



Ретроспективный анализ эпидемиологической ситуации по холере в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях

А.Ю. Попова^{1,4}, А.К. Носков², Е.Б. Ежлова¹, В.Д. Кругликов², Л.В. Миронова³, Е.В. Монахова²,
О.С. Чемисова², О.А. Подойницына², Ж.Ю. Хунхеева³, А.С. Водопьянов², Ю.П. Галачянц³

¹ Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Вадковский пер., д. 18, г. Москва, 127994, Российская Федерация

² ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, ул. М. Горького, д. 117/40, г. Ростов-на-Дону, 344002, Российская Федерация

³ ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора, ул. Триллссера, д. 78, г. Иркутск, 664047, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования», Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, г. Москва, 125993, Российская Федерация

Резюме

Введение. В обзоре приведены данные ретроспективного анализа заболеваемости холерой и распространенности холерного вибриона в объектах окружающей среды на территориях Донбасского региона, Запорожской и Херсонской областей.

Цель исследования: ретроспективный анализ эпидемиологической ситуации по холере в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях и на пограничных территориях в период седьмой пандемии и оценка рисков завоза и распространения инфекции.

Материалы и методы. Источники информации – публикации в рецензируемых журналах и данные Референс-центра по мониторингу за холерой за период с 1970 по 2023 г. В SNP-анализе использованы полногеномные сиквенсы ДНК штаммов *Vibrio cholerae* O1, международных баз данных нуклеотидных последовательностей ДНК – NCBI и ENA, алгоритмы UPGMA и ML, авторское программное обеспечение, MEGA 5.

Результаты. Установлено, что на территориях Донбасского региона (Донецкой и Луганской Народных Республиках, бывших Донецкой и Луганской областей), Запорожской и Херсонской областей имели место осложнения эпидемиологической ситуации по холере, связанные с завозом инфекции из эндемичных стран и распространением водным и пищевым путями. Пики заболеваемости холерой отмечались в 1970-х и в 1990-х гг. (последняя вспышка – 2011 г.). С 1989 по 2022 г. из водных объектов Донецкой Народной Республики (бывшая Донецкая область) изолировано 490 штаммов *V. cholerae* O1 (51 токсигенный), в Луганской Народной Республике (бывшая Луганская область) – 8 (2); в Запорожской области – 183 (6), в Херсонской области – 66 (51). Токсигенные штаммы представляли гетерогенную группу вследствие многократных завозов возбудителя. Выявлено сходство генотипов штаммов *V. cholerae* из воды на отдельных территориях в течение нескольких лет, что свидетельствует о наличии климатических и социальных условий для сохранения и формирования локальных популяций холерного вибриона.

Заключение. Современная эпидемиологическая ситуация по холере в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях стабильная. В связи с чрезвычайной ситуацией и с состоянием инфраструктуры сохраняются высокие риски завоза холеры с эндемичных и с сопредельных территорий и распространения инфекции водным путем. Это свидетельствует о необходимости проведения на данных территориях системного мониторинга за холерой в максимальном объеме мероприятий, предусмотренном для территорий I типа по эпидемическим проявлениям холеры.

Ключевые слова: холера, эпидемиологическая ситуация, эпидемиологические риски, проактивный надзор, заболеваемость, мониторинг, поверхностные водоемы, *Vibrio cholerae*, биоинформационный анализ.

Для цитирования: Попова А.Ю., Носков А.К., Ежлова Е.Б., Кругликов В.Д., Миронова Л.В., Монахова Е.В., Чемисова О.С., Подойницына О.А., Хунхеева Ж.Ю., Водопьянов А.С., Галачянц Ю.П. Ретроспективный анализ эпидемиологической ситуации по холере в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 11. С. 82–93. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-82-93

Retrospective Analysis of the Cholera Situation in the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson Regions

