

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Дмитриева Р.А., Доскина Т.В., Загайнова А.В., Недачин А.Е., Абрамов И.А., Булатова К.В.

ИЗУЧЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ВИРУСОВ В ВОДЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЁМОВ И В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119121, Москва

Введение. Представлены данные натурных исследований поверхностных водоёмов и сточных вод по показателям вирусного загрязнения.

Материал и методы. На наличие вирусов исследовали пробы: воды рек средневропейского региона России; хозяйственно-бытовых сточных вод городов данного региона; сточные вод после очистки на трёх станциях аэрации. Элюаты исследовали на наличие вирусов на 2 перевиваемых линиях клеток RD и Hep-2, рекомендованных ВОЗ, а также на культуре BGM. Кроме того, в большей части проб определяли РНК энтеро-, норо-, астро-, ротавирусов, вирусов гепатита А (ВГА) в ОТ-ПЦР и ДНК аденовирусов в ПЦР. Выделение вирусов на клеточных культурах проводили в 3 пассажах, а определение РНК и ДНК вирусов – в 2 повторностях. Все пробы также исследовали на наличие колифагов в качестве косвенных показателей вирусного загрязнения.

Результаты. Выявлено, что в воде поверхностных водоёмов определялись колифаги в 94% проб, вирусы на перевиваемых линиях клеток RD, Hep-2 и BGM определялись в 35% проб. Процент определения РНК энтеро-, рота-, норо-, астровирусов, ВГА и ДНК аденовирусов колебался от 10 до 70%.

Обсуждение. Проведённые исследования на трёх станциях аэрации показали увеличение вирусного загрязнения воды водоёмов после сброса в них сточных вод.

Заключение. Сточные воды, как необработанные, так и после биологической очистки и обеззараживания, загрязнены вирусами, и при сбросе их в поверхностные водоёмы создаётся высокий риск для здоровья населения. С целью сохранения водных ресурсов России существующие способы очистки и обеззараживания сточных вод целесообразно модернизировать с отработкой индивидуальных схем с учётом данных санитарно-вирусологического контроля сбрасываемых сточных вод и нормативов, указанных в документах водно-санитарного законодательства.

Ключевые слова: аденовирус; норовирус; энтеровирус; ротавирус; астровирус; ВГА; вирусное загрязнение; сточные воды; поверхностные водоёмы.

Для цитирования: Дмитриева Р.А., Доскина Т.В., Загайнова А.В., Недачин А.Е., Абрамов И.А., Булатова К.В. Изучение циркуляции вирусов в воде поверхностных водоёмов и в сточных водах. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(11): 1201-1205. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1201-1205>

Для корреспонденции: Дмитриева Раиса Александровна, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории санитарной вирусологии ФГБУ «ЦСП» Минздрава России, Москва, 119121. E-mail: labdmitrieva@mail.ru

Финансирование. Представлены материалы исследований, выполненных в соответствии с государственным заданием по теме: «Обоснование развития методической базы обеспечения эпидемиологической безопасности условий водопользования населения при повышенном химическом загрязнении воды водисточников».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Дмитриева Р.А., Доскина Т.В., Абрамов И.А.; сбор и обработка материала – Дмитриева Р.А., Доскина Т.В., Недачин А.Е., Булатова К.В.; статистическая обработка – Абрамов И.А.; написание текста – Дмитриева Р.А.; редактирование – Загайнова А.В.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 28.02.2019

Принята к печати 17.09.19

Опубликована: ноябрь 2019

Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Zagainova A.V., Nedachin A.E., Abramov I.A., Bulatova K.V.

THE STUDY OF CIRCULATION OF VIRUSES IN SURFACE WATERS AND IN WASTEWATER

Center for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119121, Russian Federation

Introduction. There was presented data from the field observation of surface waters and wastewater on indices of viral pollution.

