

DOI: 10.21055/0370-1069-2025-3-122-131

УДК 616.932:614.4

А.Н. Куличенко<sup>1</sup>, Н.Е. Гаевская<sup>2</sup>, О.В. Васильева<sup>1</sup>, Е.А. Манин<sup>1</sup>, В.Д. Кругликов<sup>2</sup>, А.С. Волюнкина<sup>1</sup>,  
И.А. Русанова<sup>3</sup>, Ю.В. Юничева<sup>3</sup>, П.В. Бодрая<sup>2</sup>, В.В. Махова<sup>1</sup>, А.С. Водопьянов<sup>2</sup>, С.В. Леншин<sup>3</sup>,  
И.Н. Заикина<sup>1</sup>, В.С. Казьмина<sup>2</sup>, Л.А. Егiazарян<sup>2</sup>, И.В. Савина<sup>2</sup>, М.А. Потемкина<sup>4</sup>, Д.С. Ваниева<sup>4</sup>

## Результаты эпидемиологического мониторинга холерных вибрионов O1-серогруппы в поверхностных водоемах г. Сочи в 2024 г.

<sup>1</sup>ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт», Ставрополь, Российская Федерация;  
<sup>2</sup>ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт», Ростов-на-Дону, Российская Федерация;  
<sup>3</sup>Сочинское противочумное отделение (филиал) ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт»,  
Сочи, Российская Федерация; <sup>4</sup>Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей  
и благополучия человека по Краснодарскому краю, Краснодар, Российская Федерация

В 2024 г. при проведении обследования поверхностных водоемов г. Сочи в рамках планового мониторинга за холерой были выделены нетоксигенные холерные вибрионы O1-серогруппы. Цель работы – анализ результатов эпидемиологического мониторинга холерных вибрионов O1-серогруппы в поверхностных водоемах г. Сочи в 2024 г., характеристика молекулярно-генетических свойств выделенных штаммов. Материалы и методы. В работе использованы данные, полученные в результате проведения эпидемиологического расследования причин контаминации холерными вибрионами рек г. Сочи. Полногеномное секвенирование изолированных штаммов выполняли на платформе MiSeq (Illumina). Генетические детерминанты патогенности холерного вибриона идентифицировали с помощью программ BioEdit и BLASTN. Результаты и обсуждение. Установлено, что вероятной причиной контаминации вод р. Мацесты было попадание нетоксигенных холерных вибрионов от больных с легким течением, со стертой формой заболевания или вибрионосительством. Занос холерных вибрионов в реки Агуру и Мзымту мог произойти за счет связанных подземных вод, поскольку в акваториях всех трех рек залегает карстовый водоносный слой. Биоинформационный анализ показал, что выделенные культуры холерных вибрионов в акваториях рек Мацесты, Агуры и Мзымты генетически идентичны, составляют единый клональный комплекс со штаммами, изолированными из поверхностных водоемов Российской Федерации, и не являются завозными из-за рубежа. Штаммы *Vibrio cholerae* O1, выделенные в 2024 г. из объектов окружающей среды, и культуры, изолированные от больных острой кишечной инфекцией в Херсонской области (2024 г.) и Краснодарском крае (2004 г.), относились к одному кластеру. Результаты свидетельствуют о наличии в поверхностных водоемах г. Сочи оптимальных для существования холерных вибрионов экологических условий, что обуславливает необходимость мониторинга в максимальном объеме, предусмотренном для территорий I типа по эпидемическим проявлениям холеры, с оперативным молекулярно-генетическим изучением выделенных культур.

**Ключевые слова:** холера, эпидемиологический мониторинг, нетоксигенные штаммы *V. cholerae* O1, поверхностные водоемы г. Сочи, клональный комплекс, секвенирование.

Корреспондирующий автор: Васильева Оксана Васильевна, e-mail: ksusha.vasilieva@gmail.com.

Для цитирования: Куличенко А.Н., Гаевская Н.Е., Васильева О.В., Манин Е.А., Кругликов В.Д., Волюнкина А.С., Русанова И.А., Юничева Ю.В., Бодрая П.В., Махова В.В., Водопьянов А.С., Леншин С.В., Заикина И.Н., Казьмина В.С., Егiazарян Л.А., Савина И.В., Потемкина М.А., Ваниева Д.С. Результаты эпидемиологического мониторинга холерных вибрионов O1-серогруппы в поверхностных водоемах г. Сочи в 2024 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2025; 3:122–131. DOI: 10.21055/0370-1069-2025-3-122-131

Поступила 24.03.2025. Отправлена на доработку 16.04.2025. Принята к публикации 05.06.2025.

A.N. Kulichenko<sup>1</sup>, N.E. Gaevskaya<sup>2</sup>, O.V. Vasil'eva<sup>1</sup>, E.A. Manin<sup>1</sup>, V.D. Kruglikov<sup>2</sup>, A.S. Volynkina<sup>1</sup>,  
I.A. Rusanova<sup>3</sup>, Yu.V. Yunicheva<sup>3</sup>, P.V. Bodraya<sup>2</sup>, V.V. Makhova<sup>1</sup>, A.S. Vodop'yanov<sup>2</sup>, S.V. Lenshin<sup>3</sup>,  
I.N. Zaikina<sup>1</sup>, V.S. Kaz'mina<sup>2</sup>, L.A. Egiazar'yan<sup>2</sup>, I.V. Savina<sup>2</sup>, M.A. Potemkina<sup>4</sup>, D.S. Vanieva<sup>4</sup>

## Results of Epidemiological Monitoring of Cholera Vibrios, Serogroup O1 in Surface Water Bodies of Sochi in 2024

<sup>1</sup>Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russian Federation;

<sup>2</sup>Rostov-on-Don Research Anti-Plague Institute, Rostov-on-Don, Russian Federation;

<sup>3</sup>Sochi Anti-Plague Department (Affiliated Branch) of the Stavropol Research Anti-Plague Institute, Sochi, Russian Federation;

<sup>4</sup>Rospotrebnadzor Administration in the Krasnodar Territory, Krasnodar, Russian Federation

**Abstract.** In 2024, during routine monitoring of surface water bodies in Sochi for cholera, non-toxigenic cholera vibrios of serogroup O1 were isolated. **The aim** of the work was to analyze the results of the epidemiological monitoring and characterize the molecular-genetic properties of the isolated strains. **Materials and methods.** The work uses the data obtained as a result of an epidemiological investigation of the causes of river contamination with cholera vibrios in Sochi. Whole-genome sequencing of isolated strains was performed on the MiSeq platform (Illumina). Genetic determinants of cholera vibrio pathogenicity were identified using the BioEdit and BLASTN software. **Results and discussion.** It was established that the probable cause of contamination of the Matsesta river waters was the entry of non-toxigenic cholera vibrios from patients with a mild course of the disease, with an erased form of the disease or vibriocarriers. The introduction of cholera vibrios into the Agura and Mzymta rivers could have occurred due to associated groundwater, since a karst aquifer lies in the waters of all three rivers. Bioinformatics analysis showed that the isolated cultures of cholera vibrios in the waters of the Matsesta, Agura and Mzymta rivers are genetically identical, constitute a single clonal complex with

strains isolated from surface water bodies of the Russian Federation, and are not imported from abroad. *Vibrio cholerae* O1 strains isolated from environmental objects in 2024 and cultures isolated from patients with acute intestinal infection (AII) in the Kherson Region (2024) and Krasnodar Territory (2004) belonged to the same cluster. The results indicate the presence of optimal environmental conditions for the existence of cholera vibrios in the surface water bodies of Sochi, which necessitates extensive monitoring to its maximum, provided for type I territories for epidemic manifestations of cholera, with prompt molecular-genetic study of the isolated cultures.

**Key words:** cholera, epidemiological monitoring, non-toxigenic strains of *V. cholerae* O1, surface water bodies of Sochi, clonal complex, sequencing.