Anna Yu. Popova,^{1,4} Aleksey K. Noskov,² Elena B. Ezhlova,¹ Vladimir D. Kruglikov,² Liliya V. Mironova,³
Elena V. Monakhova,² Olga S. Chemisova,² Oksana A. Podoyntsina,² Zhanna Yu. Khunkheeva,³
Aleksey S. Vodopyanov,² Yuri P. Galachyants³

¹ Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare, 18 Vadkovsky Lane, Moscow, 127994, Russian Federation

² Rostov-on-Don Anti plague Research Institute, 117/40 Maxim Gorky Street, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation

³ Irkutsk Anti plague Research Institute, 78 Trilisser Street, Irkutsk, 664047, Russian Federation

⁴ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 2/1 Barrikadnaya Street, Moscow, 125993, Russian Federation

Summary

Introduction: The review presents the results of a retrospective analysis of the incidence of cholera and the prevalence of *Vibrio cholerae* in environmental media on the territory of the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson Regions.

Objective: To do a retrospective analysis of the cholera epidemiological situation in the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson regions, and border areas during the seventh pandemic and to assess risks of importation and spread of the disease.

Materials and methods: We examined topical articles published in peer-reviewed journals and data of the Reference Center for Cholera Monitoring for 1970–2023. The SNP analysis used whole genome sequences of *V. cholerae* O1 strains, NCBI and ENA databases, UPGMA and ML algorithms, author's software, and MEGA 5.

Results: We established historic cholera outbreaks in the Donbass Region (Donetsk and Lugansk People's Republics, former Donetsk and Lugansk regions), Zaporozhye and Kherson regions caused by the infection imported from endemic countries and its spread by water and food. The highest cholera incidence rates were registered in the 1970s and 1990s; the most recent outbreak was documented in the year 2011. In 1989–2022, 490 *V. cholerae* O1 strains, including 51 toxigenic ones, were isolated from water bodies in the Donetsk People's Republic (the former Donetsk Region), 8 strains (2) in the Lugansk People's Republic (the former Lugansk Region), 183 (6) in Zaporozhye, and 66 (51) in the Kherson Region. Toxigenic strains represented a heterogeneous group due to multiple imports of the pathogen. We revealed similarity of genotypes of *V. cholerae* strains isolated from environmental media in certain areas over several years, which indicates the presence of climatic and social conditions for preservation and development of local populations of cholera vibrios.

Conclusion: The current cholera situation in the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson regions is stable. Due to the present-day emergency and infrastructure conditions, high risks of cholera importation from endemic and adjacent territories and spread of this infectious disease through water persist, thus necessitating regular and systematic monitoring of cholera in these regions and strict implementation of all measures envisaged for type I territories in terms of epidemic manifestations of cholera.

Keywords: cholera, epidemiological situation, health risks, proactive supervision, incidence, monitoring, surface water bodies, *Vibrio cholerae*, bioinformatics analysis.

For citation: Popova AYU, Noskov AK, Ezhlova EB, Kruglikov VD, Mironova LV, Monakhova EV, Chemisova OS, Podoyntsina OA, Khunkheeva ZhYu, Vodopyanov AS, Galachyants YuP. Retrospective analysis of the cholera situation in the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson regions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(11):82–93. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-82-93

Введение. В рамках эпидемиологического надзора за холерой на территории РФ одним из приоритетных направлений является информационный анализ заболеваемости холерой и распространение возбудителя в объектах окружающей среды (ООС) на различных территориях для оценки ситуации, а также выявление внутренних и внешних рисков развития осложнений эпидемиологического характера в аспекте проактивного надзора на путях возможного распространения возбудителя.

В настоящее время в Донбасском регионе (Донецкая Народная Республика (ДНР), Луганская Народная Республика (ЛНР)), Запорожской и Херсонской областях имеет место чрезвычайная ситуация (ЧС) и связанные с ней нарушения социальной инфраструктуры (водоснабжения, водоотведения и др.). Указанные факторы в совокупности с интенсификацией миграционных процессов могут способствовать повышению вероятности осложнения эпидемиологической ситуации по холере в результате завоза этой инфекции, в том числе с пограничных территорий, с последующей реализацией водного пути распространения инфекции [1].

