1468–1476.
20. Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование оценки качества питьевой воды по показателям эпидемиологической безопасности с использованием методологии оценки риска здоровью населения // *Профилактическая и клиническая медицина*. – 2015. – Т. 56, № 3. – С. 12–17.

Байдакова Е.В., Унгуряну Т.Н., Михайлова Р.И. К количественной оценке микробного риска, связанного с экспозицией кишечных вирусов в питьевой воде // *Анализ риска здоровью*. – 2019. – № 2. – С. 108–114. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.12

UDC 613, 614, 616.9

DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.12.eng



ON QUANTITATIVE ASSESSMENT OF MICROBE RISK CAUSED BY EXPOSURE TO ENTERIC VIRUSES IN DRINKING WATER

E.V.Baydakova^{1,2}, T.N. Unguryanu^{1,2}, R.I. Mikhailova³

¹Arkhangelsk Region Department of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance, 24 Gaidar St., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

²Northern State Medical University, 51 Troitsky Av., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

³Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Russian Ministry of Health, Bldg. 1, 10 Pogodinskaya Sr., Moscow, 119121, Russian Federation

The authors assessed microbiological risks of acute intestinal infections (AII) with viral etiology caused by drinking water taken from centralized water supply systems among overall urban population in Arkhangelsk region over 2006-2017. The research was performed with Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) procedure. It was revealed that acute intestinal viral infections prevailed among intestinal infections; the most widely spread ones were rotavirus infection (86.9%), norovirus infection (7.7%), and enterovirus infection (3.7%). The authors also performed comparative analysis of spatial distribution and long-term dynamics of incidence with AII which were possibly caused by infectious agents entering a body with water. The analysis revealed that rotavirus and norovirus infections frequently occurred in Arkhangelsk, Novodvinsk, Koryazhma, and Kotlas. Incidence with rotavirus infection among population in Koryazhma and Arkhangelsk grew 1.5-1.6 times faster than epidemiological processes on the reference territory. Coliphages contents were equal to P₉₅ in drinking water taken from centralized

© Baydakova E.V., Unguryanu T.N., Mikhailova R.I., 2019

Elena V. Baydakova – chief expert at the Epidemiologic Surveillance Department; junior lecturer at the Hygiene and Medicine Ecology Department (e-mail: elenabaydakova@yandex.ru; tel.: +7 (8182) 20-06-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1570-6589>).

Tatiana N. Unguryanu – Doctor of Medical Sciences, chief expert at the Department for Activities Organization and Provision; Professor at the Hygiene and Medicine Ecology Department (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru; tel.: +7 (8182) 20-06-56; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8936-7324>).

Rufina I. Mikhaylova – Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Drinking Water Supply Hygiene and Water Biophysics (e-mail: awme@mail.ru; tel.: +7 (499) 246-76-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7194-9131>).

water supply systems in Arkhangelsk and Koryazhma, and it was 1.4 and 2.2 times higher respectively than the hygienic standard. Rotavirus, norovirus, and enterovirus infections were highly likely to occur in Arkhangelsk ($R=0.97-0.99$), and rotavirus infection, in Koryazhma ($R=0.95$). Average probability of norovirus infection ($R=0.58$) and enterovirus infection ($R=0.43$) was detected in Koryazhma. The research results indicate that Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) procedure is feasible and significant within the system of sanitary-epidemiologic surveillance over water treatment; it substantiates the necessity to create and implement virology monitoring over centralized drinking water supply.

Key words: drinking water, water supply, acute intestinal infections, viral infections, coliphages contents, risk assessment, microbiological risk, QMRA.