Material and Methods. To detect the presence of viruses, we examined samples as following: waters of the rivers of the Central European region of Russia; wastewater of the cities of this region; wastewater after treatment at three aeration stations. Eluates were examined for viruses on 2 transplantable RD and Hep-2 cell lines recommended by WHO, as well as on BGM culture. In addition, in the majority of samples, RNA of entero-, noro-, astro-, rotaviruses, hepatitis A viruses (HAV) was detected in RT-PCR and adenovirus DNA in PCR. The output of viruses in cell cultures was carried out in 3 passages, and the determination of RNA and DNA of viruses - in 2 replications. All samples were also examined for coliphages, as indirect indices of viral contamination.

Results. It was revealed that coliphages were detected in surface water in 94% of samples, viruses on tissue RD, Hep-2 and BGM cell lines were detected in 35% of samples. The percentage of detection of RNA entero-, rota-, noro-, astroviruses, HAV and adenovirus DNA ranged from 10 to 70%.

Discussion. Studies conducted at three aeration stations showed an increase in viral contamination of water in water bodies after the discharge of wastewater into them.

Conclusion. Wastewater, both untreated and after biological treatment and disinfection, is contaminated with viruses and when discharged into surface water bodies creates a high risk to public health. In order to preserve the water resources of Russia, modern methods of cleaning and disinfecting wastewater should be modernized with the develop-

ment of individual schemes taking into account the data of sanitary and virological control of discharged wastewater and the standards specified in the documents of water sanitary legislation.

Key words: *adenoviridae; norovirus; enterovirus; rotovirus; astroviridae; hepatitis A virus; viral pollution; wastewater; surface waters.*

For citation: Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Zagainova A.V., Nedachin A.E., Abramov I.A., Bulatova K.V. The study of the circulation of viruses in surface waters and in wastewater. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(11): 1201-1205. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1201-1205>

For correspondence: Raisa A. Dmitrieva, MD, Ph.D., leading researcher of the laboratory of sanitary virology Center for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: labdmitrieva@mail.ru

Information about authors:

Dmitrieva R.A., <https://orcid.org/0000-0002-4408-9831>; Doskina T.V., <https://orcid.org/0000-0002-3613-4305>; Zagainova A.V., <https://orcid.org/0000-0003-4772-9686>; Nedachin A.E., <https://orcid.org/0000-0001-6544-2959>; Abramov I.A., <https://orcid.org/0000-0002-7433-7728>; Bulatova K.V., <https://orcid.org/0000-0003-0232-2284>

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

Acknowledgment. There are presented materials of studies carried out in accordance with the state task on the topic: "Justification for the development of a methodological basis for ensuring the epidemiological safety of the conditions of water use of the population in conditions of increased chemical pollution of water sources. Contribution: the concept and design of the study – Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Abramov I.A.; collection and processing of material Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Nedachin A.E., Bulatova K.V.; statistical processing – Abramov I.A.; writing the text – Dmitrieva R.A.; editing – Zagainova A.V.; approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all co-authors.

Received: February 28, 2019

Accepted: September 17, 2019

Published: November 2019

Введение

В настоящее время вопросы, связанные с охраной поверхностных водоёмов от загрязнения, выдвигаются в ряд важнейших проблем во всех промышленно развитых странах [1]. Это диктует необходимость более пристального внимания на эту проблему, так как процессы антропогенного биологического и промышленного загрязнения объектов окружающей среды (ООС), особенно водных объектов, в некоторых регионах Российской Федерации достигают уровней, соизмеримых с состоянием экологической катастрофы [2, 3].

Работами отечественных и зарубежных авторов показано, что поступление в водоёмы недостаточно очищенных и не обезвреженных хозяйственно-бытовых сточных вод способствует их массивному биологическому загрязнению, в том числе вирусами кишечной группы [4–8], что представляет особую опасность для водоёмов, используемых в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. При этом крайне недостаточно изучено влияние разных типов и концентраций химических соединений в составе промышленных и поверхностных стоков на степень устойчивости микроорганизмов при комбинированном загрязнении поверхностных вод. В связи с этим необходимо совершенствование мероприятий, касающихся обеспечения эпидемической безопасности воды поверхностных водоёмов и создание благоприятных гигиенических условий водопользования, исключающих риск здоровью населения.

Особого внимания требует контроль качества воды поверхностных водоёмов, используемых населением в хозяйственно-бытовых целях, в связи с возможностью возникновения водных вспышек кишечных инфекций вирусной этиологии.

