



Загайнова А.В., Асланова М.М., Курбатова И.В., Ракова В.М., Федец З.Е.,
Пай Г.В., Грицюк О.В., Панькова М.Н., Новожилов К.А., Абрамов И.А., Иванова П.А.,
Недачин А.Е., Автономова А.А., Стародубова Н.Ю., Савостикова О.Н.

Оптимизация методов санитарно-микробиологического и санитарно-паразитологического контроля сточных вод

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

Введение. Основной причиной неблагополучия поверхностных водоёмов во многих регионах России является несоблюдение санитарно-защитных зон и сброс в водоёмы недостаточно очищенных сточных вод. В СанПиН 1.2.3685-21 введён перечень новых контролируемых санитарно-микробиологических и паразитологических показателей безопасности для обеззараженных сточных вод и поверхностных водных объектов. Для некоторых показателей методы определения в действующих методических документах отсутствуют. В настоящей работе были проведены исследования с применением различных методов, в том числе ускоренных, позволяющих определить нормируемые показатели в сточных и поверхностных водах.

Цели и задачи – оптимизация методов исследования поверхностных и сточных вод при осуществлении санитарно-микробиологического и санитарно-паразитологического контроля.

Материалы и методы. В пробах поверхностных и сточных вод определяли бактериологические, паразитологические показатели, а также колифаги. Для обнаружения и идентификации обобщённых колиформных бактерий, *E. coli*, энтерококков, *P. aeruginosa* и легионелл помимо методов мембранной фильтрации и прямого посева использовали тест-системы (IDEXX): Colilert-18 и Colilert-24, Pseudolert, Enterolert, Legionelert. Обязательные анаэробы *C. perfringens* культивировали в анаэробном боксе (Анаэробная станция А55, Don Whitley Scientific) в атмосфере трёхкомпонентной газовой смеси. Видовую идентификацию микроорганизмов проводили методом времяпролётной масс-спектрометрии (MALDI-TOF MS) с помощью масс-спектрометра Microflex с программным обеспечением Maldi BioTyper (Bruker, Германия). Выделение РНК/ДНК вирусов и бактерий производили с помощью комплекта реагентов «АмплиСенс. РИБО-прен».

Результаты. В результате проведённых исследований были выделены и идентифицированы из сточных вод на всех этапах очистки *P. aeruginosa*, *E. coli*, *R. ornithinolytica*, *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. molluscorum*, *E. hirae*, *E. faecium*, *E. faecalis*, *C. perfringens*, *S. lutetiensis*, *S. suis*, установлено высокое грибковое загрязнение, а также обнаружена ДНК аденовируса группы F (как в образцах сточных, так и поверхностных вод) и дополнительно РНК ротавируса и норовируса, ДНК кампилобактера. РНК вируса SARS-CoV-2 ни в одной пробе не обнаружена. Выявлены *Lambliа spp.*, *Blastocystis spp.* и *Cryptosporidium parvum*; условно патогенные *Entamoeba spp.*; яйца гельминтов *Toxocara spp.*, *Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana*, *Ascaris lumbricoides*, онкосферы яиц *Tenia spp.*; личинки *Nematodes spp.*

Ограничения исследования. Поскольку в исследованных пробах воды были обнаружены клинически значимые штаммы бактерий, грибов и паразитарных простейших, важно расширить знания об источниках воды как резервуарах и распространителях данных патогенов.

Заключение. В настоящее время крайне необходимо проведение мониторинга для определения количественной оценки возбудителей, циркулирующих в поверхностных и сточных водах.

Ключевые слова: сточная вода; поверхностные воды; бактерии; вирусы; цисты и ооцисты; гены вирулентности; гены антибиотикорезистентности

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов, так как настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

Для цитирования: Загайнова А.В., Асланова М.М., Курбатова И.В., Ракова В.М., Федец З.Е., Пай Г.В., Грицюк О.В., Панькова М.Н., Новожилов К.А., Абрамов И.А., Иванова П.А., Недачин А.Е., Автономова А.А., Стародубова Н.Ю., Савостикова О.Н. Оптимизация методов санитарно-микробиологического и санитарно-паразитологического контроля сточных вод. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(5): 545–555. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-545-555>

Для корреспонденции: Загайнова Анжелика Владимировна, зав. лаб. микробиологии и паразитологии ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: AZagaynova@cspmz.ru

Участие авторов: Загайнова А.В., Асланова М.М., Курбатова И.В., Пай Г.В., Ракова В.М., Недачин А.Е. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Федец З.Е., Грицюк О.В., Панькова М.Н., Новожилов К.А., Абрамов И.А., Иванова П.А. – сбор и обработка материала; Автономова А.А., Стародубова Н.Ю., Савостикова О.Н. – написание текста, редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование проведено в рамках НИР «Разработка унифицированных методов, включающих отбор проб, для осуществления определения микробиологического и паразитологического загрязнения сточных вод» (шифр «Сточные воды») № 145.001.21.6 от 12.11.2021 г.

Поступила: 01.03.2022 / Принята к печати: 12.04.2022 / Опубликована: 31.05.2022

Angelika V. Zagaynova, Mariya M. Aslanova, Irina V. Kurbatova, Vera M. Rakova, Zlata E. Fedez, Galina V. Pay, Olga V. Gritsyuk, Marina N. Pankova, Konstantin A. Novozhilov, Ivan A. Abramov, Polina A. Ivanova P.A., Aleksandr E. Nedachin, Anastasiya V. Avtonomova, Nataliya Y. Starodubova, Olga N. Savostikova

Optimization of methods for sanitary-microbiological and sanitary-parasitological control of wastewater

Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

Introduction. The main reason for the problems of surface reservoirs in many regions of Russia is the non-compliance with sanitary protection zones and the discharge of insufficiently treated wastewater into reservoirs. SanPiN 1.2.3685-21 introduced a list of the new controlled sanitary-microbiological and parasitological safety indicators for disinfected wastewater and surface water bodies. For some indicators, there are no methods of determination in the current methodological documents. In this work, studies were carried out using various methods, including accelerated ones, which make it possible to determine the normalized indicators in wastewater and surface waters.

Goals and objectives – optimization of methods for the study of surface and wastewater in the implementation of sanitary-microbiological and sanitary-parasitological control.

Materials and methods. Bacteriological, parasitological indicators, as well as coliphages were determined in samples of surface and wastewater. To detect and identify generalized coliform bacteria, *E. coli*, enterococci, *P. aeruginosa* and legionella, in addition to membrane filtration and direct seeding methods, test systems (IDEXX) were used: Colilert-18 and Colilert-24, Pseudolert, Enterolert, Legionelert. Obligate anaerobes of *C. perfringens* were cultured in an anaerobic box (Anaerobic Station A55, Don Whitley Scientific) in an atmosphere of a three-component gas mixture. Species identification of microorganisms was carried out by time-of-flight mass spectrometry (MALDI TOF MS) using a Microflex mass spectrometer with MALDI BioTyper software (Bruker, Germany). Isolation of RNA/DNA of viruses and bacteria was carried out using a set of reagents “AmpliSens. RIBOT-prep”.

Results. As a result of the conducted studies, *P. aeruginosa*; *E. coli*, *R. ornithinolytica*, *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. molluscorum*; *E. hirae*, *E. faecium*, *E. faecalis*; *C. perfringens*; *S. lutetiensis*, *S. suis* were isolated and identified from wastewater at all stages of treatment, high fungal contamination was found, and also Group F adenovirus DNA (both in wastewater and surface water samples) and additionally rotovirus and norovirus RNA, *Campylobacter* DNA. SarsCov-2 virus RNA was not detected in any sample. *Lambliа* spp., *Blastocystis* spp. and *Cryptosporidium parvum* were identified; opportunistic *Entamoeba* spp.; helminth eggs – *Toxocara* spp., *Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana*, *Asagis lumbricoides*, egg oncospheres *Tenia* spp.; *Nematodes* spp. larvae.

Limitations. Since clinically significant strains of bacteria, fungi, and parasitic protozoa were found in the studied water samples, it is important to expand knowledge about water sources as reservoirs and spreaders of these pathogens.

Conclusion. Monitoring is now urgently needed to quantify pathogens circulating in surface water and wastewater.

Keywords: wastewater; surface water; bacteria; viruses; cysts and oocysts; virulence genes; antibiotic resistance genes

Compliance with ethical standards: The study does not require the submission of the conclusion of the Biomedical Ethics committee or other documents, since this article does not contain any studies involving people as research objects.