Кроме того, исходя из природно-климатических и социальных особенностей, не исключена возможность создания в определенные сезонные периоды условий, благоприятных для размножения нетоксигенных штаммов, ранее встречавшихся и сохранившихся в ООС (открытых водоемах, сточных водах) как в ДНР и ЛНР, так и на сопредельных территориях с последующим распространением инфекции. Такие штаммы, хотя и не представляют эпидемической опасности, могут вызывать спорадические случаи и даже локальные вспышки острых кишечных инфекций [2–6].

Вышеперечисленные обстоятельства свидетельствуют о необходимости анализа и оценки имевших место эпидемических проявлений холеры на данных территориях.

Цель исследования: ретроспективный анализ эпидемиологической ситуации по холере в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях и на пограничных территориях в период седьмой пандемии и оценка рисков завоза и распространения инфекции.

Материалы и методы. Использованы данные научных публикаций за период 1993–2023 гг. и информация Референс-центра по мониторингу за холерой ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора» в период с 1970–2023 гг. В биоинформационном анализе использованы полногеномные секвенсы ДНК холерных вибрионов O1 серогруппы, полученные на платформе MiSeq Illumina¹ в рамках федерального проекта «Санитарный щит – безопасность для здоровья (предупреждение, выявление, реагирование)», а также найденные в международных базах NCBI (National Center for Biotechnology Information)² (www.ncbi.nlm.nih.gov) и ENA (European Nucleotide Archive)³ (www.ebi.ac.uk). Сборку геномов, представленных в виде ридов, проводили с использованием программы Spades [7]. Набор из 54 858 единичных нуклеотидных замен (SNP) был составлен на основе данных первичного секвенирования, кластерный анализ и построение дендрограммы проводили с помощью авторского программного обеспечения [8] по методу UPGMA и программы MEGA 5 [9]. Филогеномный анализ *ctxA-tcpA*⁺ штаммов проводили с использованием алгоритма, основанного на последовательном применении *k*-мерного анализа для установления их принадлежности к генетической линии с последующим построением полногеномного SNP-выравнивания, исключением из него блоков рекомбинации и молекулярно-филогенетическим анализом очищенного выравнивания в программе iqtree v.2.0.3 методом максимального правдоподобия (maximum likelihood) [6, 10].

Результаты. Эпидемические проявления холеры на пограничных территориях. По доступным

¹ Санитарный щит – безопасность для здоровья (предупреждение, выявление, реагирование). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.rospotrebnadzor.ru> (дата обращения: 14.03.2023).

² The National Center for Biotechnology Information (NCBI). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (дата обращения: 14.03.2023).

³ The European Nucleotide Archive (ENA). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ebi.ac.uk> (дата обращения: 19.03.2023).

данным установлено, что в период с 1970 по 1995 г. на территории Украины было зарегистрировано 2343 случая холеры с двумя пиками заболеваемости, приходящимися на начало 1970-х гг., а также на начало и середину 1990-х гг. Эпидемические осложнения регистрировались с 1970 г. (г. Одесса) вследствие завоза возбудителя из стран Азии с реализацией водного пути передачи инфекции за счет контаминации сточными водами акваторий портов и зон рекреации на Черном море. Впоследствии были зарегистрированы вспышки в Николаевской, Черкасской, Харьковской, Черниговской и других областях^{4,5}. В г. Вилково Одесской области (1991 г.) имела место вспышка, вызванная заносом возбудителя холеры водным путем из Румынии. В этом же году эпидемические осложнения по холере имели место в других городах Одесской области (Одесса, Килия, Балту, Измаил, Арциз), а также в Николаевской области [11, 12]. В 1994–1995 гг. на территории Украины была зарегистрирована самая масштабная эпидемия холеры в период седьмой пандемии с водным путем распространения. В этот период времени наиболее выраженные эпидемические проявления холеры отмечались в Республике Крым и в Николаевской области, где вспышка (1994 г.) носила взрывной характер, и основная масса заболевших зарегистрирована за два инкубационных периода, а фактором передачи послужила рыба (тюлька), выловленная в р. Южный Буг. Вспышка 1995 г. имела длительный характер (около пяти месяцев), в этот период было выявлено 467 больных и 319 вибрионосителей, основные пути передачи инфекции – водный и пищевой (сточные воды, морская, пресная вода и морская рыба). Выделенные во время эпидемии