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

**Funding:** The authors declare no additional financial support for this study.

**Corresponding author:** Oksana V. Vasil'eva, e-mail: ksusha.vasilieva@gmail.com.

**Citation:** Kulichenko A.N., Gaevskaya N.E., Vasil'eva O.V., Manin E.A., Kruglikov V.D., Volynkina A.S., Rusanova I.A., Yunicheva Yu.V., Bodraya P.V., Makhova V.V., Vodop'yanov A.S., Lenshin S.V., Zaikina I.N., Kaz'mina V.S., Egiazyaryan L.A., Savina I.V., Potemkina M.A., Vanieva D.S. Results of Epidemiological Monitoring of Cholera Vibrios, Serogroup O1 in Surface Water Bodies of Sochi in 2024. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii* [Problems of Particularly Dangerous Infections]. 2025; 3:122–131. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2025-3-122-131

Received 24.03.2025. Revised 16.04.2025. Accepted 05.06.2025.

Kulichenko A.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9362-3949>  
Gaevskaya N.E., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0762-3628>  
Vasil'eva O.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8882-6477>  
Manin E.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8163-7844>  
Kruglikov V.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>  
Volynkina A.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5554-5882>  
Rusanova I.A., ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4504-7544>  
Yunicheva Yu.V., ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4253-5924>  
Bodraya P.V., ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5271-444X>

Makhova V.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2988-3559>  
Vodop'yanov A.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-3231>  
Lenshin S.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6815-2869>  
Zaikina I.N., ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4879-3116>  
Kaz'mina V.S., ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0942-8918>  
Egiazyaryan L.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6350-065X>  
Savina I.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6825-1135>  
Potemkina M.A., ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4011-369X>  
Vanieva D.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5199-5480>

Эпидемиологическая ситуация по холере в мире в последние годы остается неблагоприятной. В структуре общей заболеваемости максимальный удельный вес занимают страны Азии и Африки. Поскольку с большинством из них Российская Федерация поддерживает тесные контакты, вероятность завоза инфекции на любую из ее административных территорий довольно высока [1, 2]. Наибольшему риску подвержены мегаполисы с международными аэропортами, а также южные портовые и курортные города. В этом отношении г. Сочи заслуживает самого пристального внимания как одно из самых популярных мест отдыха, привлекающее российских и иностранных туристов круглый год. В летний сезон его посещают более 5 млн человек [3]. В городе регулярно проводятся фестивали, концерты, соревнования и прочие массовые мероприятия с международным участием.

При этом риск распространения холеры, в случае ее завоза, не менее высок в силу географических, климатических и социальных особенностей Сочинской агломерации. Самая высокая среднегодовая температура в стране, обширная гидрографическая сеть, большое количество бальнеологических центров и рекреационных комплексов увеличивают вероятность возникновения эпидемических осложнений, связанную, прежде всего, с реализацией основного пути передачи этой опасной инфекции – водного [4].

Мониторинговые исследования, направленные на своевременное обнаружение в поверхностных водоемах и других объектах окружающей среды холерных вибрионов серогрупп O1/O139, являются ключевой частью системы эпидемиологического надзора за холерой в РФ [5–7]. Они проводятся по срокам дифференцированно, с учетом типов территорий по эпидемическим проявлениям холеры [8–10]. Краснодарский край отнесен ко II типу территорий,

на которых мониторинг объектов окружающей среды на вибриофлору проводится с июня по сентябрь.

В процессе мониторинга за холерой нетоксигенные холерные вибрионы O1-серогруппы ежегодно выделяются из водных объектов окружающей среды в различных регионах, но наиболее часто – в открытых водоемах Южного федерального округа. Несмотря на отсутствие эпидемической опасности, они могут вызывать спорадические случаи и локальные вспышки острых кишечных инфекций (ОКИ) [6, 8].

Высокий риск завоза и распространения холеры в г. Сочи обусловил перенос начала плановых мониторинговых обследований открытых водоемов в 2024 г. на более ранний срок – 15 апреля. В ходе их выполнения были выделены нетоксигенные холерные вибрионы O1-серогруппы, проведено необходимое в таких случаях эпидемиологическое расследование с целью установления источников контаминации водных объектов и осуществлены мероприятия по ликвидации ее причин.

**Цель работы** – анализ результатов эпидемиологического мониторинга холерных вибрионов O1-серогруппы в поверхностных водоемах г. Сочи в 2024 г., характеристика молекулярно-генетических свойств выделенных штаммов.

## Материалы и методы

Отбор проб воды проводился с апреля по ноябрь в 71 стационарной точке. Из них: 39 – море, 16 – реки (в том числе реки Мацеста – 1, Агура – 6, Мзымта – 4), 4 – реки в местах сброса сточных вод, 6 – реки в местах водозаборов, 6 – сточные воды лечебно-профилактических учреждений. С момента выделения первого нетоксигенного штамма холерного вибриона в период с июня по ноябрь количество точек отбора проб воды было увеличено, а их гео-

графия расширена в целях установления источников контаминации водных объектов, а также для усиления бактериологического контроля. Кроме того, для диагностики доставлялась природная минеральная вода, в том числе отобранная в районе обнаружения холерного вибриона. В период с апреля по ноябрь 2024 г. выполнено 6174 исследования, изолировано 250 нетоксигенных штаммов *Vibrio cholerae* O1-серогруппы.

Исследование воды открытых водоемов и идентификацию культур *V. cholerae*, выделенных в 2024 г., осуществляли в соответствии с МУК 4.2.3745-22 «Методы лабораторной диагностики холеры».

Изучение чувствительности штаммов холерных вибрионов к антибактериальным препаратам определяли диско-диффузионным методом согласно МУК 4.2.2495-09 «Определение чувствительности возбудителей бактериальных инфекций (чума, холера, туляремия, бруцеллез, сальмонеллез, мелиоидоз) к антибактериальным препаратам».

Для молекулярно-генетической идентификации использовали тест-систему «АмплиСенс *Vibrio cholerae*-FL» (ФБУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора, Россия) в соответствии с инструкцией производителя.

Полногеномное секвенирование выполняли на платформе MiSeq (Illumina). Сборку геномов проводили с использованием программы Spades [11]. Поиск SNP осуществляли по методике SNP-типирования штаммов *V. cholerae* на основе анализа первичных данных полногеномного секвенирования [12]. Сравнительный SNP-анализ полученных сиквенсов (WGSs) выполняли согласно предложенной ранее схеме алгоритма анализа данных полногеномного секвенирования [13], обновленная база включала 55 тыс. SNP. Генетические детерминанты патогенности идентифицировали на основе анализа секвенированных полногеномных последовательностей с помощью программ BioEdit 7.2.5 (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit>) и BLASTN 2.2.29 (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>).

Определение количества выделенных культур холерных вибрионов от числа исследованных проб проводили с 95 % доверительным интервалом (ДИ 95 %) ( $\alpha=0,05$ ;  $z\text{-score}=1,96$ ), который вычисляли в программе Microsoft Excel 2010.

## Результаты и обсуждение

**Эпидемиологический мониторинг холерных вибрионов O1-серогруппы.** В ходе мониторинговых исследований в Мацестинском районе г. Сочи 28.06.2024 из реки Мацесты был выделен первый нетоксигенный штамм холерного вибриона O1-серогруппы. Температура воды в месте отбора составляла 23,4 °С.

В соответствии с поручением Руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека проведено эпидемиологическое расследование, направленное

на поиск источника контаминации р. Мацесты нетоксигенным холерным вибрионом и приняты меры для купирования угрозы его распространения:

1. С целью расширения зоны обследования и уточнения верхней границы контаминации реки добавлено 66 дополнительных точек отбора проб, включая 5 точек отбора морской воды в месте впадения реки в Черное море (рис. 1).

2. Установлена верхняя граница контаминации р. Мацесты. Для этого определена максимально высокая точка, доступная для отбора проб, расположенная на 13 800 м выше по течению от места первичного выделения холерного вибриона. Далее пробы отбирались вниз по руслу реки через каждые 500–1000 м. Верхняя граница контаминированного участка определена на уровне 3400 м выше по течению относительно точки первичного выделения.