For citation: Zagaynova A.V., Aslanova M.M., Kurbatova I.V., Rakova V.M., Fedez Z.E., Pay G.V., Gritsyuk O.V., Pankova M.N., Novozhilov K.A., Abramov I.A., Ivanova P.A., Nedachin A.E., Avtonomova A.V., Starodubova N.Y., Savostikova O.N. Optimization of methods of sanitary-microbiological and sanitary-parasitological control of wastewater. (*Hygiene and Sanitation, Russian journal*). 2022; 101(5): 545-555. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-545-555> (In Russian)

For correspondence: Angelika V. Zagaynova, MD, PhD, Head of the laboratory of Microbiology and Parasitology laboratory in the Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: AZagaynova@cspmpz.ru

Information about authors:

Zagaynova A.V., https://orcid.org/0000-0003-4772-9686	Aslanova M.M., https://orcid.org/0000-0002-5282-3856	Kurbatova I.V., https://orcid.org/0000-0003-3152-4862
Rakova V.M., https://orcid.org/0000-0002-1038-1957	Fedez Z.E., https://orcid.org/0000-0002-2396-9231	Pay G.V., https://orcid.org/0000-0001-7086-0899
Gritsyuk O.V., https://orcid.org/0000-0001-9728-3075	Pankova M.N., https://orcid.org/0000-0002-9133-3665	Novozhilov K.A., https://orcid.org/0000-0001-8154-0217
Abramov I.A., https://orcid.org/0000-0002-7433-7728	Ivanova P.A., https://orcid.org/0000-0001-9616-0452	Nedachin A.E., https://orcid.org/0000-0001-6544-2959
Avtonomova A.V., https://orcid.org/0000-0001-5098-5379	Starodubova N.Y., https://orcid.org/0000-0002-5072-204X	Savostikova O.N., https://orcid.org/0000-0002-7032-1366

Contribution: Zagaynova A.V., Aslanova M.M., Kurbatova I.V., Rakova V.M., Pay G.V., Nedachin A.E. – research concept and design, writing text, editing. Fedez Z.E., Gritsyuk O.V., Pankova M.N., Novozhilov K.A., Abramov I.A., Ivanova P.A. – collection and processing of material. Avtonomova A.V., Starodubova N.Y., Savostikova O.N. – writing text, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgment. The research was carried out within the framework of the research work «Development of unified methods, including sampling, for the determination of microbiological and parasitological contamination of wastewater» (code “Wastewater”) No. 145.001.21.6 dated 12.11.2021.

Received: March 1, 2022 / Accepted: April 12, 2022 / Published: May 31, 2022

Введение

Анализ современного состояния водных ресурсов России свидетельствует о высоком уровне их микробного загрязнения. Более трети водоёмов имеют показатели микробного загрязнения, в десятки и тысячи раз превышающие гигиенические нормативы. Санитарно-бактериологические исследования воды, в частности речной, показали, что во многих регионах России реки оцениваются как «загрязнённые», «грязные» или «экстремально грязные» как по химическим, так и по микробиологическим показателям [1, 2]. Как и в предыдущие годы, основной причиной неблагополучия поверхностных водоёмов

явилось несоблюдение санитарно-защитных зон и сброс недостаточно очищенных сточных вод. Сравнительный анализ показал, что микробное загрязнение воды поверхностных источников в 2020 г. более чем в 5 раз превышает уровень микробного загрязнения подземных источников. В отношении микробиологических показателей качество воды водных объектов I категории в местах водопользования населения улучшилось: доля проб воды с превышением гигиенических нормативов по микробиологическим показателям снизилась за период 2011–2020 гг. на 2,2% [3]. В отношении паразитарного загрязнения воды водоёмов I категории ситуация в последнее десятилетие стабильна [4, 5]. Анализ загрязнения воды проводился с

2001 по 2021 г. в соответствии с требованиями санитарного законодательства (СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» и СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населённых мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод») по показателям «общие колиформные бактерии», основанным на ферментации бактериями лактозы. Таким образом, патогенные бактерии сальмонеллы и шигеллы, а также клинически значимые штаммы гафнии, серрации, эдварсиеллы, морганеллы, протей и др., которые не ферментируют лактозу, не учитывались. Поэтому при стандартном качестве воды заболеваемость ОКИ неустановленной этиологии с водным фактором передачи остаётся на высоком уровне в течение 20 лет [6–8].

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 [9–11]. С 2007 г. произошли изменения в эпидситуации в России и мире, в частности, изменилось соотношение заболеваемости острыми кишечными бактериальными и вирусными инфекциями: увеличилась значимость потенциально патогенных бактерий (особую роль играют *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* и др.) и рота-норо-, астровирусы, а также был зарегистрирован полиомиелит, вызванный заносом диких штаммов вируса [12, 13]. В сточных водах распространены антибиотикорезистентные энтеробактерии (сальмонеллы и бактерии группы кишечной палочки – БГКП), у которых выявляются гены бета-лактамаз расширенного спектра и гены карбапенемаз основных групп.

Заболеваемость паразитарными болезнями занимает одно из ведущих мест в структуре инфекционной патологии. В общей структуре паразитарной заболеваемости доля гельминтозов в 2020 г. составила 87,5%, протозоозов – 12,5%. В сравнении с показателями 2011 г. в этиологической структуре заболеваемости гельминтозами увеличилась на 10,3%, а доля протозоозов снизилась на 39,3%. При проведении санитарно-паразитологических исследований воды централизованного водоснабжения цисты лямблий обнаружили в 0,02% проб (2019 г. – 0,04%; 2011 г. – 0,07%) [14]. Обнаружение цист лямблий в воде централизованного питьевого водоснабжения повышает риск заражения этой инвазией. Значительная доля вспышек заболеваний протозоозами связана с их высокой устойчивостью к дезинфектантам, в том числе хлору.

Наиболее высокий рост заболеваемости в 2020 г. зарегистрирован по внебольничным пневмониям – в 3,6 раза (1856,18 на 100 тыс. населения), в том числе по вирусной пневмонии – в 109 раз (783,08 на 100 тыс. населения) [14].

Согласно проведённому анализу данных литературы [15], самый высокий риск возникновения вспышек кишечных инфекций связан с такими этиологическими агентами, как *Campylobacter jejuni*, энтерогеморрагическая *E. coli*, *Shigella* spp., *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*, вирусные возбудители (ротавирусы, норовирусы/саповирусы, аденовирусы, астровирусы, вирусы гепатитов А и Е, энтеровирусы), возбудители протозойных инфекций (*Acanthamoeba* spp., *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora cayatanensis*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis*, *Naegleria fowleri*, *Toxoplasma gondii*). В Руководстве ВОЗ представлен перечень передающихся через воду патогенных микроорганизмов, ранжированный по их значимости, устойчивости в окружающей среде, устойчивости к хлору и инфицирующей дозе [16–18]. В большинстве представленных в литературе случаев показана как индивидуальная, так и сочетанная природа инфекционных агентов, характеризующихся водным путём передачи.

В связи с тем, что исследования по идентификации патогенных бактерий являются затратными и трудоёмкими,

контроль биобезопасности водных источников проводится с использованием санитарно-показательных микроорганизмов, выявляющих наличие фекального загрязнения, а также индикаторных микроорганизмов, позволяющих оценить эффективность проведения обеззараживания и дезинфекции. Индикаторные микроорганизмы указывают на фекальное загрязнение объекта. К индикаторным микроорганизмам предъявляют следующие требования: а) они должны присутствовать в фекалиях человека и животных в большом количестве; б) они не должны размножаться в природных водах; в) их устойчивость в окружающей среде должна соответствовать устойчивости целевых фекальных патогенов; г) в фекалиях их должно содержаться значительно больше, чем фекальных патогенов; д) они должны легко обнаруживаться простыми, недорогими методами.

Один из классических индикаторных организмов – обобщённые колиформные бактерии, в число которых входят общие колиформные бактерии (ОКБ) – микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae* (*Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* и *Enterobacter*) и бактерии семейств *Serratia*, *Hafnia*, *Erwiniaceae*, *Yersiniaceae*, *Morganellaceae*, характеризующиеся наличием фермента β-галактозидазы, способного расщеплять специфические хромогенные субстраты, входящие в состав селективных сред. Основным недостатком показателя «общие колиформные бактерии» (за исключением кишечной палочки) является тот факт, что они встречаются как в сточных, так и в природных объектах, а их низкая устойчивость к дезинфектантам не позволяет сделать вывод об инактивации патогенных бактерий, вирусов и простейших, более устойчивых к дезинфекции.

Также в качестве индикаторных и индексных организмов в Руководстве ВОЗ рекомендуют использовать термотолерантные колиформные бактерии, гетеротрофные микроорганизмы, колифаги, споры сульфитредуцирующих клостридий. По мнению экспертов ВОЗ, для данных целей подходят устойчивые организмы, такие как кишечные энтерококки (*E. faecalis*, *E. faecium*), фаги бактериоидов (*Bacteroides fragilis* HSP40), простейшие и энтеровирусы.

Среди возбудителей вирусных заболеваний человека, передающихся через воду, были выбраны следующие инфекционные агенты, имеющие большую значимость для биобезопасности водных объектов: ротавирусы группы А, норовирусы II генотипа, аденовирусы группы F, астровирусы, вирус гепатита А, энтеровирусы с дифференциацией полиовирусов и энтеровирусов группы С [19].

В СанПиН 1.2.3685-21 введён перечень новых контролируемых санитарно-микробиологических и паразитологических показателей безопасности обеззараженных сточных вод, допустимых к сбросу в поверхностные водные объекты, и показателей поверхностных водных объектов: обобщённые колиформные бактерии, *E. coli*, энтерококки, возбудители кишечных инфекций бактериальной природы, возбудители кишечных инфекций вирусной природы, цисты и ооцисты патогенных простейших, яйца и личинки гельминтов. Без изменений оставлено только наличие колифагов. Для некоторых показателей методы определения в действующих методических документах отсутствуют. В связи с техническим прогрессом, роботизацией и компьютеризацией, развитием программного обеспечения появились новые методы определения и идентификации микробиологического и паразитологического загрязнения воды. Поэтому исходя из значения каждого из показателей, приведённых в ГОСТ 34786-2021 «Вода питьевая. Методы определения общего числа микроорганизмов, колиформных бактерий, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и энтерококков», в настоящей работе были выполнены исследования с применением различных методов, в том числе ускоренных, позволяющих определить нормируемые показатели в сточных и поверхностных водах.