Анализ современного состояния водных ресурсов России свидетельствует о высоком уровне их микробного загрязнения. Более трети водоёмов имеют микробное загрязнение, в десятки и тысячи раз превышающее гигиенические нормативы. Санитарно-бактериологические исследования воды и в частности рек показали, что во многих регионах России реки оцениваются как «загрязнённые», «грязные» или «экстремально грязные» как по химическим, так и по микробиологическим показателям [9]. В 2017 г. количество случаев заболеваний, ассоциированных с микробным и химическим загрязнением воды, снизилось на 10%, однако 32,7% водоисточников не соответствовало санитарно-эпидемиологическим требованиям. Как и в предыдущие годы, основной причиной неблагополучия поверхностных водоёмов являлось несоблюдение санитарно-защитных зон и сброс в водоёмы недостаточно очищенных сточных вод. В 2017 г. количество водоёмов 1-й и 2-й категории с превышением гигиенических нормативов по микробиологическим показателям составляло 17,9 и 21,9% соответственно [10].

Следует отметить, что учёт инфекционной заболеваемости, связанной с водным фактором распространения, проводится в

основном по бактериальным инфекциям. В то же время водным путём могут распространяться более 150 вирусов, вызывающих у человека вирусный гепатит А, энтеровирусные менингиты, аденовирусные, ротавирусные и другие инфекции, возбудители которых обладают высокой устойчивостью не только к разным методам очистки, но и к некоторым обеззараживающим агентам [2, 5, 11–17]. С 2007 г. произошли изменения в эпидемиологии в России и мире, в частности изменилась структура острых кишечных вирусных заболеваний: увеличилась значимость рота-, норо-, астровирусных, был зарегистрирован полиомиелит, вызванный заносом диких штаммов [18]. В настоящее время оценка санитарно-вирусологического состояния вод поверхностных водоёмов и сточных вод, сбрасываемых в водоёмы, проводится с использованием колифагов в качестве индикаторов вирусного загрязнения. Однако в последнее десятилетие для прямого определения вирусов по их геному (РНК и ДНК) широко используются молекулярные методы, в частности полимеразная цепная реакция (ПЦР), которая обладает высокой чувствительностью, доступна и позволяет определять их быстро (в течение суток) [19]. Параллельное использование ПЦР и определение колифагов в воде обеспечивают наибольшую надёжность в отношении вирусного загрязнения, так как позволяет определить и эпидемиологическую значимость вирусов, определяемых по их РНК и ДНК (МУК 4.3.2030-05 «Санитарно-вирусологический контроль эффективности обеззараживания питьевых и сточных вод под УФ-облучением»).

В связи с вышеизложенным целью настоящих исследований было изучение спектра вирусов, содержащихся в воде поверхностных водоёмов, и влияние сточных вод на качество вод поверхностных водоёмов по вирусологическим показателям.

Материал и методы

На наличие вирусов исследовали пробы: воды рек среднеевропейского региона России; хозяйственно-бытовых сточных вод городов данного региона; сточных вод после очистки на трёх станциях аэрации.

Пробы речной и сточных вод отбирали в объеме 10 л в стерильные канистры, доставляли в лабораторию и подвергали концентрированию на ионно-обменной смоле, а сточные воды дополнительно концентрировали 2-этапным методом микро- и ультрафильтрации через электропозитивные микро- и ультрамембраны ММК⁺ (в соответствии с МУК 4.2.2029-05 «Санитарно-вирусологический контроль водных объектов») с использованием фракционной установки с тангенциально-радиальным способом подачи воды. Элюцию вирусов с анионоактивной смолы проводили 10 мл фосфатного буфера с pH = 8,2, а с микро- и ультрамембраны ММК⁺ – 3%-ным раствором бифэкстракта с pH = 9,1. При этом первичное элюирование с микромембраны ММК⁺ осуществляли 60 мл бифэкстракта в закрытом режиме, а после вторичного этапа ультрафильтрации первичного элюата – 10 мл бифэкстракта.