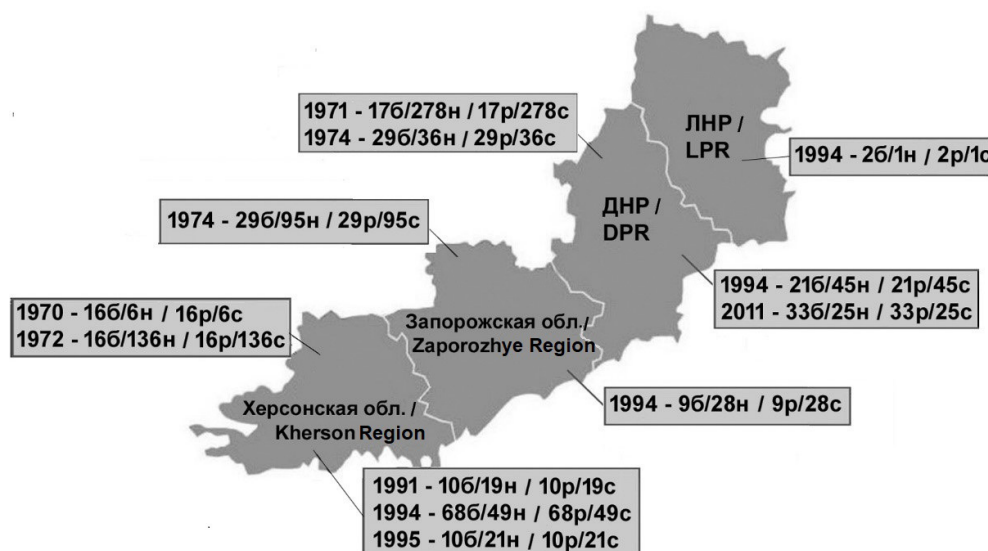
из ООС токсигенные штаммы холерного вибриона О1 серотипа Огава, биовара Эль Тор были схожи с клиническими изолятами, что подтверждает роль ООС в распространении болезни [12, 13].

Эпидемические проявления холеры в период седьмой пандемии на территории Донбасского региона, Запорожской и Херсонской областей имели место с 1970 по 2011 г. и характеризовались различной степенью интенсивности (рис. 1).

Первый пик заболеваемости отмечен в 70-е гг. XX века (рис. 2). В структуре вовлеченных в эпидпроцесс территорий в 1970-х гг. доминировала Донецкая область, на ее долю приходилось 56,8 % от всех зарегистрированных случаев заболеваний холерой.

Второй пик заболеваемости в период седьмой пандемии холеры в мире приходился на начало 1990-х гг. и был обусловлен как интенсификацией международных миграционных процессов, так и значительными преобразованиями биологических свойств этиологического агента инфекции. Именно в этот период на эндемичных по холере территориях произошло формирование генетически измененного холерного вибриона биовара Эль Тор с повышенным патогенным потенциалом. В Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях с 1990 по 2011 г. также регистрировались серьезные эпидемические осложнения по холере (рис. 3). В это время наибольший удельный вес случаев заболеваний был отмечен в Херсонской области и составил 50,3 % от общего числа заболеваний, зарегистрированных на анализируемых территориях⁴ [11].

Доминирующий путь передачи в период эпидемических осложнений – водный, обусловленный



Сокращения: б – больные, н – носители.