Цель исследования – оптимизация методов исследования поверхностных и сточных вод при осуществлении санитарно-микробиологического и санитарно-паразитологического контроля.

Материалы и методы

Пробы поверхностных и сточных вод отбирали в соответствии с ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа», ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Пробы речной и сточных вод отбирали в следующих объёмах: по 2 л для бактериологических исследований, по 1 л для определения колифагов, по 10 л для вирусологических исследований, по 25 л для паразитологических исследований.

При отборе проб воды использовали специально предназначенную для этих целей одноразовую посуду или стерильные ёмкости многократного применения, изготовленные из материалов, не оказывающих инактивирующего действия на вирусы. Использовали ёмкости, имеющие плотно закрывающиеся силиконовые пробки и защитные колпачки из алюминиевой фольги. Ёмкость открывали непосредственно перед отбором, снимая пробку вместе со стерильным колпачком. Во время отбора пробка и края ёмкости ни с чем не соприкасались. После наполнения ёмкость закрывали стерильной пробкой и колпачком. При отборе проб в одной и той же точке для различных целей первыми отбирали пробы для бактериологических исследований, затем вирусологических, а после – паразитологических.

Санитарно-микробиологические и санитарно-паразитологические показатели качества водных объектов. Оценка качества поверхностных и сточных вод была выполнена в соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21 с определением обобщённых колиформных бактерий, *E. coli*, энтерококков, колифагов, возбудителей кишечных инфекций бактериальной и вирусной природы, жизнеспособных яиц гельминтов (аскарид, власоглавов, токсокар, фасциол), онкосфер тениид, цист и ооцист патогенных простейших. Дополнительно определяли споры сульфитредуцирующих клостридий, *Pseudomonas aeruginosa*.

Бактериологические и паразитологические показатели, а также колифаги определяли в соответствии с МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов», МУК 4.2.2314-08 «Методы санитарно-паразитологического анализа воды», МУ 2.1.5.800-99 «Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод», МУК 4.3.2030-05 «Санитарно-вирусологический контроль эффективности обеззараживания питьевых и сточных вод УФ-облучением», МУК 4.2.2029-05 «Санитарно-вирусологический контроль водных объектов».

Также для определения обобщённых колиформных бактерий, *E. coli*, энтерококков, *Pseudomonas aeruginosa* и легионелл использовали наряду с методами мембранной фильтрации и прямого посева, тест-системы (IDEXX): Colilert-18 и Colilert-24, Pseudolert, Enterolert, Legionelert.

Облигатные анаэробы *Clostridium perfringens* культивировали в анаэробном боксе (Анаэробная станция A55, Don Whitley Scientific) в атмосфере трёхкомпонентной газовой смеси (80% N₂, 10% CO₂, 10% H₂), определяли в пробах наличие клостридий на усиленном клостридиальном агаре и агаре для бруцелл с 5%-й дифференцированной бараньей кровью с инкубацией в течение 3–4 сут.

Видовую идентификацию микроорганизмов проводили методом времяпролётной масс-спектрометрии (MALDI-TOF MS) с помощью масс-спектрометра Microflex с программным обеспечением Maldi BioTyper (Bruker, Германия). При получении значений SCORE > 2 культура считалась идентифицированной до вида. При значениях SCORE в диапазоне от 1,7 до 2 культура считалась идентифицированной до рода.

Для определения бактерий и вирусов в пробах воды методом ПЦР проводили предварительную пробоподготовку для каждого вида вод:

- речную воду подвергали концентрированию на ионообменной смоле;
- сточные воды дополнительно концентрировали двухэтапным методом с применением микро- и ультра-

фильтрации через электропозитивные микро- и ультрамембраны ММК+ (в соответствии с МУК 4.2.2029-05 «Санитарно-вирусологический контроль водных объектов»), используя фильтрационную установку с тангенциально-радиальным способом подачи воды.

Элюцию вирусов с анионоактивной смолы проводили с помощью 10 мл фосфатного буфера (pH 8,2), а с микро- и ультрамембраны ММК+ – трёхпроцентным раствором бифэкстракта (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.

Выделение вирусов и бактерий методом ПЦР проводили с помощью комплекта реагентов для выделения РНК/ДНК из клинического материала «РИБО-преп», имеющего регистрационное удостоверение и рекомендованного производителем для этих целей.

Организация и постановка полимеразной цепной реакции с этапом обратной транскрипции (ОТ-ПЦР) для выявления РНК энтеровирусов, ротавирусов и вируса гепатита А из концентратов проб воды поверхностных, подземных источников, питьевой и сточных вод осуществлялась с использованием наборов реагентов фирмы «Амплисенс»:

1. Для выявления РНК вируса гепатита А (HAV) в клиническом материале и объектах окружающей среды методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией «АмплиСенс® HAV-FL».

2. Для выявления РНК коронавируса, вызывающих тяжёлую респираторную инфекцию, – MERS-Cov (Middle East respiratory syndrome coronavirus) и SARS-Cov (Severe acute respiratory syndrome coronavirus), в биологическом материале методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией «АмплиСенс® Cov-Bat-FL».

3. Для выявления и дифференциации ДНК (РНК) микроорганизмов рода Шигелла (*Shigella* spp.) и энтероинвазивных *E. coli* (EIEC), сальмонелла (*Salmonella* spp.) и термофильных кампилобактерий (*Campylobacter* spp.), аденовирусов группы F (*Adenovirus* F) и ротавирусов группы А (*Rotavirus* A), норовирусов II генотипа (*Norovirus* II генотип) и астровирусов (*Astrovirus*) в объектах окружающей среды и клиническом материале методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией «АмплиСенс® ОКИ скрин-FL».

4. Для выявления и дифференциации ДНК диарогенных *E. coli* в объектах окружающей среды и клиническом материале методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией «АмплиСенс® Эшерихиозы-FL».

5. Для выявления РНК полиовирусов и энтеровирусов группы С (HEV-C) с дифференцировкой вакцинных штаммов полиовирусов (*Sabin* 1, *Sabin* 2, *Sabin* 3) в объектах окружающей среды и клиническом материале методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией «АмплиСенс® Poliovirus-FL».

6. Для выявления РНК энтеровирусов (*Enterovirus*) в объектах окружающей среды и клиническом материале методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией «АмплиСенс® Enterovirus-FL».

Определяли гены карбапенемаз методом ПЦР у 46 штаммов *K. pneumoniae*, выделенных из сточной воды, и у 23 изолятов *K. pneumoniae*, выделенных из поверхностной воды. Выделенные штаммы идентифицированы с применением матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации с времяпролётной масс-спектрометрией (Biotyper MALDI-TOF MS) (Bruker), которая основана на изучении масс-спектров рибосомальных белков в диапазоне 1000–10000 Da и биоинформационного сравнения полученного спектра с базой данных референтных спектров.

Все выделенные изоляты *K. pneumoniae* хранятся в рабочей коллекции ФГБУ «ЦСП» ФМБА в среде для длительного хранения живых бактериальных клеток в условиях

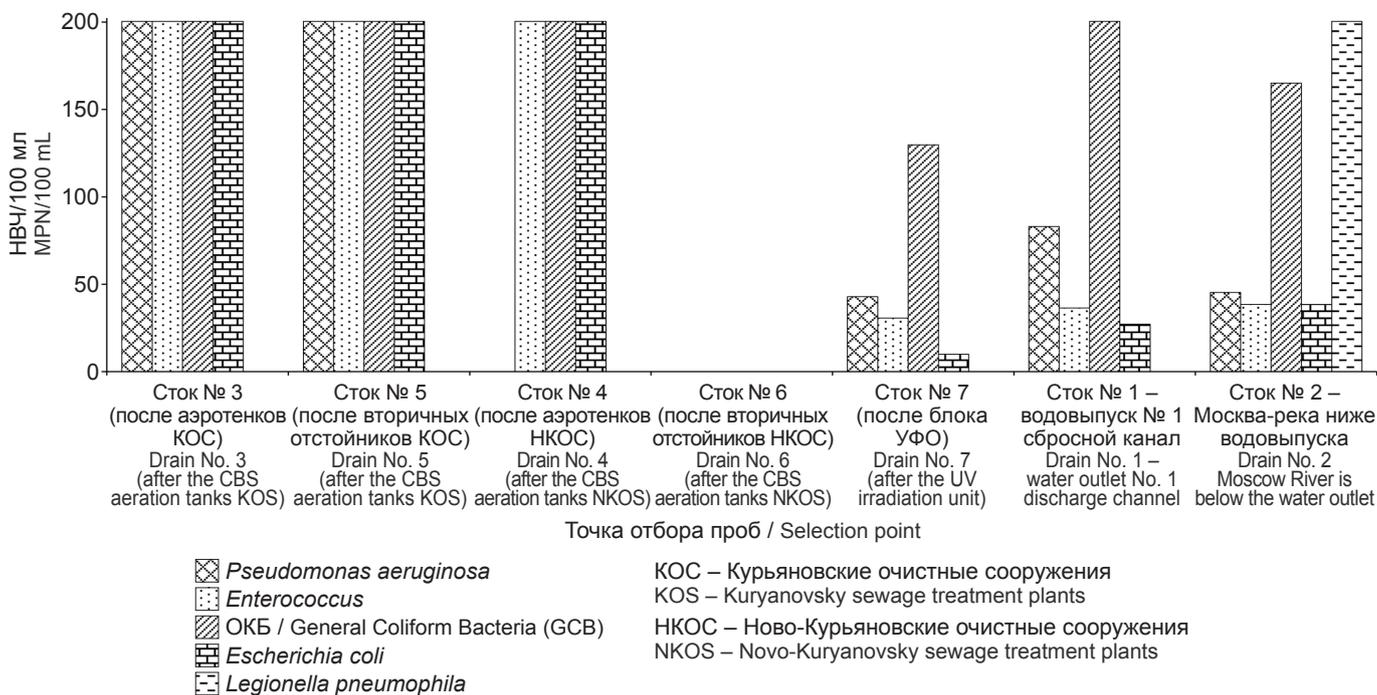


Рис. 2. Результаты посева проб поверхностной воды и сточных вод с применением тест-систем IDEXX.