Циркуляция вирусов в воде рек и сточных водах

Проба	Количество проб, исследованных на															
	колифаги		ЦПА на клеточных культурах		РНК и ДНК вирусов в ПЦР и ОТ-ПЦР											
					адено-		энтеро-		рота-		ВГА		норо-		астро-	
абс.	% положит. проб	абс.	% положит. проб	абс.	% положит. проб	абс.	% положит. проб	абс.	% положит. проб	абс.	% положит. проб	абс.	% положит. проб	абс.	% положит. проб	
Вода поверхностных водоёмов	107	94	94	35	10	50	49	18,4	51	21,6	67	10,4	10	70	10	30
Сточная вода:																
поступающая на сооружения	42	100	42	47,6	7	57,1	28	53,6	24	16,7	24	16,7	24	83,3	24	91,7
после очистки	14	100	17	52,4	7	57,1	15	66,7	9	33,3	8	25	6	40	6	50,1
после УФ-обеззараживания	14	7,1	14	11,4	—*	—*	8	25	8	25	8	0	—*	—*	—*	—*

Примечание. * – пробы не исследовались.

Элюаты исследовали на наличие вирусов на 2 перевиваемых линиях клеток RD и Her-2, рекомендованных ВОЗ [20], а также на культуре BGM (МУК 4.2.2029-05 «Санитарно-вирусологический контроль водных объектов»). Кроме того, в большей части проб определяли РНК энтеро-, норо-, астро-, ротавирусов, вирусов гепатита А (ВГА) в ОТ-ПЦР и ДНК аденовирусов в ПЦР в соответствии с инструкциями комплектов реагентов.

Выделение вирусов (ЦПА) на клеточных культурах проводили в 3 пассажах, а определение РНК и ДНК вирусов – в 2 повторностях.

Все пробы также исследовали на наличие колифагов в качестве косвенных показателей вирусного загрязнения. Колифаги выделяли в соответствии с МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов» и МУК 2.1.5.800-99 – «Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод».

Результаты

Результаты исследований по анализу воды исследованных рек и сточных вод в отношении вирусного загрязнения представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, вода поверхностных водоёмов интенсивно загрязнена различными вирусами. На культурах RD и Her-2 ЦПА определялись в 35% проб, а содержание в воде ДНК аденовирусов и РНК энтеро-, рота-, норо-, астровирусов и ВГА

колебалось в пределах от 10 до 70% от отобранных проб. Колифаги выделены из речной воды в 94% проб, и концентрация их колебалась от $9,7 \cdot 10^3$ до 1 БОЕ/100 мл.

Анализ данных о наличии вирусов и колифагов в сточной воде, поступающей на очистные сооружения до и после очистки, показал, что колифаги определялись в 100% проб. Процент выделения ЦПА на клеточных культурах и определения ДНК и РНК ряда вирусов повышался после биологической очистки в сравнении с их выделением из проб необработанных сточных вод. Этот рост выделения, очевидно, связан с дроблением крупных конгломератов на этапе механической обработки и десорбцией вирусов с частиц сточных вод в щелочной среде.

После обеззараживания сточных вод уровень выделения колифагов и вирусов значительно снижается и составляет 7 и 11% соответственно.

С целью выявления степени загрязнения речной воды вирусами после сброса в неё сточных вод были проведены исследования в районе 3 станций аэрации. Исследовались вода рек до сброса сточных вод, сточная вода после очистки и вода рек после сброса в неё сточных вод. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, колифаги, ЦПА, РНК и ДНК вирусов определялись как в сточной воде, так и в воде рек до и после сброса в них сточных вод практически на всех станциях аэрации.

Таблица 2

Влияние сточных вод на качество воды поверхностных водоёмов по вирусологическим показателям