Abbreviations: p – patients; c – carriers; DPR, Donetsk People's Republic; LPR, Lugansk People's Republic.

Рис. 1. Территориальное распределение вспышек холеры в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях в 1970-е и 1990-е гг. с регистрацией больных и носителей

Fig. 1. Territorial distribution of cholera outbreaks registered in the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson Regions in the 1970-s and 1990-s

⁴ Покровский В.И., ред. Холера в СССР в период VII пандемии. М.: Медицина, 2000.

⁵ Алексеенко В.В. Холера в Украине. История и современность. Кировоград: Цент. – Укр. Изд-во. 2007. 171 с.

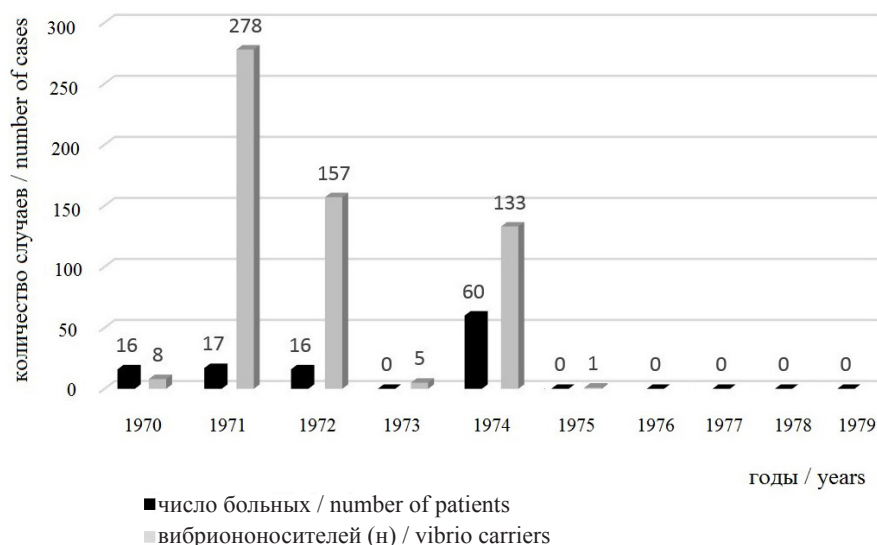


Рис. 2. Динамика зарегистрированных случаев холеры/вибриононосительства в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях с 1970 по 1979 г.

Fig. 2. Registered cases of cholera/vibrio carriers in the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson regions in 1970–1979