Fig. 2. Results of seeding of samples from surface and waste water with using IDEXX test systems.

низких температур (патент на изобретение № 2019128097 от 06.09.2019 г.) при температуре минус 70 °С.

ДНК бактерий выделяли следующим образом: культивированные бактериальные клетки промывали стерильным физраствором, собирали центрифугированием, ресуспендировали в стерильном физрастворе и лизировали 15-минутным прогреванием при плюс 70 °С. Клеточный дебрис осаждали центрифугированием в течение 10 мин при 6000 об./мин, а надосадочную жидкость использовали для постановки ПЦР.

Гены карбапенемаз определяли методом ПЦР с помощью коммерческих наборов «АмплиСенс. MDR MBL-FL» (гены *IMP*, *NDM*, *VIM*), «АмплиСенс. MDR KPC/OXA-48-FL» (гены *KPC*, *OXA-48*) производства ЦНИИЭ Роспотребнадзора, согласно инструкции производителя.

Результаты

Исследования поверхностных и сточных вод. Пробы были отобраны в зимний период и представлены на исследование пробоотборщиком Управления Роспотребнадзора по г. Москве. Натурные исследования проводили с применением тест-систем IDEXX.

Пробы воды заливали в планшеты, герметизировали и термостатировали при температуре плюс 36 ± 2 °С в течение 18 ч. Наличие или отсутствие обобщённых колиформных бактерий определяли по изменению цвета и по наличию флуоресценции (рис. 1, см. на вклейке).

На рис. 2 представлены результаты посева проб сточных и поверхностных вод с применением тест-систем IDEXX, свидетельствующие о том, что в пробах сточных вод после аэротенков НКOC *P. aeruginosa* не обнаружена. В пробах воды Москвы-реки выше водовыпуска (поступающей на очистные сооружения), прошедшей обеззараживание на этапах очистки, выявлено высокое загрязнение неферментирующими бактериями, в том числе *P. aeruginosa*. В меньшей концентрации бактерии *P. aeruginosa* обнаружены в пробах сточной воды сбросного канала и ещё меньше – в Москве-реке ниже водовыпуска.

Аналогичные результаты получили и при исследовании проб с применением тест-систем Enterolert-DW (определение энтерококков), Colilert-18 (определение обобщённых колиформных бактерий и *E. coli*). При применении тест-системы Legionallert на этапе определения легионелл в воде Москвы-реки ниже водовыпуска результат был положительным. Результаты посева проб поверхностной воды и сточных вод с применением тест-систем IDEXX отражены на рис. 2.

Из ячеек тест-систем Pseudolert для подтверждения наличия искомого патогена были высеяны на селективные среды в трёх повторностях *Pseudomonas aeruginosa*, в пустых ячейках роста не обнаружили. В тест-системе Enterolert в трёх ячейках обнаружили *Enterococcus faecium*. В тест-системе Colilert-18 в двух жёлтых и флуоресцирующих ячейках идентифицировали и подтвердили методом масс-спектрометрии *E. coli*, в жёлтых ячейках – *K. pneumoniae*.

При исследовании сточных и поверхностных вод классическим методом с применением агаризованных питательных сред и метода мембранной фильтрации с последующей идентификацией методом масс-спектрометрии были получены сходные результаты.

В сбросном канале обнаружены обобщённые колиформные бактерии (*Escherichia coli*, *Kluyvera cryocrescens*, *Chryseobacterium aquifrigidense*, *Escherichia hermannii*), *Aeromonadaceae* (*Vibrionaceae*) (*Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas veronii*); энтерококки (*Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*), *Clostridium perfringens*, *Streptococcus gallolyticus*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Eubacterium tenue*, неферментирующие бактерии (*Ralstonia pickettii*, *Brevundimonas diminuta*, *Pseudomonas putida*), грибы (*Candida lambica*).

В пробе Москвы-реки ниже водовыпуска обнаружены обобщённые колиформные бактерии (*Klebsiella pneumoniae*, *Raoultella terrigena*, *Raoultella ornithinolytica*, *Escherichia coli*, *Kluyvera cryocrescens*); энтерококки (*Enterococcus faecium*, *Enterococcus aquamarine*, *Enterococcus hirae*); *Clostridium perfringens*; неферментирующие бактерии (*Pseudomonas anguilliseptica*, *Pseudomonas aeruginosa*); *Bacteroides graminisolvens*, *Bacteroides massiliensis*, *Streptococcus gallolyticus*, *Staphylococcus haemolyticus*; грибы (*Rhodotorula mucilaginosa*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*).

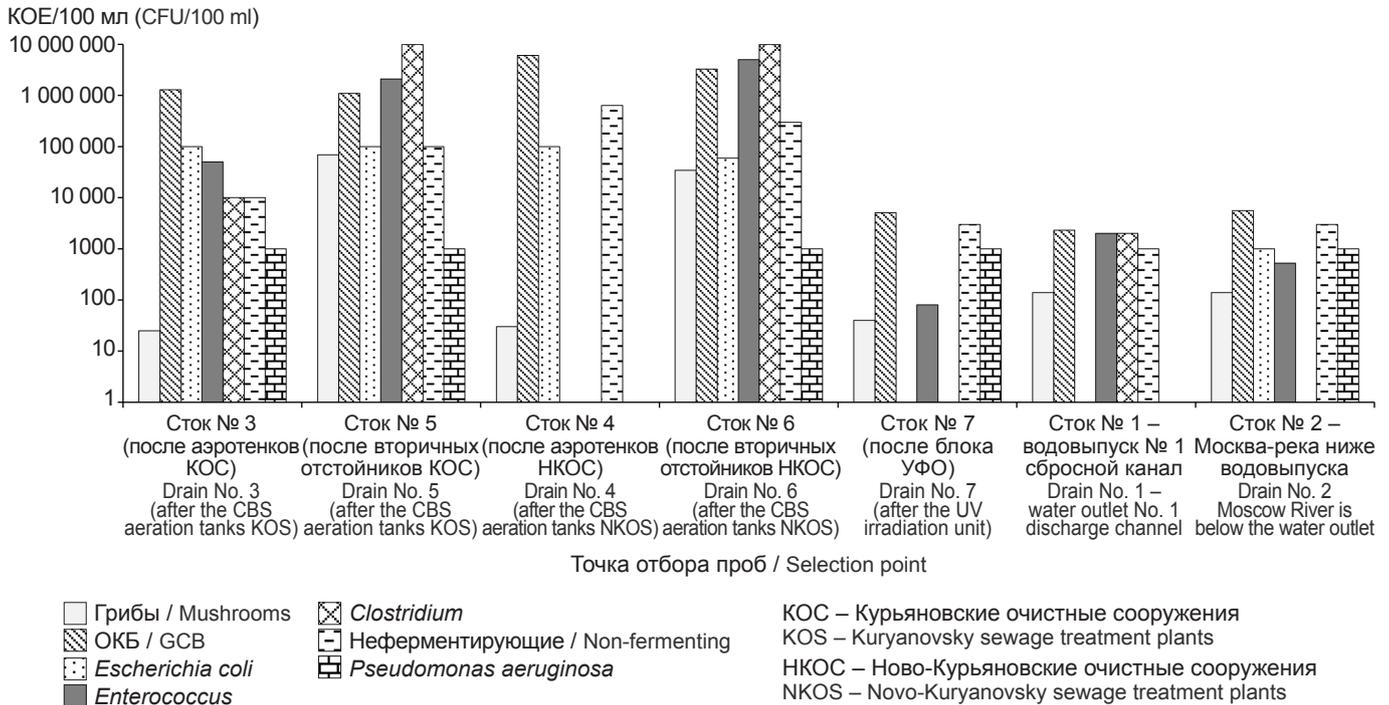


Рис. 3. Результаты определения фекального загрязнения сточных и поверхностных вод с применением метода мембранной фильтрации и прямого посева.

Fig. 3. Results of the determination of fecal contamination of wastewater and surface waters using the method of membrane filtration and direct seeding.

В пробе после аэротенков КOC обнаружены обобщённые колиформные бактерии (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Kluyvera georgiana*); энтерококки (*Enterococcus faecium*, *Enterococcus aquamarine*, *Enterococcus thailandicus*); представители семейства *Aeromonadaceae* (*Vibrionaceae*) *Aeromonas caviae*, *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas veronii*; *Clostridium perfringens*; *Megamonas* spp.; *Pseudomonas aeruginosa*; *Streptococcus lutetiensis*, *Streptococcus gallolyticus*, *Staphylococcus warneri*, *Bacteroides ovatus*, *Bacteroides massiliensis*, *Prevotella copri*; грибы (*Mucor* spp.).