3. Обнаружен контаминированный холерным вибрионом объект, представляющий собой искусственный декоративный фонтан, расположенный на расстоянии 450 м от реки на уровне верхней положительной точки. Вода в него поступала из природного сероводородного источника, а сток осуществлялся через трубопровод, проложенный к р. Мацесте. В ходе трехкратного обследования на протяжении трех дней из воды, отобранной из чаши фонтана, выделены культуры нетоксигенного холерного вибриона O1-серогруппы. При этом положительных результатов ПЦР и случаев выделения культур из природного источника не выявлено. На этом основании сделано предположение о контаминации нетоксигенным холерным вибрионом сульфидной воды непосредственно в декоративном фонтане. Вероятно, ее причиной стало несанкционированное купание больного с легким течением, стертой формой заболевания или вибриононосительством. В реку же контаминированная нетоксигенным холерным вибрионом вода, очевидно, поступила через сточный трубопровод.

4. Принято решение о ликвидации декоративного фонтана. Проведена обработка дезинфицирующим средством, с последующим полным осушением фонтана и тампонированием места поступления из природного источника сероводородной воды.

5. Отобраны пробы минеральной воды до и после использования в бальнеологических ваннах, исследована вода на Хостинских очистных сооружениях канализации до и после очистки. Холерные вибрионы не выявлены.

6. Исследованы природные источники сероводородной воды в непосредственной близости от русла реки. Холерные вибрионы не выявлены.

7. Продолжен ежедневный отбор проб в мониторинговых точках вверх по руслу р. Мацесты. Положительные результаты выше обозначенной границы контаминации не выявлены.

8. Проведена ревизия ливневых стоков и канализационных люков, в том числе в частных домовладениях. Нарушений не выявлено.

9. Организован контроль качества воды на соответствие санитарно-химическим и микробиологическим показателям. Удельный вес проб, не отвечающих нормам, составил: 71,25 % (57 проб) – на микробиологические показатели; 81,25 % (65 проб) – на санитарно-химические показатели. Основная доля нестандартных проб была взята ниже по течению от верхней точки обнаружения холерного вибриона. Выше по течению все показатели находились в пределах нормы или незначительно ее превышали. Вода, отобранная в месте впадения р. Мацесты, соответствовала санитарно-химическим показателям.

Таким образом, границы участка реки, включающего точки отбора проб воды, не соответствующей нормам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, совпадали с границами участка реки, где выявлялся холерный вибрион.

10. Введен запрет на купание на стихийном пляже в месте впадения р. Мацесты в Черное море, где были установлены соответствующие знаки.

Следует отметить, что во время эпидемиологического расследования русло р. Мацесты было обмелевшим, температура воды определялась в диапазоне 25–30 °С, рН воды составил 7,8–8,2, то есть для выживания и накопления холерных вибрионов сложилась благоприятная среда.

Выделение нетоксигенного холерного вибриона из русла реки продолжалось вплоть до октября, чему, по всей видимости, способствовало сохранение вибриона в воде реки за счет благоприятных температурных условий.

**Из реки Агуры** первые культуры нетоксигенного штамма *V. cholerae* O1-серогруппы были выделены 13.08.2024 при температуре воды в месте отбора проб в диапазоне 19,1–19,2 °С.

Агура – горная река длиной 10 км, протекающая по территории Хостинского внутригородского района г. Сочи в южном направлении параллельно р. Мацесте. Река Агура не является источником водоснабжения ввиду низкого дебита водоносного слоя в летний период [14, 15].

С целью выявления источника контаминации р. Агуры увеличена кратность отбора проб воды в 5 стационарных точках и определены 17 дополнительных – выше и ниже по течению от мест выделения первых культур.

Организованы мониторинговые группы (силами администрации г. Сочи) для проведения рейдов с целью недопущения купания на контаминированных холерным вибрионом участках реки.

Одновременно проводился эпидемиологический мониторинг уровня заболеваемости ОКИ на территории г. Сочи и Хостинского внутригородского района. Увеличения количества больных с ОКИ в период наблюдения не зарегистрировано.

Источник контаминации в ходе эпидемиологического расследования не установлен.

**Из реки Мзымты** первый нетоксигенный штамм *V. cholerae* O1-серогруппы был изолирован

12.09.2024 при температуре воды в месте отбора 15,0 °С.

С целью выявления источника контаминации р. Мзымты увеличена кратность отбора проб воды из 4 стационарных точек и определены 7 дополнительных – выше и ниже по течению от места первичного выделения.

В результате проведенного эпидемиологического расследования источник контаминации р. Мзымты установить не удалось. Выделение холерных вибрионов носило временный характер, 2 штамма были изолированы 12.09.2024 и 15.09.2024.

На основании данных [16] установлено, что в акваториях рек Мацесты, Агуры и Мзымты залегает карстовый подземный водоносный слой (рис. 1), состоящий из 64 отдельных карстовых полостей, объемом до десятков тысяч квадратных метров и значительной протяженностью. В вертикальном расположении водоносный слой имеет понижение от р. Мацесты к р. Агуре и Мзымте.

Вероятно, из точки, где был выявлен контаминированный объект с высокой концентрацией холерного вибриона (фонтан), произошел дальнейший вынос возбудителя в воды р. Мацесты, находящейся рядом. Водоносный слой, соединяющий поверхностные водоемы, способствовал дальнейшему попаданию холерного вибриона из р. Мацесты в р. Агуру. Установлено, что на глубине водоносного слоя находятся термальные источники с высокой минерализацией, которые подогревают воды карстового слоя, воды газированы сероводородом (от 350 до 460 мг/дм<sup>3</sup>). При попадании в такие воды холерный вибрион может сохраняться в жизнеспособном состоянии, а его распространение обеспечивает ток воды [17–19].

Случаи распространения холерных вибрионов через подземный водоносный слой на территории Сочинской агломерации были описаны и ранее. В 1975 г. зафиксирована контаминация подземного горизонта сульфидных вод холерными вибрионами, откуда они поступили в русло реки, а затем в море. Сделано предположение, что источником инфекции послужили вибрионосители [20]. В 2015 г. из р. Агуры выделены нетоксигенные вибрионы. Была выдвинута гипотеза о контаминации подземного горизонта минеральной сульфидной воды с ее последующим поступлением в реку. Обильные ливни могли явиться пусковым механизмом нарушения санитарно-экологических условий с попаданием сточных вод и контаминацией подземного слоя [21].

Как видно из таблицы, в течение апреля – ноября 2024 г. исследовано 407 проб из р. Мацесты (выделено 134 культуры), 267 проб из р. Агуры (выделено 100 культур), 132 пробы из р. Мзымты (выделено 2 культуры). Наибольший процент выделенных штаммов из проб воды р. Мацесты пришелся на август и сентябрь (41,2 и 72,2 % соответственно), р. Агуры – на август и сентябрь (59,5; 54,2 %).