Станция аэрации	Вид воды	Количество колифага в БОЕ/100 мл	ЦПА на культуре BGM	ДНК аденовирусов и РНК других вирусов в пробах воды					
				адено-	рота-	астро-	норо-	ВГА	энтеро-
№ 1	Вода реки до сброса сточных вод	32	+**	+ +*	+ –	– –	+ +	– –	– –
	Сточная вода после очистки	40	–	– –	+ –	– –	– –	– –	– –
	Вода реки после сброса сточных вод	95	+**	– –	+ –	– –	– –	– –	– –
№ 2	Вода реки до сброса сточных вод	50	–	– –	– –	– –	+ –	– –	– –
	Сточная вода после очистки	179	+	+ +	+ +	+ +	+ +	– –	+ +
	Вода реки после сброса сточных вод	910	+	+ –	+ +	+ –	+ +	– –	– –
№ 3	Вода реки до сброса сточных вод	81	+	+ +	+ +	+ +	+ +	– –	+ –
	Сточная вода после очистки	50	+	+ +	+ +	+ +	+ +	+ –	+ +
	Вода реки после сброса сточных вод	117	+	+ +	+ +	+ +	+ +	– –	+ +

Примечание. * – ДНК и РНК вирусов исследовались в 2 повторностях; ** – результаты после 3 пассажей в культуре BGM.

Так, в воде реки до выпуска сточных вод со станции аэрации № 1 концентрация колифагов составила $3,2 \cdot 10^1$ БОЕ/100 мл, были выделены ЦПА, а также в ПЦР определены ДНК аденовирусов и в ОТ-ПЦР РНК ротавирусов и норовирусов. Из сточной воды после очистки были выделены колифаги на уровне $4 \cdot 10^1$ БОЕ/100 мл, а также РНК ротавирусов.

В воде реки после спуска сточных вод остались колифаги на уровне $9,5 \cdot 10^1$ БОЕ/100 мл, ЦПА и РНК ротавирусов.

В речной воде до выпуска сточных вод со станции аэрации № 2 были определены колифаги в количестве $5 \cdot 10^1$ БОЕ/100 мл и РНК норовирусов.

Концентрация колифагов в сточной воде после очистки составила $1,79 \cdot 10^2$ БОЕ/100 мл. Из неё были выделены ЦПА в первом пассаже на клетках BGM, а в ПЦР определялись ДНК аденовирусов и в ОТ-ПЦР РНК рота-, астро-, норо- и энтеровирусов. РНК вирусов определялись в обеих повторностях, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения воды вирусами.

В пробах воды реки после сброса в неё сточных вод определяли колифаги на уровне $9,1 \cdot 10^2$ БОЕ/100 мл, ЦПА на культуре BGM, в ПЦР были определены ДНК аденовирусов и в ОТ-ПЦР – РНК рота-, астро- и норовирусов. Полученные данные свидетельствуют о высоком уровне загрязнения воды по санитарно-вирусологическим показателям после сброса в неё сточных вод.

Самый высокий уровень загрязнения вирусами воды реки до поступления в неё сточных вод наблюдался в районе станции аэрации № 3. В воде реки колифаги определены на уровне $8,1 \cdot 10^1$ БОЕ/100 мл, выделены ЦПА на культуре BGM, а также ДНК аденовирусов и РНК рота-, астро-, норо- и энтеровирусов.

В сточных водах после очистки концентрация колифагов составляла $5 \cdot 10^1$ БОЕ/100 мл, были определены ЦПА на культуре BGM, а также ДНК аденовирусов и РНК рота-, норо-, астро-, энтеровирусов, и в одной повторности была определена РНК вируса гепатита А. При этом следует отметить, что количество копий РНК ВГА в сточной воде было ниже, чем РНК других вирусов.

В воде реки ниже выпуска сточных вод с этой станции уровень колифагов достигал $1,79 \cdot 10^2$ БОЕ/100 мл, определены ЦПА, а также ДНК аденовирусов и РНК рота-, норо-, астро-, энтеровирусов.

Проведённые исследования на трёх станциях аэрации показали увеличение вирусного загрязнения воды водоёмов после сброса в них сточных вод. Особенно выражено это влияние на станции аэрации № 2. Если вода в реке до спуска в неё сточных вод была относительно чистой, то после сброса сточных вод в пробах воды реки определялись вирусы, которые были обнаружены в сточной воде после очистки.

Наименьшее влияние на качество речной воды в отношении вирусного загрязнения оказала станция аэрации № 1: колифаги выделялись на уровне $9,5 \cdot 10^1$ БОЕ/100 мл, снизился спектр определяемых вирусов.