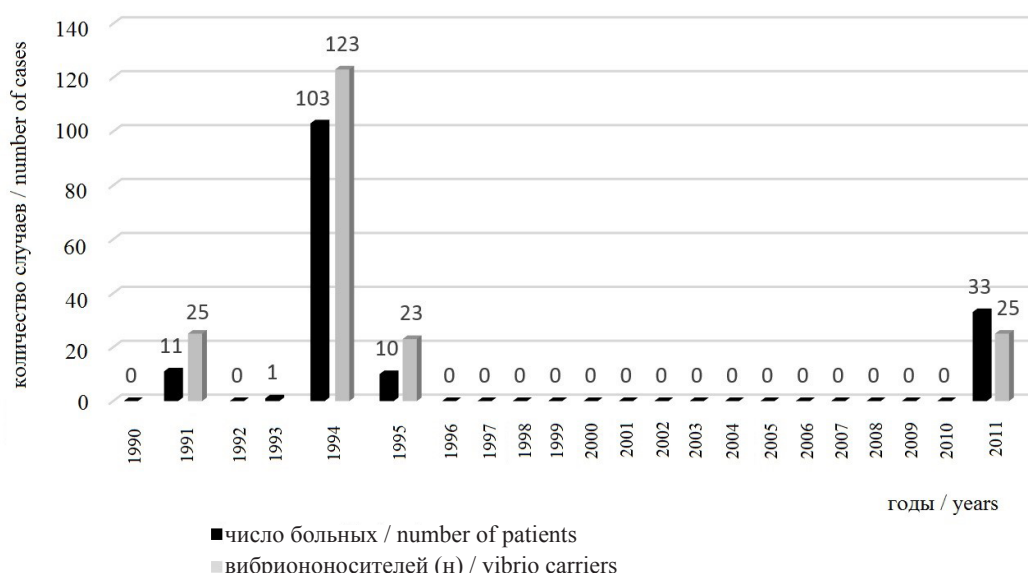


Рис. 3. Динамика зарегистрированных случаев холеры/вибриононосительства в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях с 1990 по 2011 г.

Fig. 3. Dynamics of the registered cholera cases/vibrio carriers on the Donbass Region, Zaporozhye and Kherson regions in 1990–2011

контаминацией холерным вибрионом водных объектов и инфицированием населения при рекреационном водопользовании. Наряду с этим в отдельных случаях эпидпроцесс был обусловлен реализацией пищевого пути передачи возбудителя.

ДНР (бывшая Донецкая область). Первые эпидемические проявления холеры были зарегистрированы в 1971 г. в гг. Донецке и Марьянске в виде вспышки, вызванной завозом с соседних территорий Украины, в период которой было выявлено 17 больных и 278 вибрионосителей. Доминирующий путь передачи инфекции был связан с контаминацией возбудителем холеры молочных продуктов. Вибрионосители были выявлены среди работников молочно-товарных ферм и Марьянского молокозавода, а также

населения Донецка, употреблявшего некипяченое молоко, из проб которого был выделен холерный вибрион. В 1972 и 1973 гг. в Донецке выявлены случаи вибриононосительства, в 1974 г. – два случая заболевания и два – вибриононосительства. Однако, как показали в дальнейшем результаты ПЦР, все эти штаммы оказались нетоксигенными (генотип *ctxAB⁻tcpA⁻*) [14].

Крупная вспышка холеры протекала в г. Мариуполе в 1974 г. с регистрацией 29 больных и 36 вибрионосителей. Эпидпроцесс был обусловлен завозом инфекции из стран Азии на территорию Украины и реализацией водного пути передачи возбудителя при рекреационном водопользовании. Фактор передачи – морская вода в акватории портов

и зонах рекреации, контаминированная холерным вибрионом в результате сброса сточных вод. В последующем, в 1991 г., в Донецке зарегистрирован один случай холеры. В 1994 г. в Мариуполе зарегистрирована вспышка холеры, в период которой выявлены 21 больной и 45 вибрионосителей. Вспышка протекала на фоне эпидемии холеры на Украине, происхождение которой, по-видимому, обусловлено завозом из Республики Дагестан, где в июле – августе 1994 г. регистрировались крупные эпидемические осложнения по холере. Отмечено, что токсигенные штаммы *V. cholerae*, циркулировавшие в Дагестане, по своим биологическим свойствам были идентичны выделенным на Украине. Эпидемический процесс в Мариуполе был связан с контаминацией водопроводной воды за счет аварий на водопроводной и канализационной сетях, подачей воды с перебоями, отрицательным давлением в водопроводе. Впоследствии наблюдалось распространение возбудителя инфекции контактным и пищевым путями передачи⁶ [11, 15]. Вместе с тем имело место сходство обнаруженного возбудителя с с этиологическим агентом эпидемического осложнения 1993 г. (г. Одесса) [12, 13, 16].