References

1. Rakhmanin Yu.A., Mikhailova R.I., Kamenetskaya D.B. Kachestvo pit'evogo vodosnabzheniya v Rossiiskoi Federatsii [Quality of drinking water supply in the Russian Federation]. *Kontrol' kachestva produktsii*, 2015, no. 9, pp. 7–13 (in Russian).
2. Ebacher G., Besner M.C., Clément B., Prévost M. Sensitivity analysis of some critical factors affecting simulated intrusion volumes during a low pressure transient event in a full-scale water distribution system. *Water Research*, 2012, vol. 46, no. 13, pp. 4017–4030.
3. Lambertini E., Borchardt M.A., Kieke B.A. Jr., Spencer S.K., Loge F.J. Risk of viral acute gastrointestinal illness from nondisinfected drinking water distribution systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2012, vol. 46, no. 17, pp. 9299–9307.
4. Ford T.E. Microbiological safety of drinking water: United States and global perspective. *Environmental Health Perspectives*, 1999, vol. 107, no. 1, pp. 191–206.
5. Hellard M.E., Sinclair M.I., Forbes A.B., Fairley C.K. A randomized, blinded, controlled trial investigating the gastrointestinal health effects of drinking water quality. *Environmental Health Perspectives*, 2001, vol. 109, no. 8, pp. 773–778.
6. Holton C., Chambers P.A., Grace L. Wastewater release and its impact on Canadian waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2011, vol. 68, pp. 1836–1869.
7. 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, vol. 36, no. 2, pp. 203–214.
8. Bergion V., Lindhe A., Sokolova E., Rosén L. Risk-based cost-benefit analysis for evaluating microbial risk mitigation in a drinking water system. *Water Research*, 2018, vol. 132, pp. 111–123.
9. Nedachin A.E., Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Dolgin V.A. The illustrative value of separate indices and markers for viral contamination of water. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 6, pp. 54–58 (in Russian).
10. 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, vol. 91, pp. 31–37.
11. Howard G., Pedley S., Tibatemwa S. Quantitative microbial risk assessment to estimate health risks attributable to water supply: can the technique be applied in developing countries with limited data? *Journal of Water and Health*, 2015, vol. 4, no. 1, pp. 49–65.
12. Griffith J.F., Weisberg S.B., Arnold B.F., Cao Y., Schiff K.C., Colford J.M. Jr. Epidemiologic evaluation of multiple alternate microbial water quality monitoring indicators at three California beaches. *Water Research*, 2016, vol. 94, pp. 371–381.
13. Soller J.A., Schoen M., Steele J.A., Griffith J.F., Schiff K.C. Incidence of gastrointestinal illness following wet weather recreational exposures: Harmonization of quantitative microbial risk assessment with an epidemiologic investigation of surfers. *Water Research*, 2017, vol. 121, pp. 280–289.
14. Quantitative microbial risk assessment: application for water safety management. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. *World Health Organization*, 2016, pp. 12–13. Available at: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/246195/9789241565370-eng.pdf> (25.12.2018).
15. Borrego J.J., Cornax R., Morinigo M.A., Martinez-Manzanares E., Romero P. Coliphages as an indicator of faecal pollution in water. Their survival and productive infectivity in natural aquatic environment. *Water Research*, 1991, vol. 24, pp. 111–116.
16. Stetler R.E. Coliphages as indicators of enteroviruses. *Applied and Environmental Microbiology*, 1984, vol. 48, pp. 668–670.
17. Stalkup J.R., Chilukuri S. Enterovirus infections: a review of clinical presentation, diagnosis, and treatment. *Dermatologic clinics*, 2006, vol. 20, no. 2, pp. 217–223.
18. Ward R.L., Bernstein D.I., Young E.C., Sherwood J.R., Knowlton D.R., Schiff G.M. Human rotavirus studies in volunteers: determination of infectious dose and serological response to infection. *The Journal of Infectious Diseases*, 1986, vol. 154, no. 5, pp. 871–880.
19. Teunis P.F., Moe C.L., Liu P., Miller S.E., Lindesmith L., Baric R.S. [et al.]. Norwalk virus: how infectious is it? *Journal of Medical Virology*, 2008, vol. 80, no. 8, pp. 1468–1476.
20. Mel'tser A.V., Kiselev A.V., Erastova N.V. Hygienic validation of assessment of drinking water quality in terms of epidemiological safety using methodology of public health risk assessment. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2015, no. 3 (56), pp. 12–17 (in Russian).

Baydakova E.V., Unguryanu T.N., Mikhaylova R.I. On quantitative assessment of microbe risk caused by exposure to enteric viruses in drinking water. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 2, pp. 108–114. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.12.eng

Получена: 27.03.2019

Принята: 20.05.2019

Опубликована: 30.06.2019