Таким образом, проведённые исследования показали, что вода изученных поверхностных водоёмов в значительной степени загрязнена за счёт высокой вирусной нагрузки поступающих в неё сточных вод. Полученные данные свидетельствуют о потенциальной эпидемической опасности использования исследованных поверхностных водоёмов как для рекреации, так и для хозяйственно-бытовых целей. Широкий спектр выделяемых из сточных вод вирусов (аденовирусы, энтеровирусы, ротавирусы, вирус гепатита А, а также норо- и астровирусы) указывает на недостаточные очистку и обеззараживание сточных вод, что требует их усовершенствования.

Обсуждение

Существующие в настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом меры неспецифической профилактики кишечных вирусных инфекций включают прежде всего санацию основных источников загрязнения водных объектов окружающей среды и, в частности, сточных вод.

Однако, как показали результаты наших исследований, вода поверхностных водоёмов интенсивно контаминирована вирусной микрофлорой: процент выделения вирусов составил 35% и колифагов 94%. Спектр вирусов, который был определён в воде рек, был достаточно широким и включал такие вирусы,

как норо-, адено-, астро-, рота-, энтеровирусы. О циркуляции вирусов в поверхностных водоёмах свидетельствуют и данные исследований, проведённых не только в развивающихся, но и в развитых странах [8, 11, 16].

Характерно, что как в наших исследованиях, так и по данным исследований зарубежных авторов [8, 21] наибольший процент положительных проб отмечался для норо- и аденовирусов, который, по нашим результатам, может достигать 70 и 50% соответственно. Следует отметить, что широкое распространение аденовирусов в воде поверхностных водоёмов связывают с их высокой устойчивостью к факторам окружающей среды и обеззараживающим агентам, что создаёт предпосылки к их прохождению через барьеры очистных сооружений, включая этап УФ-обеззараживания [22]. Высокий процент обнаружения в воде поверхностных водоёмов норовирусов свидетельствует о широкой циркуляции этих вирусов на европейской территории [21]. Высокой устойчивостью большинства вирусов, широким их распространением, а также возможной неудовлетворительной очисткой сбрасываемых вод объясняется и массовое загрязнение рек вирусами как в нашей стране, так и за рубежом.

Полученные нами данные по циркуляции вирусов в сточных водах (процент выделения вирусов составлял 47,6) согласуются с данными Е.М. Symonds, D.W. Griffin, M. Breitbart [11], которые определяли вирусы в 50% проб необработанных сточных вод, а также с данными, полученными нами ранее [23]. Очищенные сточные воды, как показали проведённые исследования, оказались контаминированы вирусами в 11,4%, в то время как, по данным Е.М. Symonds, D.W. Griffin, M. Breitbart [11], процент выделения наиболее устойчивых вирусов, таких как аденовирусы и пикобирновирусы, составлял в обработанных сточных водах соответственно 25 и 33%.

Действительно, существующие в мире станции аэрации в некоторых странах не обеспечивают 100% удаления вирусов из сточных вод [22, 24, 25]. Исследованиями, проведёнными на 3 станциях аэрации, было показано загрязнение воды рек после сброса в них сточных вод. Так, например, на станции аэрации № 2 вода реки до сброса в неё сточных вод была относительно чистой, так как в ней обнаружены только РНК норовирусов. После сброса сточных вод в реке определялись РНК адено-, рота-, астро- и норовирусов, что свидетельствует о недостаточной эффективной очистке сточных вод. Аналогичная ситуация наблюдалась на станции аэрации № 3. В воде реки до сброса в неё сточных вод определялись ДНК аденовирусов и РНК рота-, астро-, норо- и энтеровирусов. После сброса в неё сточных вод в реке были обнаружены ДНК и РНК тех же вирусов, что и до сброса сточных вод, но в большем количестве (количество копий РНК и ДНК вирусов было выше). Полученные данные согласуются с результатами исследований [13], которые показали, что в сточной воде на последнем этапе очистки определялись ротавирусы.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют, что проблема загрязнения поверхностных водоёмов и эффективной очистки и обеззараживания сточных вод является одной из актуальных как в нашей стране, так и за рубежом. Загрязнение поверхностных водоёмов вирусами свидетельствует о большой опасности возникновения sporadic и вспышечной заболеваемости населения, использующего воду в хозяйственно-бытовых целях, а также необходимости обязательного проведения санитарно-вирусологического контроля вод, сбрасываемых в водоёмы.