Кроме того, из морской воды Черного моря в месте впадения р. Мацесты выделено 11 культур не-

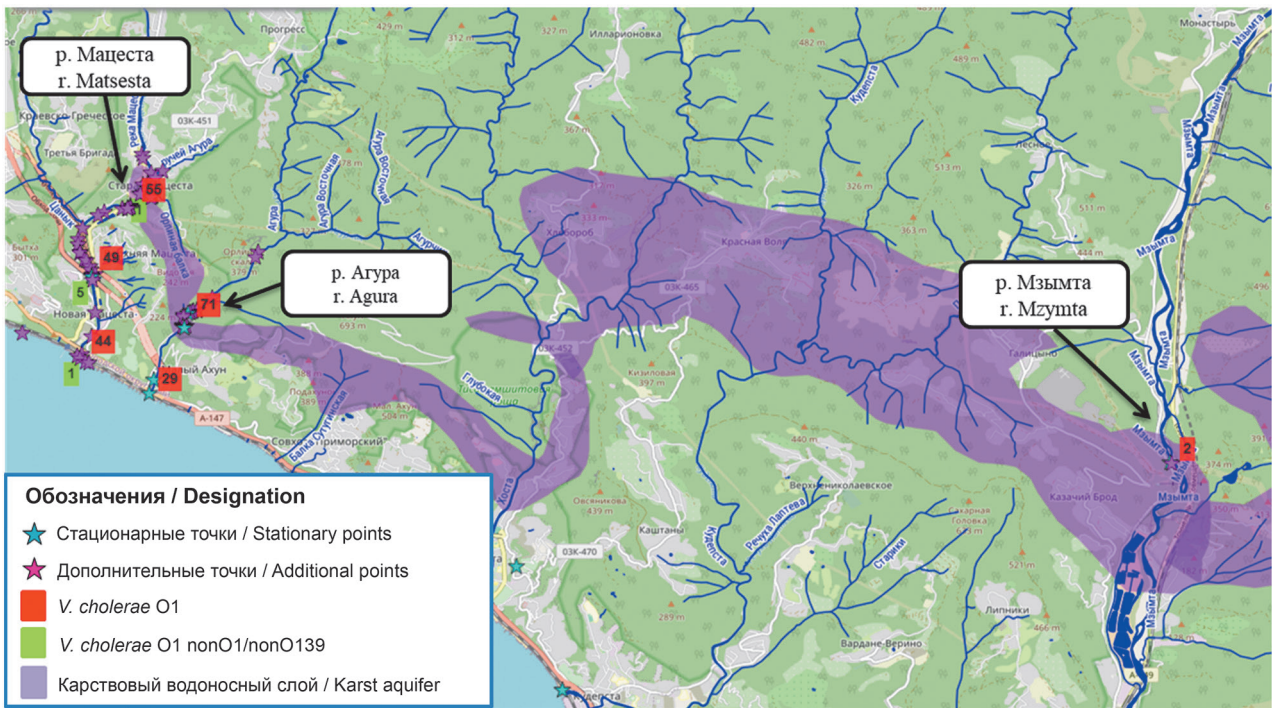


Рис. 1. Фрагмент карты-схемы с указанием точек отбора проб воды на холеру, мест выделения штаммов *V. cholerae* из рек Мацесты, Агуры и Мзымты и границ залегания карстового водоносного слоя

Fig. 1. A fragment of a schematic map showing the points of water sampling for cholera, the sites of isolation of *V. cholerae* strains from the Matsesta, Agura and Mzymta rivers, and the boundaries of the karst aquifer

Данные о выделении нетоксигенных *V. cholerae* O1 из рек на территории г. Сочи в 2024 г.  
Data on the isolation of non-toxicogenic *V. cholerae* O1 from rivers in the city of Sochi in 2024.

| Внутри-городской район<br>Intracity area | Объект<br>Object          | Показатель<br>Indicator                                                      | Месяц / Month   |            |                    |                     |                     |                       |                    |                    | Всего за сезон<br>Seasonal total |
|------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|
|                                          |                           |                                                                              | апрель<br>April | май<br>May | июнь<br>June       | июль<br>July        | август<br>August    | сентябрь<br>September | октябрь<br>October | ноябрь<br>November |                                  |
| 1                                        | 2                         | 3                                                                            | 4               | 5          | 6                  | 7                   | 8                   | 9                     | 10                 | 11                 | 12                               |
| Хостинский<br>Khostinsky                 | р. Мацеста<br>r. Matsesta | Среднемесячная температура воды, °C<br>Average monthly water temperature, °C | 14,8            | 16,3       | 21,6               | 26,1                | 22,6                | 19,2                  | 15,3               | 11,5               | 11,5–26,1*                       |
|                                          |                           | Исследовано проб<br>Samples examined                                         | 2               | 5          | 23                 | 137                 | 131                 | 54                    | 42                 | 13                 | 407                              |
|                                          |                           | Выделено штаммов<br>Strains isolated                                         | 0               | 0          | 3                  | 37                  | 54                  | 39                    | 1                  | 0                  | 134                              |
|                                          |                           | % (ДИ/CI 95 %)                                                               | 0               | 0          | 13,4<br>(9,3–17,4) | 27,0<br>(19,5–34,4) | 41,2<br>(32,6–49,4) | 72,2<br>(60,0–83,9)   | 2,4<br>(1,7–3,1)   | 0                  | 32,9<br>(28,4–37,5)              |
| Хостинский<br>Khostinsky                 | р. Агура<br>r. Agura      | Среднемесячная температура воды, °C<br>Average monthly water temperature, °C | 16,1            | 16,5       | 19,9               | 22,2                | 20,0                | 18,5                  | 17,1               | 12,9               | 12,9–22,2*                       |
|                                          |                           | Исследовано проб<br>Samples examined                                         | 6               | 15         | 12                 | 19                  | 111                 | 59                    | 33                 | 12                 | 267                              |
|                                          |                           | Выделено штаммов<br>Strains isolated                                         | 0               | 0          | 0                  | 0                   | 66                  | 32                    | 2                  | 0                  | 100                              |
|                                          |                           | % (ДИ/CI 95 %)                                                               | 0               | 0          | 0                  | 0                   | 59,5<br>(50,3–68,6) | 54,2<br>(41,5–66,9)   | 6,1<br>(3,8–8,4)   | 0                  | 37,5<br>(31,6–43,3)              |

Окончание таблицы / Ending of the table

| 1                  | 2                      | 3                                                                            | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9                | 10   | 11  | 12               |
|--------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|-----|------------------|
| Адлерский<br>Adler | р. Мзымта<br>r. Mzymta | Среднемесечная температура воды, °С<br>Average monthly water temperature, °С | 10,5 | 10,9 | 17,1 | 16,6 | 15,6 | 14,9             | 12,6 | 7,0 | 7,05–17,10*      |
|                    |                        | Исследовано проб<br>Samples examined                                         | 4    | 10   | 8    | 14   | 23   | 34               | 27   | 12  | 132              |
|                    |                        | Выделено штаммов<br>Strains isolated                                         | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2                | 0    | 0   | 2                |
|                    |                        | % (ДИ/CI 95 %)                                                               | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5,9<br>(3,0–8,8) | 0    | 0   | 1,5<br>(0,7–2,3) |

Примечание: \* диапазон температуры воды.  
Note: \* water temperature range.

токсигенных *V. cholerae* O1-серогруппы (1 штамм – в июне, 10 – в июле). Из природной сероводородной воды декоративного фонтана в июле выделено 3 культуры.

Прекращение выделения нетоксигенных штаммов *V. cholerae* O1-серогруппы из рек соответствовало периоду выпадения большого количества осадков, что привело к «вымыванию» биопленок, а «шоковое» снижение температуры воды с 19 до 12 °С в течение трех дней привело к созданию неблагоприятных условий для их повторного размножения. Последние культуры выделены из проб воды р. Мзымты 15 сентября, р. Агуры – 5 октября, р. Мацесты – 11 октября 2024 г.

Таким образом, к основным особенностям контаминации поверхностных водоемов г. Сочи нетоксигенным холерным вибрионом в 2024 г. можно отнести:

- фактор последовательного распространения вибрионов из р. Мацесты в р. Агуру и Мзымту;
- сохранение холерного вибриона в течение продолжительного времени (более 15 недель) в р. Мацесте.

Из вод поверхностных водоемов г. Сочи ранее неоднократно были изолированы нетоксигенные *V. cholerae* O1-серогруппы. Так, из р. Мацесты выделено 87 штаммов *V. cholerae* O1-серогруппы в 1975, 1977, 1979, 1980, 1986, 2001, 2007 гг., а из р. Агуры – 515 штаммов в 1975, 1979–1981, 2007 и 2015 гг. [14]. Это обусловлено наличием благоприятных экологических условий для поддержания жизнеспособности и размножения холерных вибрионов в реках Мацесте и Агуре: высокой температуры воды (до 25–30 °С), слабощелочной среды (рН=7,8–8,2), обильного содержания H<sub>2</sub>S [15, 22].