В пробе воды после аэротенков НКOC обнаружены обобщённые колиформные бактерии (*Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli*, *Enterobacter bugandensis*, *Proteus mirabilis*); представители семейства *Aeromonadaceae* (*Vibrionaceae*) *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas caviae*, *Aeromonas veronii*, *Aeromonas ichthiosmia*; *Enterococcus faecium*; неферментирующие бактерии (*Chryseobacterium aquifrigidense*, *Pseudomonas oleovorans*, *Acinetobacter junii*); *Streptococcus lutetiensis*, *Streptococcus gallolyticus*, *Bacteroides ovatus*, *Lactococcus lactis*; грибы (*Aspergillus flavu*, *Mucor* spp., *Trichoderma viride*).

В пробе воды после вторичных отстойников КOC обнаружены обобщённые колиформные бактерии (*Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter bugandensis*, *Proteus mirabilis*); энтерококки (*Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus hirae*); представители семейства *Aeromonadaceae* (*Vibrionaceae*) (*Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas caviae*, *Aeromonas veronii*, *Aeromonas ichthiosmia*); *Clostridium perfringens*; *Achromobacter xylosoxidans*, *Pseudomonas aeruginosa*; *Streptococcus lutetiensis*, *Staphylococcus equorum*, *Bacteroides fragilis*, *Parabacteroides bifementans*; грибы (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida lambica*, *Yarrowia lipolytica*, *Candida krusei*, *Candida tropicalis*, *Geotrichum silvicola*).

В пробе после вторичных отстойников НКOC обнаружены обобщённые колиформные бактерии (*Escherichia coli*, *Raoultella ornithinolytica*); энтерококки (*Enterococcus hirae*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*); представители се-

мейства *Aeromonadaceae* (*Vibrionaceae*) (*Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas caviae*, *Aeromonas molluscorum*); *Clostridium perfringens*; неферментирующие бактерии (*Chryseobacterium aquifrigidense*, *Chryseobacterium gleum*, *Pseudochrobactrum asaccharolyticum*, *Pseudomonas aeruginosa*); *Streptococcus lutetiensis*, *Streptococcus suis*; грибы (*Candida glabrata*, *Candida lambica*, *Candida famata*, *Geotrichum silvicola*, *Mucor* spp., *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus flavus*, *Acremonium* spp.).

В пробе после блока УФО обнаружены обобщённые колиформные бактерии (*Raoultella ornithinolytica*, *Citrobacter freundii*); *Enterococcus faecium*; представители семейства *Aeromonadaceae* (*Vibrionaceae*) (*Aeromonas hydrophila*); *Clostridium perfringens*; *Stenotrophomonas maltophilia*, *Chryseobacterium aquifrigidense*, *Ralstonia pickettii*, *Pseudomonas aeruginosa*; *Bacteroides fragilis*; грибы (*Penicillium* spp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Mucor* spp.). Результаты представлены на рис. 3.

Высокий уровень микробного загрязнения был выявлен в пробах сточной воды после вторичных отстойников КOC и НКOC, а самый низкий – на этапе после блока УФО (табл. 1).

Определение биохимических свойств выделенных и идентифицированных микроорганизмов позволило отнести их к санитарно-показательным (табл. 2).

Клостридии высевали в условиях анаэробного бокса с использованием усиленного клостридиального агара и с применением железосульфитной среды в аэробных условиях. В аэробных условиях на железосульфитном агаре ни в одной из проб не были выделены клостридии. Все результаты, представленные в табл. 2, были получены с применением усиленного клостридиального агара с добавлением 5%-й дефибрированной крови.

Следует отметить, что в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» при определении безопасности поверхностных водных объектов и обеззараженных сточных вод, допустимых к сбросу,

Таблица 1 / Table 1

Результаты микробиологического исследования сточных и поверхностных вод
Results of microbiological examination of wastewater and surface waters

Место отбора проб Sampling location name	Определяемые показатели, КОЕ/100 мл / Detectable indicators, CFU/100 ml						
	грибы fungi	ОКБ General Coliform Bacteria	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Clostridium</i>	неферментирующие non-fermenting	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Сток № 5 (после вторичных отстойников КОС) Drain No. 5 after secondary settling tanks (Kuryanovsk wastewater treatment plant (KWTP))	69,000	1,100,000	100,000	2,100,000	10,000,000	100,000	Обнаружено Detected
Сток № 3 после аэротенков КОС Drain No. 3 after aeration tanks KWTP	25	1,300,000	100,000	5,000	1,000	100,000	Обнаружено Detected
Сток № 6 после вторичных отстойников НКОС Drain No. 6 after secondary settling tanks of NovoKuryanovsk wastewater treatment plant (HKWTP)	34,300	3,300,000	60 000	5,000,000	10,000,000	300,000	Обнаружено Detected
Сток № 4 после аэротенков НКОС Drain No. 4 after the HKWTP aeration tanks	30	6,100,000	100 000	0	0	640,000	0
Сток № 7 после блока УФО Drain No. 7 after the Ufa block	40	5,100	0	80	0	3,000	Обнаружено Detected
СТОК № 1 Водовыпуск № 1 сбросной канал DRAIN No. 1 Water outlet No. 1 discharge channel	140	2,310	0	2,000	2,000	1,000	0
СТОК № 2 Москва-река ниже водовыпуска DRAIN No. 2 Moscow River below the water outlet	140	5,600	1,000	525	0	3,000	Обнаружено Detected

отсутствуют нормативно установленные предельно допустимые уровни содержания возбудителей грибковой природы. Однако в результате проведенных исследований проб с применением культурального метода, метода микроскопии и идентификации с применением масс-спектрометрии мы обнаружили обильное грибковое загрязнение сточных и поверхностных вод, представленное следующими видами грибов: *Penicillium* spp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Mucor* spp., *Candida glabrata*, *Candida lambica*, *Candida famata*, *Geotrichum silvicola*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Acremonium* spp., *Yarrowia lipolytica*, *Candida krusei*, *Candida tropicalis*, *Geotrichum silvicola*, *Trichoderma viride*, *Rhodotorula mucilaginosa*. Этот факт, по нашему мнению, требует пристального внимания. По имеющимся зарубежным данным, исследования сточных вод на наличие грибкового загрязнения выполняют с использованием ПЦР [20, 21].

В России готовые тест-наборы для определения грибкового загрязнения методом ПЦР в воде отсутствуют, в связи с чем при исследовании воды мы использовали классические методы исследования – культивирование на агаризованных средах и микроскопию.

Аналогичные результаты получены при исследовании проб сточных и поверхностных вод на наличие колифагов как индикаторов вирусного загрязнения, что отражено на рис. 4. Колифаги не обнаружены в пробах после аэротенков НКОС и после блока УФО.

Санитарно-паразитологические исследования. При исследовании 7 проб сточных и поверхностных вод ни одна из них не была удовлетворительной по паразитологическим показателям.

Были обнаружены яйца и личинки гельминтов, а также кишечные патогенные простейшие, представляющие

Таблица 2 / Table 2

Результаты определения биохимических свойств обобщённых колиформных бактерий, выделенных из сточных и поверхностных вод
Results of biochemical properties of generalized coliform bacteria isolated from wastewater and surface waters

Выделенные бактерии Name of the isolated bacteria	Индол Indole	Глюкоза Glucose	Лактоза Lactose	β -галактозидаза β -galactosidase	β -глюкуронидаза β -glucuronidase	Оксидаза Oxidase	Окраска по Грамму Gram stain
<i>Aeromonas hydrophila</i>	+	+	±	+	±	Отрицательный / Negative	–
<i>Aeromonas veronii</i>	+	+	–	+	±	Отрицательный / Negative	–
<i>Kluyvera cryocrescens</i>	+	+	+	+	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Chryseobacterium aquifrigidense</i>						Отрицательный / Negative	–
<i>Escherichia hermannii</i>	+	+	D	+	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Escherichia coli</i>	+	+	+	+	+	Отрицательный / Negative	–
<i>Klebsiella pneumonia</i>	+		+	+	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Raoultella terrigena</i>	–	+	+	+	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Raoultella ornithinolytica</i>	+	+	+	+	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Aeromonas media</i>	+	+	D	+	D	Отрицательный / Negative	–
<i>Aeromonas caviae</i>	+	+	D	+	D	Отрицательный / Negative	–
<i>Prevotella copri</i>						Отрицательный / Negative	–
<i>Citrobacter freundii</i>	+	+	D	+	D	Отрицательный / Negative	–
<i>Proteus mirabilis</i>	–	+	–	–	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Enterobacter bugandensis</i>	–	+	D	+	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Aeromonas ichthiosmia</i>	+	+	–	+	–	Отрицательный / Negative	–
<i>Aeromonas molluscorum</i>	+	+	D	+	D	Отрицательный / Negative	–