Заключение

1. Сточные воды, как необработанные, так и после очистки и обеззараживания, загрязнены адено-, рота-, норо-, астро-, энтеровирусами и ВГА, и при сбросе их в поверхностные водоёмы создаётся высокий риск для здоровья населения, использующего эти водоёмы в хозяйственно-бытовых целях.

2. С целью сохранения водных ресурсов России существующие способы очистки и обеззараживания сточных вод целесообразно модернизировать с обработкой индивидуальных схем и учётом данных санитарно-вирусологического контроля сбрасываемых сточных вод и нормативов, указанных в документах водно-санитарного законодательства.

Литература

(пп. 6–8, 11–17, 21, 22, 24, 25 см. References)

1. Касьяненко А.А. *Современные методы оценки рисков в экологии. Учебное пособие*. М.: Изд-во РУДН; 2008. 271 с.
2. Мокиенко А.В., Гоженко А.И., Петренко Н.Ф., Пономаренко А.Н. *Вода и водно-обусловленные инфекции. Том I*. Одесса: Лерадрук; 2008. 412 с.
3. Моисеенко Т.И. Методология оценки качества вод с позиций экологической парадигмы. *Известия РАН. Серия географическая*. 2009; 1: 23–35.
4. Хубларян М.Г. Качество вод. *Вестник РАН*. 2009. 5 (79): 403–10.
5. Хотько Н.И., Дмитриев А.П. *Водный фактор в передаче инфекций*. Пенза; 2002. 232 с.
9. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году». М.; 2015.
10. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2017 году». М.; 2018.
18. Онищенко Г.Г. Эпидемиологическое благополучие населения России. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. 2013; 1: 42–51.
19. Недачин А.Е., Дмитриева Р.А., Доскина Т.В., Долгин В.А. Показательное значение отдельных индикаторов и маркеров в отношении вирусного загрязнения воды. *Гигиена и санитария*. 2015; 6: 51–4.
20. Руководство по вирусологическим исследованиям полиомиелита. Женева: ВОЗ; 1998. 114 с.
23. Недачин А.Е., Дмитриева Р.А., Доскина Т.В., Долгин В.А., Чуланов В.П., Пименов Н.Н. Сточные воды как резервуар возбудителей кишечных вирусных инфекций. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (7): 37–40.