**Результаты идентификации и молекулярно-генетическая характеристика штаммов *V. cholerae* O1-серогруппы.** Все культуры были доставлены на идентификацию в Референс-центр по мониторингу холеры ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора. По результатам изучения биохимических и серологических свойств штаммы идентифицированы как *V. cholerae*

O1-серогруппы биовара Эль-Тор серовара Огава. Определение чувствительности к антибактериальным препаратам показало, что культуры чувствительны к доксициклину, тетрациклину, ципрофлоксацину, гентамицину, канамицину.

При исследовании методом ПЦР штаммы идентифицированы как *V. cholerae* O1-серогруппы нетоксигенные (*ctxA*<sup>–</sup>, *tcpA*<sup>–</sup>).

Культуры, изолированные в акваториях рек Мацесты, Агуры и Мзымты, составили единый клональный комплекс штаммов, который кластеризуется с изолятами, выделенными ранее из объектов окружающей среды на территории Ростовской области (2016 г.), Республики Крым (2023 г.), Херсонской области (р. Большие Серогозы, 2024 г.) и Приморского края (2024 г.) (рис. 2).

Биоинформационный анализ полных геномов с использованием программ BioEdit 7.2.5 (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit>), BLASTN 2.2.29 (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>) и SeqAnalyzer показал, что штаммы не содержат профагов CTX, preCTX, RS1, острова патогенности VPI-1 и полного VPI-2, острова пандемичности VSP-II, а также кодирующих генов – термостабильного токсина (*stn/sto*), cholix-токсина (*chxA* I, II, III) и белков наружной мембраны OmpU и OmpT. Детерминанты системы секреции шестого типа (T6SS) представлены двумя кластерами – основным и дополнительными AUX-2 и AUX-3, тогда как AUX-1 и AUX-4 не выявлялись. Вместе с тем в геноме присутствовал остров патогенности VPI-3 [23], состоящий из кластера системы секреции третьего типа (T3SS) – фактора патогенности [24] и дистальной части VPI-2 с *pan-nag*-областью, у нетоксигенных штаммов способствующей персистенции в разных экологических нишах [25]. Обнаружены интактные гены факторов патогенности MARTX (*rtxA* в составе RTX-кластера), гемолизина HlyA и целого ряда факторов патогенности/персистенции: маннозочувствительных пилей MSHA (кластер *msh*), сериновых протеаз (VesA, VesB, VesC, IvaP, RssP); металлопротеаз (HA/P, PrtV VchC), цитотонического фактора Cef [26]. Таким образом, эти штаммы имели обширный спектр генетических детерминант, доста-

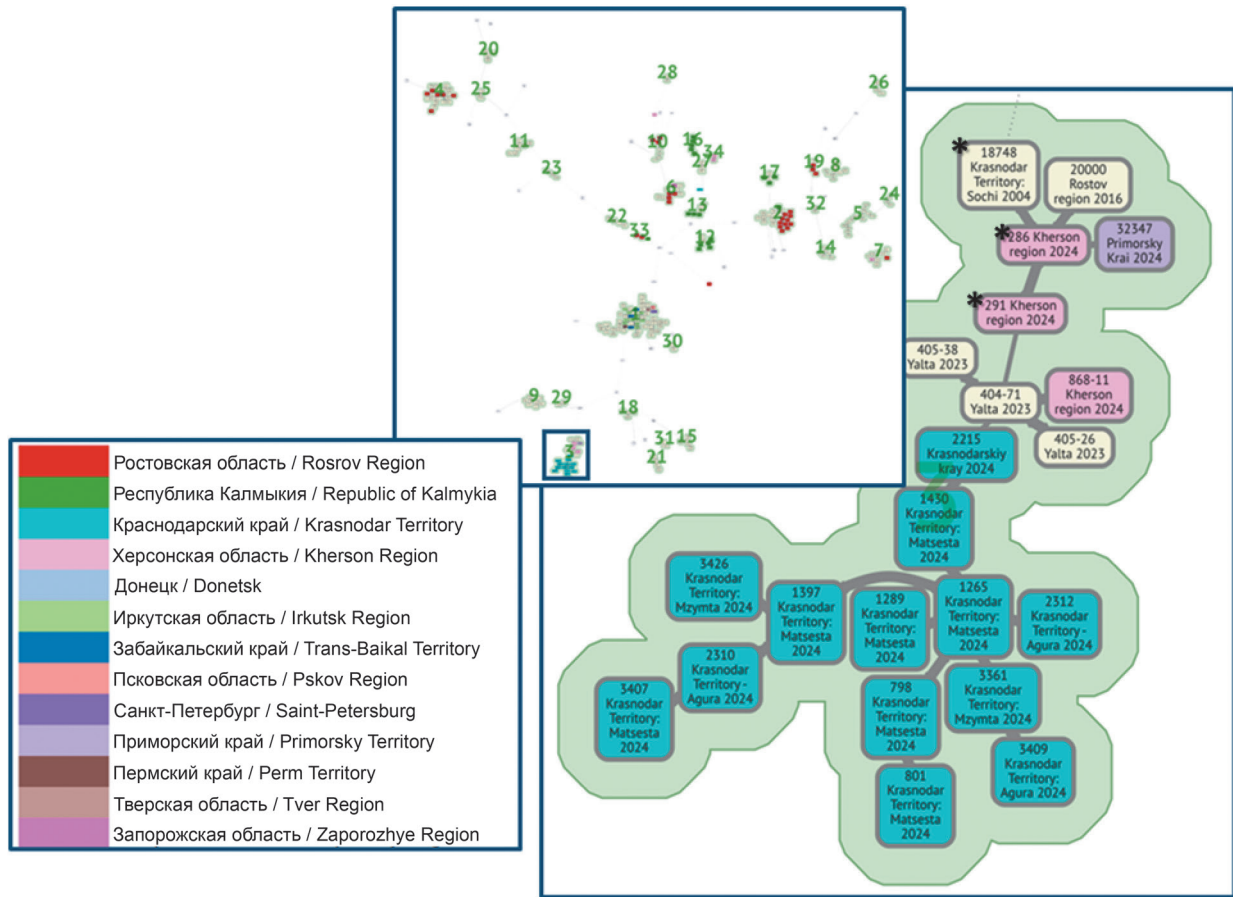


Рис. 2. Дендрограмма, построенная по итогам SNP-анализа данных полногеномного секвенирования нетоксигенных штаммов *V. cholerae*, выделенных в РФ из воды поверхностных водоемов и клинического материала (обозначены \*)

Fig. 2. Dendrogram constructed based on the results of SNP analysis of whole-genome sequencing data on non-toxigenic strains of *V. cholerae* isolated in the Russian Federation from surface water bodies and clinical material (marked with \*)

точный для реализации не только персистентного, но и патогенетического потенциала.

По данным биоинформационного анализа установлено, что изолированные в 2024 г. штаммы *V. cholerae* O1-серогруппы не являются завозными из-за рубежа.

Штаммы *V. cholerae* O1-серогруппы, изолированные из воды поверхностных водоемов в г. Сочи в 2024 г., генетически близки к изолятам, выделенным от больных ОКИ в Херсонской области (г. Геническ, 2024 г.) и Краснодарском крае (г. Сочи, 2004 г.) (рис. 2). Впервые отмечена принадлежность к одному кластеру культур *V. cholerae* O1-серогруппы, выделенных из воды поверхностных водоемов и из клинического материала от больных ОКИ. Данное наблюдение подтверждает, что эпидемически незначимые штаммы холерных вибрионов способны вызывать спорадическую и вспышечную заболеваемость ОКИ среди населения [27, 28].