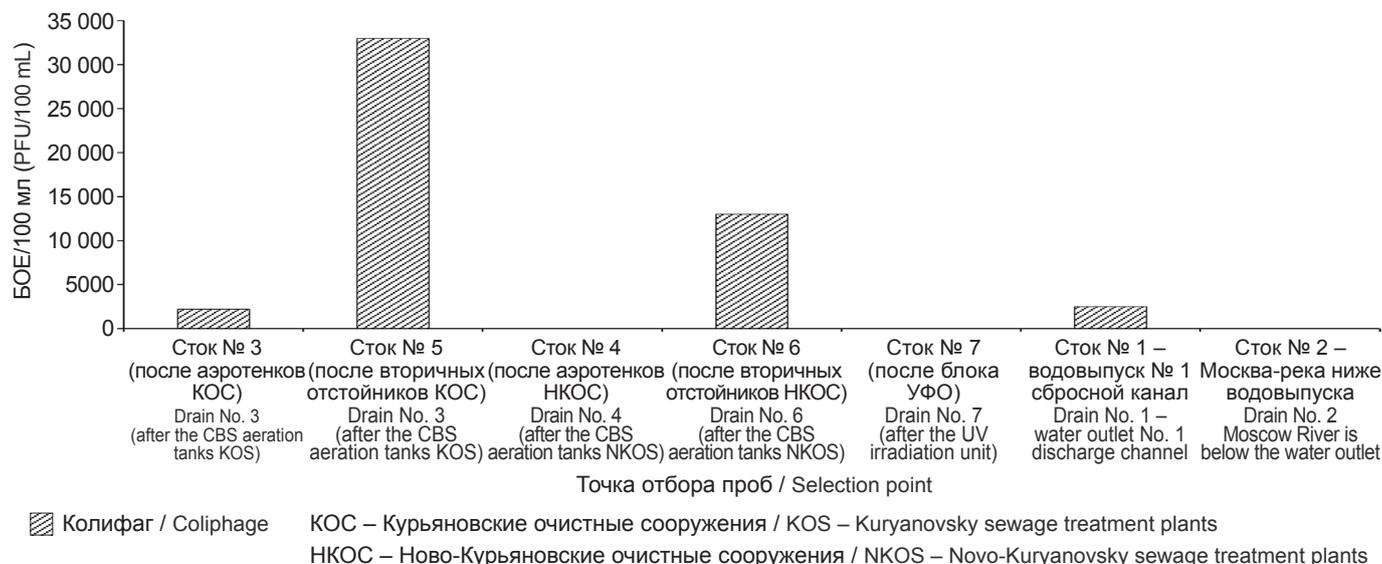


Рис. 4. Результаты определения загрязнения колифагами сточных и поверхностных вод.

Fig. 4. Results of determination of wastewater and surface water pollution by coliphage.

опасность для здоровья и нормальной жизнедеятельности человека (*Lamblia* spp. и *Cryptosporidium parvum*, *Blastocystis* spp.), а также условно патогенные простейшие *Entamoebae* spp. (табл. 3).

Поверхностные воды, отобранные в разных точках речного стока на территории водного бассейна Москвы-реки, на всём протяжении характеризуются высокой степенью и видовым разнообразием паразитарного загрязнения. Выявленные

патогены относятся к возбудителям антропоознозных паразитарных болезней: аскаридоза, токсокароза, энтеробиоза, гименолепидоза, наиболее распространённых на территории Российской Федерации с высоким уровнем заболеваемости среди населения в возрасте от 1 года до 17 лет и взрослых. Эти заболевания относятся к группе потенциально опасных и включены в перечень социально значимых заболеваний и перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих.

Таблица 3 / Table 3

Результаты санитарно-паразитологических исследований сточных и поверхностных вод

The result of sanitary and parasitological studies of wastewater and surface water

№ п/п	Место взятия (точка отбора) Place of taking (Sampling area)	Объём поступившей пробы на исследование, л The volume of the received sample for the study, L	Результаты санитарно-паразитологических исследований / Results of sanitary and parasitological studies			
			личинки гельминтов Helminth larvae	яйца гельминтов Helminth eggs	цисты/ооцисты кишечных простейших Cysts/oocysts of intestinal protozoa	условно патогенные простейшие Conditionally pathogenic protozoa
1	Водовыпуск № 1 сбросной канал Water outlet No. 1 discharge channel	25	<i>Nematoda</i> (+)	<i>Toxocara</i> spp. (+++) <i>Hymenolepis diminuta</i> (++++) <i>Ascaris lumbricoides</i> (++)	<i>Lamblia</i> spp. (++) <i>Cryptosporidium parvum</i> (+++)	<i>Entamoeba</i> spp. (++)
2	Москва-река ниже водовыпуска The Moscow River is below the water outlet	25	<i>Nematoda</i> (+)	<i>Toxocara</i> spp. (+++) <i>Hymenolepis nana</i> (+++) <i>Hymenolepis diminuta</i> (++++)	<i>Lamblia</i> spp. (++)	<i>Entamoeba</i> spp. (++)
3	После аэротенков КОС After the aerotanks of the KWTP	25	<i>Nematoda</i> (+)	<i>Hymenolepis diminuta</i> (++++) <i>Hymenolepis nana</i> (+++)	<i>Blastocystis</i> spp. (++) <i>Cryptosporidium parvum</i> (+++)	<i>Entamoeba</i> spp. (+++)
4	После аэротенков НКОС After aerotanks NKWTP	25	<i>Nematoda</i> (+)	<i>Hymenolepis diminuta</i> (++++) <i>Hymenolepis nana</i> (+++) <i>Toxocara</i> spp. (++)	<i>Blastocystis</i> spp. (++) <i>Lamblia</i> spp. (+)	<i>Entamoeba</i> spp. (+++)
5	После вторичных отстойников КОС After secondary settling tanks KWTP	25	–	<i>Toxocara</i> spp. (+++) <i>Hymenolepis diminuta</i> (+++)	<i>Lamblia</i> spp. (++)	–
6	После вторичных отстойников НКОС After secondary settling tanks NKWTP	25	–	<i>E. vermicularis</i> (++) <i>Hymenolepis diminuta</i> (++++) <i>Ascaris lumbricoides</i> (++)	<i>Lamblia</i> spp. (++)	–
7	После блока УФО After the Ultraviolet treatment block	25	<i>Nematoda</i> (++)	<i>Hymenolepis diminuta</i> (++++) <i>Tenia</i> spp. (+++) <i>Toxocara</i> spp.+++ <i>Hymenolepis nana</i> (+++)	<i>Blastocystis</i> spp. (+) <i>Cryptosporidium parvum</i> (++)	<i>Entamoeba</i> spp. (+++)

Исследованные входящие на очистные сооружения стоки и их осадки обсеменены паразитами (более 5 видов), имеющими медицинское значение: *Toxocara* spp., *Ascaris* spp., *Enterobius* spp., *Hymenolepis diminuta* и *nana* и цистами/ооцистами патогенных простейших. Выявленные паразитозы, такие как аскаридоз, токсокароз, энтеробиоз, гименолепидоз, относятся к возбудителям антропоознозных паразитарных болезней и наиболее распространены в структуре детской патологии в нашей стране. Факторами передачи являются загрязнённые почвой руки, продукты питания, плодовоовощная продукция.

Загрязнённость водных объектов цистами и ооцистами протозойных патогенов представляет значительную угрозу развития групповой и вспышечной заболеваемости населения острыми кишечными инфекциями протозойной этиологии в связи с высокой выживаемостью этих возбудителей в окружающей среде при температуре воды ниже плюс 5 °С и устойчивостью к действию дезинфицирующих средств. Определена видовая принадлежность 4 пропативных форм простейших более чем 20 описанных видов [22]. Все идентифицированные патогены являются возбудителями зооантропоозных паразитозов.

Лямблии и криптоспоридии дополнительно идентифицированы методом иммуномагнитной сепарации с флуоресцентным мечением.

Классический метод иммуномагнитной сепарации, представленный в МУК 4.2.2314-08 «Методы санитарно-паразитологического анализа воды» распространяется только на питьевые воды, является трудоёмким и дорогостоящим для исследователей и лабораторий, осуществляющих наблюдение за водными объектами на территории Российской Федерации.

В связи с вышеизложенным в рамках настоящего исследования был повторно апробирован адаптированный метод паразитологической экспертизы, основанный на применении метода иммунологического анализа «Мечение ооцист *Cryptosporidium* spp. и цист *Giardia* spp. флуоресцирующими антителами», позволяющий провести массовое исследование паразитологического материала: более 100 лабораторных единиц (проб) в течение рабочего дня.

В сточных водах, поступающих на очистные сооружения, установлен высокий уровень паразитарной обсеменённости с подтверждённым потенциалом жизнеспособности обнаруженных паразитарных агентов. На момент отбора проб сточные воды после этапов очистки были контаминированы жизнеспособными яйцами гельминтов и цистами/ооцистами патогенных простейших, а также были обнаружены жизнеспособные личинки *Nematodes* spp., что указывает на поддержание напряжённости эпидемиологического потенциала и риска загрязнения паразитарными патогенами объектов окружающей среды. Высокий уровень паразитарной нагрузки свидетельствует о недостаточном уровне дезинвазионных мероприятий, применяемых на разных этапах очистки сточных вод.

Санитарно-вирусологические исследования. Определение и идентификацию вирусов в воде проводили методом ПЦР с использованием готовых коммерческих тест-систем производства ООО «ИнтерЛабСервис»:

- «ОКИ-Скрин» (выявление шигелл, сальмонелл, кампилобактера, аденовируса F (кишечная группа), норовирусов, астровирусов, ротавирусов);
- тест-системы для обнаружения гепатита А;
- «ОРВИ-панель» (выявление респираторно-синцитиального вируса, метапневмовируса, вируса парагриппа типов I, II, III, IV, коронавируса, риновирусов, бокавирусов и аденовирусов групп В, С, Е);
- тест-систем для выявления полиовирусов и энтеровирусов группы С (HEV-C) с дифференцировкой вакцинных штаммов полиовирусов (*Sabin 1*, *Sabin 2*, *Sabin 3*).

Пробоподготовку элюата проводили путём концентрации 10 л сточной и поверхностной воды на ионообменной смоле и 1 л воды, прошедшей поэтапное фильтрование и центрифугирование.