Последнее эпидемическое осложнение по холере в ДНР (бывшая Донецкая область), вызванное токсигенным штаммом возбудителя (*V. cholerae* O1 El Tor Ogawa *ctxA*tcpA**), было зарегистрировано в Мариуполе в 2011 г., в период которого заболело 33 человека, выявлено 25 вибрионосителей. Среди инфицированных 30 проживали в Мариуполе, один – в Волновском районе, двое прибывших на отдых на Азовское побережье – в РФ [11, 15]. Случаи заболевания регистрировали у лиц в возрасте от 25 до 90 лет, по гендерному составу: у 20 мужчин (62,5 %) и 12 женщин (37,5 %). Удельный вес пожилых лиц среди заболевших составил 59,4 %. Социальный состав пострадавших представлен рабочими предприятий города (32,0 %), пенсионерами (20,8 %), лицами без определенного места жительства (9,3 %). Развитию вспышки способствовали интенсивные дождевые осадки, подтопления частных канализационных колодцев, аварии в централизованной канализационной системе города, несанкционированные сбросы сточных вод в ливневую канализацию и впоследствии в реки Кальчик, Кальмиус и Азовское море. Основной путь передачи возбудителя – пищевой, фактор передачи – рыба, выловленная в контаминированной холерными вибрионами речной и морской воде. Заболеваемость регистрировали во всех районах города, но наибольшее число больных отмечено в Ильичевском и Жовтневском, наиболее близко расположенным к рекам Кальчик и Кальмиус [17, 18].

ЛНР (бывшая Луганская область). По данным Референс-центра по мониторингу за холерой эпидемические проявления холеры регистрировали в 1994 г. (два заболевших, один вибрионоситель).

Запорожская область. Вспышка холеры имела место в 1974 г. в г. Бердянске, когда с 26 июня по 25 августа было выявлено 29 больных и 95 вибрионосителей, показатель заболеваемости составил 5,8 на 100 тыс. населения^{6,7}. Доказана преимущественная роль водного фактора в возникновении вспышки – заражение 85,5 % человек произошло при рекреационном водопользовании [11, 13]. В 1994 г. (сентябрь – октябрь) на фоне крупномасштабной эпидемии холеры на Украине в Каменско-Днепровском районе Запорожской области зарегистрирована вспышка с девятью заболевшими и 28 вибрионосителями.

После отсутствия на протяжении более чем 20 лет информации в доступных источниках литературы о случаях заболевания холерой в Запорожской области один случай заболевания выявлен в 2016 г. у ребенка, из клинического материала изолирован нетоксигенный холерный вибрион O1 Эль Тор Огава. При эпидемиологическом расследовании установлено, что заболевший купался в реке Молочной⁸. Кроме того, единичные случаи инфицирования нетоксигенным вариантом *V. cholerae* O1 или nonO1/nonO139 зарегистрированы в Запорожской области в 2017 и в 2018 гг.⁹

Херсонская область. В 1970 г. была зарегистрирована вспышка холеры, обусловленная завозом инфекции из г. Одессы. Всего было выявлено 16 больных и шесть вибрионосителей, 70 % случаев инфицирования были связаны с реализацией водного пути передачи инфекции⁷. Позднее, в 1972 г., крупная вспышка холеры протекала в Херсоне, в период которой было выявлено 16 больных и 136 вибрионосителей. От инфицированных лиц выделен токсигенный штамм *V. cholerae* O1 El Tor Inaba. Показатель заболеваемости составил 14,1 на 100 тыс. населения. Возникновение вспышки было обусловлено завозом инфекции из г. Астрахани, что подтверждалось сходством биологических свойств возбудителя и отсутствием выделения этого сероварианта возбудителя от людей и из объектов окружающей среды в Херсоне в период, предшествующий вспышке. В 1991 г. на территории области отмечалась вспышка холеры, в период которой заболело 10 человек, выявлено 19 вибрионосителей. Установлен основной путь передачи – водный. По биологическим свойствам выделенные штаммы возбудителя были отнесены к токсигенным, большая часть из них принадлежала к 19-му фаготипу, который был распространен среди штаммов *V. cholerae*, выделенных в Николаевской области Украины в данный период. Во время масштабных эпидемических осложнений на Украине в 1994–1995 гг. вспышки холеры в Херсонской области были зарегистрированы в 1994 г. (68 больных и 49 вибрионосителей) и в 1995 г. (10 больных и 21 вибрионоситель). Отдельные завозные случаи холеры имели место в 1991, 1993, 1994 и 1995 гг.^{6,7} Необходимо отметить, что эпидемически опасные

⁶ Алексеенко В.В. Холера в Украине. История и современность. Кировоград: Цент. – Укр. Изд-во. 2007. 171 с.