Таким образом, в результате эпидемиологического мониторинга установлено, что вероятной причиной контаминации вод р. Мацесты было попадание нетоксигенных холерных вибрионов от больных с легким течением, со стертой формой заболевания или вибриононосительством. Вследствие благоприятных условий для выживания и размножения вибрионов в

воде р. Мацесты имело место их длительное сохранение в течение 15 недель. Попадание холерных вибрионов в реки Агуру и Мзымту произошло за счет связанных подземных карстовых вод. На основании результатов филогенетического анализа сделан вывод, что все изоляты *V. cholerae* O1-серогруппы генетически идентичны и имеют близость к штаммам, выделенным в г. Геническе Херсонской области (2024 г.), Республике Крым (2023 г.), Ростовской области (2016 г.) и г. Сочи (2004 г.), что свидетельствует об их местном происхождении (Юг России).

Следует отметить, что выделение нетоксигенных штаммов холеры на территории г. Сочи имеет периодический характер и свидетельствует о наличии в поверхностных водоемах курорта оптимальных для существования холерных вибрионов экологических условий и, как следствие, потенциальной возможности накопления токсигенных вариантов возбудителя при их заносе и угрозе последующего распространения. В связи с этим данная территория требует к себе пристального внимания как со стороны учреждений Роспотребнадзора в части мониторинговых исследований, так и со стороны органов местного самоуправления, которые должны не допускать несанкционированного сброса сточных вод в реки города, а также осуществлять контроль за объ-

ектами водопользования в части ограничения или запрета на их посещение. Существует настоятельная необходимость проведения мониторинга открытых водоемов г. Сочи на наличие холерных вибрионов в максимальном объеме, предусмотренном для территорий I типа по эпидемическим проявлениям холеры, с оперативным молекулярно-генетическим изучением изолированных культур.

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

**Финансирование.** Авторы заявляют об отсутствии дополнительного финансирования при проведении данного исследования.

### Список литературы

1. Попова А.Ю., Носков А.К., Ежлова Е.Б., Кругликов В.Д., Монахова Е.В., Чемисова О.С., Лопатин А.А., Иванова С.М., Подойницына О.А., Водопьянов А.С., Левченко Д.А., Савина И.В. Эпидемиологическая ситуация по холере в Российской Федерации в 2023 г. и прогноз на 2024 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2024; (1):76–88. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-1-76-88.
2. Носков А.К., Кругликов В.Д., Москвитина Э.А., Миронова Л.В., Монахова Е.В., Соболева Е.Г., Чемисова О.С., Водопьянов А.С., Лопатин А.А., Иванова С.М., Меньшикова Е.А., Подойницына О.А., Ежова М.И., Евтеев А.В. Холера: анализ и оценка эпидемиологической обстановки в мире и России. Прогноз на 2023 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2023; (1):56–66. DOI: 10.21055/0370-1069-2023-1-56-66.
3. Ахмеров А.А., Пирогова О.Е. Современное состояние и развитие региональных туристских продуктов в России. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2025; 15(1):129–42. DOI: 10.21869/2223-1552-2025-15-1-129-142.
4. Марамович А.С., Урбанович Л.Я., Миронова Л.В., Куликалова Е.С. Эволюция эпидемиологии холеры. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2006; (6):63–71.
5. Москвитина Э.А., Адаменко О.Л., Дворцова И.В., Кругликов В.Д., Иванова С.М., Козина Д.А. Эпидемиологическая обстановка по холере в мире в 2013 г., прогноз на 2014 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2014; (2):19–26. DOI: 10.21055/0370-1069-2014-2-19-26.
6. Крицкий А.А., Смирнова Н.И., Каляева Т.Б., Оброткина Н.Ф., Грачева И.В., Катышев А.Д., Кутырев В.В. Сравнительный анализ молекулярно-генетических свойств нетоксигенных штаммов *Vibrio cholerae* O1 биовара Эль Тор, изолированных в России и на эндемичных по холере территориях. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021; (3):72–82. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-72-82.
7. Попова А.Ю., Носков А.К., Ежлова Е.Б., Кругликов В.Д., Миронова Л.В., Монахова Е.В., Чемисова О.С., Подойницына О.А., Хундеева Ж.Ю., Водопьянов А.С., Галачьянц Ю.П. Ретроспективный анализ эпидемиологической ситуации по холере в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2023; 31(11):82–93. DOI: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-82-93.
8. Агафонова Е.Ю., Смирнова Н.И., Альхова Ж.В., Краснов Я.М., Ливанова Л.Ф., Лозовский Ю.В., Кутырев В.В. Нетоксигенные штаммы *Vibrio cholerae* биовара Эль Тор, выделенные на территории России: молекулярно-генетические особенности и патогенные свойства. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2019; (2):13–24. DOI: 10.36233/0372-9311-2019-2-13-24.
9. Онищенко Г.Г., Ломов Ю.М., Москвитина Э.А., Жилина Н.Я., Подосинникова Л.С. Эпидемиологический надзор за холерой: обоснования к оценке его эффективности. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2005; (1):5–9.
10. Онищенко Г.Г., Марамович А.С., Голубинский Е.П., Маслов Д.В., Вершкова Т.И., Урбанович Л.Я., Алленов А.В., Мурначев Г.П., Гарковенко Л.Е., Воронок В.М. Холера на Дальнем Востоке России. Сообщение I. Эпидемиологическая характеристика вспышки холеры Эльтор в г. Владивостоке. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2000; (5):26–31.
11. Bankevich A., Nurk S., Antipov D., Gurevich A.A., Dvorkin M., Kulikov A.S., Lesin V.M., Nikolenko S.I., Pham S., Pribelski A.D., Pyshkin A.V., Sirotkin A.V., Vyahhi N., Tesler G., Alekseyev M.A., Pevzner P.A. SPAdes: a new genome assembly algorithm and its applications to single-cell sequencing. *J. Comput. Biol.* 2012; 19(5):455–77. DOI: 10.1089/cmb.2012.0021.
12. Водопьянов А.С., Писанов Р.В., Водопьянов С.О., Олейников И.П. Совершенствование методики SNP-типирования штаммов *Vibrio cholerae* на основе анализа первичных данных полногеномного секвенирования. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2020; 97(6):587–93. DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-6-9.
13. Водопьянов А.С., Писанов Р.В., Водопьянов С.О., Мишанькин Б.Н., Олейников И.П., Кругликов В.Д., Титова С.В. Молекулярная эпидемиология *Vibrio cholerae* – разработка алгоритма анализа данных полногеномного секвенирования. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2016; 21(3):146–52. DOI: 10.18821/1560-9529-2016-21-3-146-152.
14. Гальцева Г.В., Бойко Е.А., Малай В.И. Оперативный и ретроспективный анализ мониторингирования холеры в Краснодарском крае. В кн.: Холера и патогенные для человека вибрионы: Сборник статей Проблемной комиссии (44.08) Координационного научного совета по санитарно-эпидемиологической охране территории Российской Федерации. Т. 30. Ростов-на-Дону: Медиа-Полис; 2017. С. 43–8.
15. Материалы VI Кавказского Международного экологического форума «Комплексное изучение экосистем горных территорий» (Грозный, 20–21 октября 2023 г.). [Электронный ресурс]. URL: <https://storage.ucomplexx.org/files/users/-1/4fd73294ce2bd6bf.pdf> (дата обращения 12.03.2025).
16. GeoKniga: K-37-IV (Сочи). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Изд. 2-е. Серия Кавказская. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/k-37-iv-sochi-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rossiyskoy-federacii-izdan.doc> (дата обращения 12.03.2025).
17. Мединский Г.М., Ладный И.Д., Бичуль К.Г., Сомова А.Г., Быстрый Н.Ф., Киселева В.И., Мишанькин Б.Н., Гончаров А.Г., Подосинникова Л.С., Лобанова Л.Н., Тихенко Н.И., Кокоева Л.П., Алутич И.М., Капустина М.Д., Злобина Н.А., Левкович А.А., Рудаков И.М., Онацкий И.И., Кривцова Р.Б., Нагорная А.Ф. Влияние сульфидной воды естественных источников на свойства холерных вибрионов. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 1978; (2):125–9.
18. Титова С.В., Меньшикова Е.А., Курбатова Е.М., Лысова Л.К., Архангельская И.В., Дуванова О.В., Миронова А.В., Самородова А.В., Москвитина Э.А. Влияние условий культивирования на сроки персистенции и некоторые свойства холерных вибрионов. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2016; (3):76–80. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-3-76-80.
19. Саямов Р.М., Зайденев А.М. Выживаемость и свойства холерных вибрионов при культивировании в минеральной воде. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 1978; (1):66–70.
20. Мединский Г.М., Ладный И.Д., Бичуль К.Г., Гончаров А.Г., Киселева В.И., Быстрый Н.Ф., Кудрякова Т.А., Рудаков И.М., Мищенко О.А., Сперанский Н.Н., Тихенко Н.И., Кокоева Л.П., Капустина М.Д., Злобина Н.А., Левкович А.А., Нагорная А.Ф., Кривцова Р.Б., Онацкий И.И., Дронов А.А. Случай инфицирования холерными вибрионами карстового водоносного горизонта. *Гигиена и санитария*. 1976; (12):12–5.
21. Титова С.В., Москвитина Э.А., Кругликов В.Д., Самородова А.В., Тюленева Е.Г., Монахова Е.В., Писанов Р.В., Водопьянов А.С., Архангельская И.В., Иванова С.М., Ковалева Т.В., Водопьянов С.О. Холера: оценка эпидемиологической обстановки в мире и России в 2006–2015 гг. прогноз на 2016 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2016; (1):20–7. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-1-20-27.
22. Денисенко О.С. Гидробиологическая характеристика бассейна реки Мзымта в современных экологических условиях. *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты*. 2014; (11):7–15.
23. Arteaga M., Velasco J., Rodriguez S., Vidal M., Arellano C., Silva F., Carreño L.J., Vidal R., Montero D.A. Genomic characterization of the non-O1/non-O139 *Vibrio cholerae* strain that caused a gastroenteritis outbreak in Santiago, Chile, 2018. *Microb. Genom.* 2020; 6(3):e000340. DOI: 10.1099/mgen.0.000340.
24. Zeb S., Shah M.A., Yasir M., Awan H.M., Prommeenat P., Klanchui A., Wren B.W., Thomson N., Bokhari H. Type III secretion system confers enhanced virulence in clinical non-O1/non-O139 *Vibrio cholerae*. *Microb. Pathog.* 2019; 135:103645. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103645.
25. Almagro-Moreno S., Boyd E.F. Sialic acid catabolism confers a competitive advantage to pathogenic *Vibrio cholerae* in the mouse intestine. *Infect. Immun.* 2009; 77(9):3807–16. DOI: 10.1128/IAI.00279-09.
26. Монахова Е.В. Стратегия вирулентности холерных вибрионов и пути ее реализации (обзор). *Проблемы особо опасных инфекций*. 2013; (4):60–8. DOI: 10.21055/0370-1069-2013-4-60-68.
27. Москвитина Э.А., Янович Е.Г., Куриленко М.Л., Кругликов В.Д., Титова С.В., Левченко Д.А., Водопьянов А.С.,