Для выделения ДНК/РНК и реализации метода ПЦР при исследовании сточных и поверхностных вод использовали концентрирование на ионообменной смоле и поэтапное концентрирование и центрифугирование.

Во всех выделенных образцах обнаружены ДНК аденовируса группы F, в пробах из вторичных отстойников КОС и пробах после аэротенков КОС дополнительно выделялась РНК ротавируса, а в пробах после вторичных отстойников НККОС обнаружена РНК норовируса. ДНК кампилобактера выделили в пробах воды сбросного канала и воды Москвы-реки после выпуска, РНК ротавируса обнаружена в пробах воды Москвы-реки после сброса. SARS-CoV-2 ни в одной из исследованных проб не обнаружен.

Концентрирование на смоле оказалось более эффективным, чем метод поэтапного концентрирования: в нескольких пробах с применением концентрирования 10 л образца пробы на ионообменной смоле были обнаружены РНК ротавирусов, ДНК кампилобактера. Таким образом, при использовании метода поэтапного концентрирования сточной воды есть риск пропустить патогены, он является менее эффективным для оценки загрязнения сточных вод, в связи с чем целесообразно использовать метод концентрирования на ионообменных смолах.

Санитарно-микробиологические исследования донных отложений Москвы-реки. Наиболее интенсивно микробиологические процессы протекают в донных отложениях. В пробе донного отложения (1 г ила), отобранного в Москве-реке (Саввинская набережная, д. 7), преобладала бактериальная микрофлора: общее микробное число составляло $1,2 \cdot 10^8$ КОЕ/г. Также на желточно-солевом агаре (ЖСА) были выделены без идентификации сульфитредуцирующие клостридии – $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г. Качественный состав микробиоценозов представлен несколькими видами бактериальных культур, в основном это представители родов *Pseudomonas* (частота встречаемости 60%), *Flavobacterium* (частота встречаемости составляет 40%), *Bacillus* (частота встречаемости составляет 60%), *Acinetobacter* (частота встречаемости составляет 20%) и микроскопические грибы, представленные несколькими родами: *Cladosporium*, *Verticillium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Aspergillus*. Обнаружены также актиномицеты, микроскопические грибы и дрожжи, то есть качественный состав микрофлоры не отличается разнообразием. О высоком уровне паразитарной нагрузки донных отложений свидетельствуют результаты их санитарно-паразитологических исследований, выявивших следующие группы возбудителей паразитозов: цисты и ооцисты патогенных простейших (*Lambia* spp., *Blastocystis* spp.); условно патогенные (*Entamoeba* spp.); яйца гельминтов (*Toxocara* spp., *Ascaris lumbricoides*), онкосферы яиц *Tenia* spp.; личинки *Nematodes* spp.

Донные отложения тесно взаимодействуют с водой. Способность водоёмов к самоочищению обуславливается присутствием в них автохтонной микрофлоры, включающей представителей бактерий родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, что и было показано в настоящих исследованиях. Значение показателя свежего фекального загрязнения *E. coli* в пробах воды, отобранных в зимнее время, превышающее норматив, что свидетельствует о неблагоприятном санитарном состоянии обследуемого водоёма.

Из грунта в воду непрерывно поступают различные соли, газы, твёрдые компоненты. Навстречу потоку, несущему донные отложения, идёт поток с минеральными органическими веществами из толчи воды, поэтому донные отложения играют роль аккумуляторов антропогенного загрязнения, а концентрация в них загрязнителей является надёжным индикатором антропогенной нагрузки на природу, поэтому чрезвычайно важно проводить их исследования [23].

Таким образом, в микробиоценозах ила исследованных объектов преобладают бактерии, минерализующие белковые соединения. В донных отложениях исследуемых проб проходят активные процессы восстановления сульфатов, о чём свидетельствует высокий титр сульфитредуцирующих

Таблица 4 / Table 4

Процентное распределение выявленных NDM-положительных штаммов *Klebsiella pneumoniae*, циркулирующих в поверхностных источниках и сточных водах

Results the percentage distribution of detected NDM-positive strains of *Klebsiella pneumoniae* circulating in the external environment (surface sources) and wastewater is presented

Локализация <i>K. pneumoniae</i> Localization <i>K. pneumoniae</i>	NDM		Отрицательный Negative
	n	%	
Вода Москвы-реки Moscow River water	1	4.3	22
Сточная вода Waste water	8	17.4	38

бактерий, присутствие которых указывает на накопление органических веществ, ведущее к интенсивному восстановлению сульфата и выделению сероводорода [24]. Восстановление сульфата – важный фактор минерализации органического вещества на дне рек [25–27].

Также было выявлено, что количество штаммов *K. pneumoniae*, выделенных из сточных вод и несущих ген резистентности NDM, в 4 раза превышало количество таких штаммов в воде Москвы-реки.

При анализе генов вирулентности и их связи с генами резистентности наблюдалось достоверное преобладание двух генов вирулентности (*rmpA* и *iutA*) у штаммов *K. pneumoniae*, несущих NDM. Таким образом, выявленная ассоциация между маркерами резистентности и маркерами вирулентности должна учитываться при определении антибиотико-резистентности штаммов, выделенных из сточных вод, поскольку *K. pneumoniae* является резидентной микрофлорой кишечника части здорового населения и циркулирует во внешней среде (табл. 4).

Заключение

1. С использованием тест-систем IDEXX, метода мембранной фильтрации и прямого посева получены статистически достоверные результаты по определению бактериального загрязнения обеззараженных сточных вод по показателям: обобщенные (общие) колиформные бактерии, *Escherichia coli*, энтерококки и *Pseudomonas aeruginosa*, патогенных бактерий не обнаружено.

2. При исследовании сточных вод после обеззараживания выделены и идентифицированы следующие микроорганизмы: *Escherichia coli*, *Escherichia hermannii*, *Kluyvera cryocrescens*, *Chryseobacterium aquifrigidense*; *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas veronii*; *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*; *Clostridium perfringens*; *Streptococcus*

gallolyticus, *Staphylococcus haemolyticus*; *Eubacterium tenue*; *Ralstonia pickettii*, *Brevundimonas diminuta*, *Pseudomonas putida*; грибы – *Candida lambica*.

3. В результате проведенных исследований установлено высокое грибковое загрязнение сточной и поверхностной вод, представленное следующими видами грибов: *Penicillium* spp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Mucor* spp., *Candida glabrata*, *Candida lambica*, *Candida famata*, *Geotrichum silvicola*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Acremonium* spp., *Yarrowia lipolytica*, *Candida krusei*, *Candida tropicalis*, *Geotrichum silvicola*, *Trichoderma viride*, *Rhodotorula mucilaginosa*.

4. Установлено, что для определения вирусного и бактериального загрязнения сточных вод с использованием ПЦР целесообразно использовать метод концентрирования проб с применением ионообменных смол.

5. Во всех выделенных образцах сточных и поверхностных вод обнаружена ДНК аденовируса группы F, в пробах из вторичных отстойников и пробах после аэротенков дополнительно выделяли РНК ротавируса, а в пробах после вторичных отстойников обнаружена РНК норовируса. ДНК кампилобактера выделили в пробе из воды сбросного канала и Москве-реке после выпуска, РНК ротавируса обнаружена в пробах Москвы-реки после сброса. РНК вируса SarsCov-2 ни в одной пробе не обнаружена.

6. Установлен состав микробного пейзажа донного отложения в зимний период, представленный сульфитредуцирующими кластридиями ($1 \cdot 10^4$ КОЕ/г), бактериями рода *Pseudomonas* (частота встречаемости 60%); *Flavobacterium* (частота встречаемости 40%); *Bacillus* (частота встречаемости составляет 60%); *Acinetobacter* (частота встречаемости составляет 20%); микроскопическими грибами, представленными несколькими родами *Cladosporium*, *Verticillium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Aspergillus*; паразитарными агентами – цистами и ооцистами патогенных простейших (*Lambliа* spp., *Blastocystis* spp.), условно патогенными *Entamoeba* spp., яйцами гельминтов *Toxocara* spp., *Ascaris lumbricoides*, онкосферами яиц *Tenia* spp., личинками *Nematodes* spp.

7. При исследовании сточных вод после обеззараживания выделены и идентифицированы следующие паразитарные агенты: цисты и ооцисты патогенных простейших (*Lambliа* spp., *Blastocystis* spp. и *Cryptosporidium parvum*); условно патогенные *Entamoeba* spp.; яйца гельминтов (*Toxocara* spp., *Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana*), онкосферы яиц *Tenia* spp.; личинки *Nematodes* spp.

8. Установлено, что в пробах сточных вод количество генов резистентности NDM-положительных штаммов *K. pneumoniae* в четыре раза превышало таковое в воде Москвы-реки.

9. У выделенных из сточных вод штаммов *K. pneumoniae* наблюдалось достоверное преобладание двух генов вирулентности (*rmpA* и *iutA*), несущих NDM.