References

1. Kas'janenko A.A. *Modern evaluation methods of risks in ecology: education guidance [Sovremennyye metody otsenki riskov v ekologii Uchebnoye posobiye]*. Moscow: Izd-vo RUDN; 2008. 271 p. (in Russian)
2. Mokiienko A.V., Gozhenko A.I., Petrenko N.F., Ponomarenko A.N. *Water and the water caused infections*. Odessa: Leradruk; 2008. 412 p. (in Russian)
3. Moiseenko T.I. Methodology for assessing water quality from the standpoint of the ecological paradigm. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2009; 1: 23–35. (in Russian)
4. Khublaryan M.G. Water quality. *Vestnik RAN*. 2009; 5 (79): 403–10. (in Russian)
5. Khotko N.I., Dmitriyev A.P. *Water factor in the transmission of infections [Vodnyy faktor v peredache infektsiy]*. Penza; 2002. 232 p. (in Russian)
6. Prevosta B., Lucasa F.S., Goncalves B., Richardb F., Mouline L., Wurtzer S. Large scale survey of enteric viruses in river and waste water underlines the health status of the local population. *Environ Int*. 2015; 79: 42–50. DOI: 10.1016/j.envint.2015.03.004.
7. Haramoto E., Kitajima M., Hata A., Torrey J.R., Masago Y., Sano D. et al. A review on recent progress in the detection methods and prevalence of human enteric viruses in water. *Water Res*. 2018; 15 (135): 168–86. DOI: 10.1016/j.watres.2018.02.004.
8. Farkas K., Cooper D.M., McDonald J.E., Malham S.K., de Rougemont A., Jones D.L. Seasonal and spatial dynamics of enteric viruses in wastewater and in riverine and estuarine receiving waters. *Sci Total Environ*. 2018; 634 (1): 1174–83. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.038.
9. State report “On the status and protection of the environment of the Russian Federation in 2014” [Gosudarstvennyy doklad “O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2014 godu”]. Moscow; 2015. (in Russian)
10. State report “On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population of the Russian Federation in 2017” [Gosudarstvennyy doklad “O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchii naseleniya Rossiyskoy Federatsii v 2017 godu”]. Moscow; 2018. (in Russian)
11. Symonds E.M., Griffin D.W., Breitbart M. Eukaryotic Viruses in Wastewater samples from the United States. *Appl Environ Microbiol*. 2009; 5 (75): 1402–9. DOI: 10.1128/AEM.01899-08.
12. Carducci A., Morici P., Pizzi F., Battistini R., Rovini E., Verani M. Study of the viral removal efficiency in a urban wastewater treatment plant. *Water Sci Technol*. 2008; 4 (58): 893–7. DOI: 10.2166/wst.2008.437.
13. Osoalale O., Okoh A. Human enteric bacteria and viruses in five wastewater treatment plants in the Eastern Cape, South Africa. *J Infect Public Heal*. 2017; 10 (5): 541–7. DOI: 10.1016/j.jiph.2016.11.012.
14. Fernández-Molina M.C., Álvarez A., Espigares M. Presence of Hepatitis A Virus in Water and its Relationship with Indicators of Fecal Contamination. *Water Air Soil Poll*. 2004; 1 (159): 197–208. DOI: 10.1023/B:WAT E.0000049176.30748.0b.
15. Lucena F., Finance C., Jofre J., Sancho J., Schwartzbrod L. Viral pollution determination of superficial waters (river water and sea-water) from the urban area of Barcelona (Spain). *Water Res*. 1982; 2 (16): 173–7. DOI: 10.1016/0043-1354(82)90107-5.
16. Lin J., Singh A. Detection of human enteric viruses in Umgeni River, Durban, South Africa. *J Water Health*. 2015; 13 (4): 1098–112. DOI: 10.2166/wh.2015.238.
17. Sattar S.A., Westwood J.C. Viral Pollution of Surface Waters Due to Chlorinated Primary Effluents. *Appl Environ Microbiol*. 1978; 3 (36): 427–31.
18. Onischenko G.G. Epidemiological well-being of population of Russia. *Zhurnal mikrobiologii epidemiologii i immunobiologii*. 2013; 1: 42–51. (in Russian)
19. 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. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2015; 6: 51–4. (in Russian)
20. Manual for the virological investigation of polio. Geneva: WHO; 1998. 114 p.
21. Lodder W.J., de Roda Husman A.M. Presence of noroviruses and other enteric viruses in sewage and surface waters in The Netherlands. *Appl Environ Microbiol*. 2005; 71 (3): 1453–61. DOI: 10.1128/AEM.71.3.1453-1461.2005.
22. Thompson S.S., Jackson J.L., Suva-Castillo M., Yanko W.A., El Jack Z., Kuo J. et al. Detection of infectious human adenoviruses in tertiary-treated and ultraviolet-disinfected wastewater. *Water Environment Res*. 2003; 75: 163–70. DOI: 10.2175/106143003X140944.
23. Nedachin A.E., Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Dolgin V.A., Chulanov V.P., Pimenov N.N. Waste waters as the reservoir of intestinal enteric viral infections. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2015; 7 (94): 37–40. (in Russian)
24. Haramoto E., Otagiri M., Morita H., Kitajima M. Genogroup distribution of F-specific coliphages in wastewater and river water in the Kofu basin in Japan. *Lett Appl Microbiol*. 2012; 54: 367–73. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2012.03221.x.
25. Ouardani I., Turki S., Aouni M., Romalde J.L. Detection and Molecular Characterization of Hepatitis A Virus from Tunisian Wastewater Treatment Plants with Different Secondary Treatments. *Appl Environ Microbiol*. 2016; 82: 3834–45. DOI: 10.1128/aem.00619-16.