Лопатин А.А., Иванова С.М., Мишанькин Б.М., Кривенко А.С., Анисимова Г.Б., Носков А.К. Холера: мониторинг эпидемиологической обстановки в мире и России (2010–2019 гг.). Прогноз на 2020 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; (2):38–47. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-2-38-47.

28. Онищенко Г.Г., Ломов Ю.М., Москвитина Э.А., Подосинникова Л.С., Водяницкая С.Ю., Прометной В.И., Дудина Н.А. Холера, обусловленная *Vibrio cholerae* O1 схАВ тсрА<sup>+</sup>. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2007; (1):23–9.

## References

1. Popova A.Yu., Noskov A.K., Ezhlova E.B., Kruglikov V.D., Monakhova E.V., Chemisova O.S., Lopatin A.A., Ivanova S.M., Podoyantsyna O.A., Vodopyanov A.S., Levchenko D.A., Savina I.V. [Epidemiological situation on cholera in the Russian Federation in 2023 and forecast for 2024]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2024; (1):76–88. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-1-76-88.
2. Noskov A.K., Kruglikov V.D., Moskvitina E.A., Mironova L.V., Monakhova E.V., Soboleva E.G., Chemisova O.S., Vodopyanov A.S., Lopatin A.A., Ivanova S.M., Men'shikova E.A., Podoyantsyna O.A., Ezhova M.I., Evteev A.V. [Cholera: analysis and assessment of epidemiological situation around the world and in Russia (2013–2022). Forecast for 2023]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2023; (1):56–66. DOI: 10.21055/0370-1069-2023-1-56-66.
3. Akhmerov A.A., Pirogova O.E. [Current state and development of regional tourism products in Russia]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Ekonomika. Sociologiya. Menedzhment [Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics. Sociology. Management]*. 2025; 15(1):129–42. DOI: 10.21869/2223-1552-2025-15-1-129-142.
4. Maramovich A.S., Urbanovich L.Ya., Mironova L.V., Kulikalova E.S. [Evolution of the epidemiology of cholera]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2006; (6):63–71.
5. Moskvitina E.A., Adamenko O.L., Dvortsova I.V., Kruglikov V.D., Ivanova S.M., Kozina D.A. [Epidemiological situation on cholera throughout the world in 2013, forecasting for 2014]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2014; (2):19–26. DOI: 10.21055/0370-1069-2014-2-19-26.
6. Kritsky A.A., Smirnova N.I., Kalyaeva T.B., Obrotkina N.F., Gracheva I.V., Katyshev A.D., Kutyrev V.V. [Comparative analysis of molecular-genetic properties in non-toxicogenic *Vibrio cholerae* O1 strains biovar El Tor, isolated in Russia and on cholera endemic territories]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2021; (3):72–82. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-72-82.
7. Popova A.Yu., Noskov A.K., Ezhlova E.B., Kruglikov V.D., Mironova L.V., Monakhova E.V., Chemisova O.S., Podoyantsyna O.A., Khunkheeva Zh.Yu., Vodopyanov A.S., Galachyants Yu.P. [Retrospective analysis of the cholera situation in the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson regions]. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya [Public Health and Life Environment]*. 2023; 31(11):82–93. DOI: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-82-93.
8. Agafonova E.Yu., Smirnova N.I., Al'khova Zh.V., Krasnov Ya.M., Livanova L.F., Lozovsky Yu.V., Kutyrev V.V. [Non-toxicogenic strains of *Vibrio cholerae* of the El Tor biovar isolated on the territory of Russia: molecular and genetic features and pathogenic properties]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2019; (2):13–24. DOI: 10.36233/0372-9311-2019-2-13-24.
9. Onishchenko G.G., Lomov Yu.M., Moskvitina E.A., Fedorov Yu.M., Podosinnikova L.S., Gorobets A.V. [Cholera in the early twenty-first century]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2005; (3):5–9.
10. Onishchenko G.G., Maramovich A.S., Golubinsky E.P., Maslov D.V., Vershkovskaya T.I., Urbanovich L.Ya., Allenov A.V., Murnachev G.P., Garkovenko L.E., Voronok V.M. [Cholera in the Russian Far East. Communication 1. Epidemiological characteristics of the El Tor cholera outbreak in Vladivostok]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2000; (5):26–31.
11. Bankevich A., Nurk S., Antipov D., Gurevich A.A., Dvorkin M., Kulikov A.S., Lesin V.M., Nikolenko S.I., Pham S., Pribelski A.D., Pyshkin A.V., Sirotkin A.V., Vyahhi N., Tesler G., Alekseyev M.A., Pevzner P.A. SPAdes: a new genome assembly algorithm and its applications to single-cell sequencing. *J. Comput. Biol.* 2012; 19(5):455–77. DOI: 10.1089/cmb.2012.0021.
12. Vodopyanov A.S., Pisanov R.V., Vodopyanov S.O., Oleinikov I.P. [Improvement of the method of SNP-typing of *Vibrio cholerae* strains based on the analysis of primary data of whole-genome sequencing]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2020; 97(6):587–93. DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-6-9.
13. Vodopyanov A.S., Pisanov R.V., Vodopyanov S.O., Mishankin B.N., Oleynikov I.P., Kruglikov V.D., Titova S.V. [Molecular epidemiology of *Vibrio cholerae* – development of the algorithm for data analysis of whole genome sequencing]. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni [Epidemiology and Infectious Diseases]*. 2016; 21(3):146–52. DOI: 10.18821/1560-9529-2016-21-3-146-152.
14. Gal'tseva G.V., Boyko E.A., Malay V.I. [Operational and retrospective analysis of cholera monitoring in Krasnodar Territory]. In: [Cholera and Pathogenic for Humans Vibrios. Collection of Works of the Task Group (44.08) of the Coordinating Scientific Council for Sanitary-Epidemiological Protection of the Territory of the Russian Federation]. Vol. 30. Rostov-on-Don: "Media-Polis"; 2017. P. 43–8.
15. [Proceedings of the VI Caucasian International Environmental Forum "Complex study of mountain ecosystems" (Grozny city; October 20–21, 2023)]. (Cited 12 March 2025). [Internet]. Available from: <https://storage.ucomplex.org/files/users/-1/4fd73294ce2bd6bf.pdf>.