Литература

(п.п. 4, 16, 21, 22, 28 см. References)

- 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; 94(6): 51–4.
- Журавлёв П.В., Алешня В.В., Головина С.В., Панасовцев О.П., Недачин А.Е., Талаева Ю.Г. и др. Мониторинг бактериального загрязнения водоёмов Ростовской области. *Гигиена и санитария*. 2010; 89(5): 33–6.
- Журавлёв П.В., Хуторянина И.В., Марченко Б.И. Барьерная роль очистных сооружений канализации в отношении санитарно-показательных и патогенных бактерий, паразитарных агентов на примере южной зоны России. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(10): 1070–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1070-1076>
- Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году». М.; 2021.
- Рахманин Ю.А., Иванова Л.В., Артемова Т.З., Загайнова А.В., Гипп Е.К., Недачин А.Е. и др. Жизнедеятельность микроорганизмов и паразитарных патогенов в условиях химического загрязнения воды поверхностных водоёмов. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 956–60. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-956-960>
- Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году». М.; 2021.
- Загайнова А.В., Юдин С.М., Абрамов И.А., Недачин А.Е., Асланова М.М., Лукашина М.В. и др. Определение перечня потенциально патогенных и патогенных микроорганизмов бактериальной, вирусной и паразитарной природы, циркулирующих в сточных и поверхностных водах. *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*. 2021; (2): 50–63. <https://doi.org/10.33092/0025-8326mp2021.2.50-63>
- Мокиенко А.В., Гоженко А.И., Петренко Н.Ф., Пономаренко А.Н. *Вода и водно-обусловленные инфекции*. Том 1. Одесса: Лерадрук; 2008.
- Хотько Н.И., Дмитриев А.П. *Водный фактор в передаче инфекций*. Пенза; 2002.
- 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.
- Онищенко Г.Г. Эпидемиологическое благополучие населения России. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. 2013; (1): 42–51.

Original article

13. Рахманин Ю.А., Иванова Л.В., Артемова Т.З., Гипп Е.К., Загайнова А.В., Максимкина Т.Н. и др. Распространение бактерий рода *Klebsiella* в водных объектах и их значение в возникновении водобуловленных острых кишечных инфекций. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(4): 397–406. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-4-397-406>
14. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году». М.; 2021.
16. Журавлёв П.В., Алешня В.В., Панасовец О.П., Айдинов Г.В., Швагер М.М., Митрофанова Т.В. и др. Санитарно-бактериологическая характеристика воды Нижнего Дона. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(4): 28–31.
17. Алешня В.В., Журавлёв П.В., Панасовец О.П., Седова Д.А. Экспериментальное изучение влияния активного хлора на патогенные и потенциально патогенные микроорганизмы. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2018; (10): 36–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-307-10-36-38>
18. Журавлёв П.В., Алешня В.В., Марченко Б.И. Определение дезинфицирующего действия негашёной извести на микрофлору иловых осадков сточных вод очистных сооружений канализации и животноводческих комплексов. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(5): 483–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-5-483-488>
19. 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): 1201–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1201-1205>
22. Воробьев А.А., Быков А.С., ред. *Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии: Учебное пособие для студентов медицинских вузов*. М.: МИА; 2003.
23. Бунькова Е.А., Евтюхина И.С. Анализ эффективности и перспективы развития системы биологической очистки сточных вод (на примере г. Оренбурга). *Вопросы науки и образования*. 2019; (1): 11–6.
24. Муравьев Е.И. Загрязнения тяжелыми металлами воды и донных отложений речных систем в районе влияния Белореченского химзавода. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2007; 3(1).
25. Муравьев Е.И. Влияние выбросов Белореченского химзавода на загрязнения поверхностных вод и донных отложений. *Экологические проблемы Кубани*. 2007; (33).
26. Илюшина В.В. Современные методы очистки сточных вод. *Современная техника и технологии*. 2017; (2). Доступно: <https://technology.snauka.ru/2017/02/12446>

References

1. 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 Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(6): 51–4. (in Russian)
2. Zhuravlev P.V., Aleshnya V.V., Golovina S.V., Panasovets O.P., Nedachin A.E., Talaeva Yu.G., et al. Monitoring of bacterial contamination of water reservoirs in the Rostov region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2010; 89(5): 33–6. (in Russian)
3. Zhuravlev P.V., Khutoryanina I.V., Marchenko B.I. The barrier role of sewage treatment plants in relation to sanitary-indicative and pathogenic bacteria, parasitic agents on the example of the southern zone of Russia. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(10): 1070–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1070-1076> (in Russian)
4. Kuznetsova K.Y., Zelya O.P., Zhnagina Z.V., Maniya T.R. Problems of parasitic safety evaluation of water in sources used by population. *Periodico Tehe Quimica*. 2019; 16(31): 558–70.
5. State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2020». Moscow; 2021. (in Russian)
6. Rakhmanin Yu.A., Ivanova L.V., Artemova T.Z., Zagaynova A.V., Gipp E.K., Nedachin A.E., et al. Bacteria and parasitic pathogens in conditions of chemical pollution of water from surface water bodies. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(10): 956–60. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-956-960> (in Russian)
7. State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2020». Moscow; 2021. (in Russian)
8. Zagaynova A.V., Yudin S.M., Abramov I.A., Nedachin A.E., Aslanova M.M., Lukashina M.V., et al. Definition of the list of potentially pathogenic and pathogenic microorganisms of bacterial, viral and parasitic nature circulating in waste and surface waters. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*. 2021; (2): 50–63. <https://doi.org/10.33092/0025-8326mp2021.2.50-63> (in Russian)
9. Mokienko A.V., Gozhenko A.I., Petrenko N.F., Ponomarenko A.N. *Water and Water-Related Infections. Volume I [Voda i vodno-obuslovlennyye infektsii. Tom I]*. Odessa: Leradruk; 2008. (in Russian)
10. Khotko N.I., Dmitriev A.P. *Water Factor in the Transmission of Infections [Vodnyy faktor v peredache infektsiy]*. Penza; 2002. (in Russian)
11. 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. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(7): 37–40. (in Russian)
12. Onishchenko G.G. Epidemiological well-being of population of Russia. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunologii*. 2013; (1): 42–51. (in Russian)
13. Rakhmanin Yu.A., Ivanova L.V., Artemova T.Z., Gipp E.K., Zagaynova A.V., Maksimkina T.N., et al. Distribution of bacteria of the *Klebsiella* strain in water objects and their value in developing of the water caused acute intestinal infections. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(4): 397–406. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-4-397-406> (in Russian)
14. State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2020». Moscow; 2021. (in Russian)
15. WHO. Guidelines for Drinking-water Quality, 4th ed. 2011. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf?jsessionid=845EFF45C325C056BE75F76B4556DD23?sequence=1
16. Zhuravlev P.V., Aleshnya V.V., Panasovets O.P., Aydinov G.V., Shvager M.M., Mitrofanova T.V., et al. Sanitary and bacteriological characteristics of water of the Lower Don. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2012; 91(4): 28–31. (in Russian)
17. Aleshnya V.V., Zhuravlev P.V., Panasovets O.P., Sedova D.A. Experimental study of active chlorine influence to pathogenic and potentially pathogenic microorganisms. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2018; (10): 36–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-307-10-36-38> (in Russian)
18. Zhuravlev P.V., Aleshnya V.V., Marchenko B.I. Determination of the disinfectant action of caustic lime on the microflora of sludge of wastewater of cleaning facilities for sewerage and cattle-breeding complexes. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(5): 483–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-5-483-488> (in Russian)
19. Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Zagaynova A.V., Nedachin A.E., Abramov I.A., Bulatova K.V. The study of circulation of viruses in surface waters and in wastewater. Dmitrieva R.A., Doskina T.V., Zagaynova A.V., Nedachin A.E., Abramov I.A., Bulatova K.V. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(11): 1201–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1201-1205> (in Russian)
20. Viegas C., Faria T., Gomes A.Q., Sabino R., Seco A., Viegas S. Fungal contamination in two Portuguese wastewater treatment plants. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2014; 77(1–3): 90–102. <https://doi.org/10.1080/15287394.2014.866925>
21. Mataraci-Kara E., Ataman M., Yilmaz G., Ozbek-Celik B. Evaluation of antifungal and disinfectant-resistant *Candida* species isolated from hospital wastewater. *Arch. Microbiol.* 2020; 202(9): 2543–50. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01975-z>
22. Vorobev A.A., Bykov A.S., eds. *Atlas of Medical Microbiology, Virology and Immunology: Textbook for Medical Students [Atlas po meditsinskoy mikrobiologii, virusologii i immunologii: Uchebnoe posobie dlya studentov meditsinskikh vuzov]*. Moscow: MIA; 2003. (in Russian)
23. Bunkova E.A., Evtyukhina I.S. Analysis of the effectiveness and prospects for the development of a biological wastewater treatment system (on the example of the city of Orenburg). *Voprosy nauki i obrazovaniya*. 2019; (1): 11–6. (in Russian)
24. Muravev E.I. Pollution with heavy metals of water and bottom sediments of river systems in the area of influence of the Belorechensky chemical plant. *Ekologicheskyy vestnik Severnogo Kavkaza*. 2007; 3(1). (in Russian)
25. Muravev E.I. Influence of emissions from the Belorechensk chemical plant on pollution of surface waters and bottom sediments. *Ekologicheskie problemy Kubani*. 2007; (33). (in Russian)
26. Ilyushina V.V. Modern methods of wastewater treatment. *Sovremennaya tekhnika i tekhnologii*. 2017; (2). Available at: <https://technology.snauka.ru/2017/02/12446> (in Russian)
27. Craun G.F., Nwachuku N., Calderon R.L., Craun M.F. Water disinfection. *J. Environ. Health*. 2002; 65(1): 16–23.

К статье А.В. Загайновой и соавт.
To the article by A.V. Zagainova et al.



Рис. 1. Использование тест-систем фирмы IDEXX для определения бактериального загрязнения.
Fig. 1. Using IDEXX test systems to determine bacterial contamination.