16. GeoKniga: K-37-IV (Sochi). State Geological Map of the Russian Federation. 2<sup>nd</sup> edition. Caucasian Series. (Cited 12 March 2025). [Internet]. Available from: <https://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/k-37-iv-sochi-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rossiyskoy-federacii-izdan.doc>.
17. Medinskij G.M., Ladnyj I.D., Bichul' K.G., Somova A.G., Bystryj N.F., Kiseleva V.I., Mishan'kin B.N., Goncharov A.G., Podosinnikova L.S., Lobanova L.N., Tihenko N.I., Kokoeva L.P., Alutin I.M., Kapustina M.D., Zlobina N.A., Levkovich A.A., Rudakov I.M., Onackij I.I., Krivcova R.B., Nagornaya A.F. [Influence of sulfide water of natural sources on cholera vibrio properties]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 1978; (2):125–9.
18. Titova S.V., Men'shikova E.A., Kurbatova E.M., Lysova L.K., Arkhangel'skaya I.V., Duvanova O.V., Mironova A.V., Samorodova A.V., Moskvitina E.A. [Impact of cultivating environment on the terms of persistence and certain properties of cholera vibrios]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2016; (3):76–80. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-3-76-80.
19. Sayamov R.M., Zaidenov A.M. [Survivability and properties of cholera vibrios in case of cultivation in mineral water]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 1978; (11):66–70.
20. Medinskij G.M., Ladnyj I.D., Bichul' K.G., Goncharov A.G., Kiseleva V.I., Bystryj N.F., Kudryakova T.A., Rudakov I.M., Mishchenko O.A., Speranskij N.N., Tihenko N.I., Kokoeva L.P., Kapustina M.D., Zlobina N.A., Levkovich A.A., Nagornaya A.F., Krivcova R.B., Onackij I.I., Dronov A.A. [A case of cholera vibrio infection in a karst aquifer]. *Gigiena i Sanitariya [Hygiene and Sanitation]*. 1976; (12):12–5.
21. Titova S.V., Moskvitina E.A., Kruglikov V.D., Samorodova A.V., Tyuleneva E.G., Monakhova E.V., Pisanov R.V., Vodopyanov A.S., Arkhangel'skaya I.V., Ivanova S.M., Kovaleva T.V., Vodopyanov S.O. [Cholera: analysis of epidemiological situation across the world and in Russia within a period of 2006–2015]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2016; (1):20–7. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-1-20-27.
22. Denisenko O.S. [Hydrobiological characteristics of the Mzymta River basin in modern environmental conditions]. *Fundamental'nye i Prikladnye Issledovaniya: Problemy i Rezultaty [Fundamental and Applied Research: Problems and Results]*. 2014; (11):7–15.
23. Arteaga M., Velasco J., Rodriguez S., Vidal M., Arellano C., Silva F., Carreño L.J., Vidal R., Montero D.A. Genomic characterization of the non-O1/non-O139 *Vibrio cholerae* strain that caused a gastroenteritis outbreak in Santiago, Chile, 2018. *Microb. Genom.* 2020; 6(3):e000340. DOI: 10.1099/mgen.0.000340.
24. Zeb S., Shah M.A., Yasir M., Awan H.M., Prommeenate P., Klanchui A., Wren B.W., Thomson N., Bokhari H. Type III secretion system confers enhanced virulence in clinical non-O1/non-O139 *Vibrio cholerae*. *Microb. Pathog.* 2019; 135:103645. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103645.
25. Almagro-Moreno S., Boyd E.F. Sialic acid catabolism confers a competitive advantage to pathogenic *Vibrio cholerae* in the mouse intestine. *Infect. Immun.* 2009; 77(9):3807–16. DOI: 10.1128/IAI.00279-09.
26. Monakhova E.V. [Cholera vibrio virulence strategy and ways of its realization (scientific review)]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2013; (4):60–8. DOI: 10.21055/0370-1069-2013-4-60-68.
27. Moskvitina E.A., Yanovich E.G., Kurilenko M.I., Kruglikov V.D., Titova S.V., Levchenko D.A., Vodopyanov A.S., Lopatin A.A., Ivanova S.M., Mishan'kin B.M., Krivenko A.S., Anisimova G.B., Noskov A.K. [Cholera: monitoring of epidemiological situation around the world and in Russia (2010–2019). Forecast for 2020]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (2):38–47. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-2-38-47.

28. Onishchenko G.G., Lomov Yu.M., Moskvitina E.A., Podosinnikova L.S., Vodyanitskaya S.Yu., Prometnoy V.I., Monakhova E.V., Vodopyanov S.O., Telesmanich N.R., Dudina N.A. [Cholera caused by *Vibrio cholerae* O1 ctxAB-tcpA<sup>+</sup>]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2007; (1):23–9.

#### Authors:

*Kulichenko A.N., Vasil'eva O.V., Manin E.A., Volynkina A.S., Makhova V.V., Zaikina I.N.* Stavropol Research Anti-Plague Institute. 13–15, Sovetskaya St., Stavropol, 355035, Russian Federation. E-mail: stavnipchi@mail.ru.

*Gaevskaya N.E., Kruglikov V.D., Bodraya P.V., Vodop'yanov A.S., Kaz'mina V.S., Egiazaryan L.A., Savina I.V.* Rostov-on-Don Research Anti-Plague Institute. 117/40, M. Gorkogo St., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation. E-mail: plague@aaanet.ru.

*Rusanova I.A., Yunicheva Yu.V., Lenshin S.V.* Sochi Anti-Plague Department (Affiliated Branch) of the Stavropol Research Anti-Plague Institute. 19, Tonnelnaya St., Sochi, 354000, Russian Federation.

*Potemkina M.A., Vanieva D.S.* Rospotrebnadzor Administration in the Krasnodar Territory. 100, Rashpilevskaya St., Krasnodar, 350000, Russian Federation. E-mail: upravlenie@kubanrpn.ru.

#### Об авторах:

*Куличенко А.Н., Васильева О.В., Манин Е.А., Волынкина А.С., Махова В.В., Заикина И.Н.* Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 355035, Ставрополь, ул. Советская, 13–15. E-mail: stavnipchi@mail.ru.

*Гаевская Н.Е., Кругликов В.Д., Бодрая П.В., Водопьянов А.С., Казьмина В.С., Егиазарян Л.А., Савина И.В.* Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40. E-mail: plague@aaanet.ru.

*Русанова И.А., Юничева Ю.В., Ленишин С.В.* Сочинское противочумное отделение (филиал) Ставропольского научно-исследовательского противочумного института. Российская Федерация, 354000, Сочи, Тоннельная улица, 19.

*Потемкина М.А., Ваниева Д.С.* Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Краснодарскому краю. Российская Федерация, 350000, Краснодар, ул. Рашиповская, 100. E-mail: upravlenie@kubanrpn.ru.