⁷ Покровский В.И., ред. Холера в СССР в период VII пандемии. М.: Медицина, 2000.

⁸ International Society For Infectious Diseases. PRO/RUS> Холера – Украина (Мелитополь) (3). ArchiveNumber: 20160723.4364995. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://promedmail.org/promed-post/?id=4364995> (дата обращения: 19.03.2023).

⁹ International Society for Infectious Diseases. PRO/RUS> Холероподобное заболевание – Украина (Запорожье). Archive Number: 20170822.5267926. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://promedmail.org/promed-post/?id=5267926> (дата обращения: 19.03.2023).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-82-93>
Original Research Article

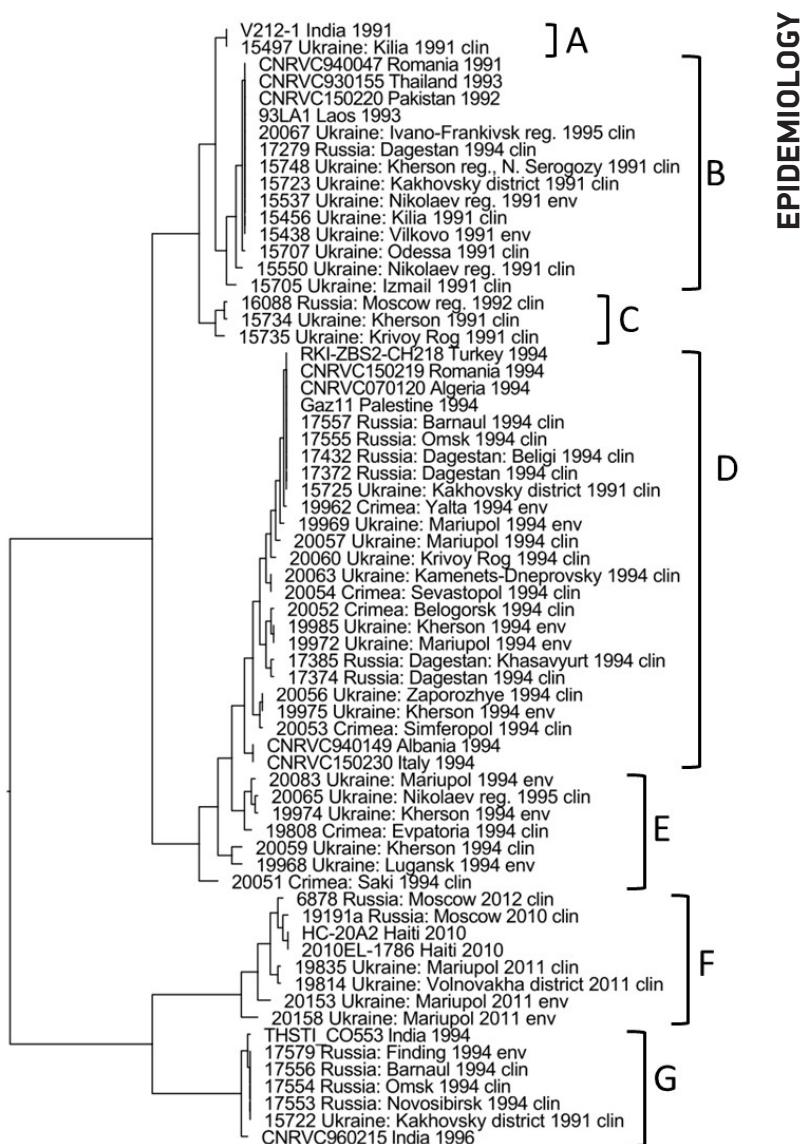
вибрионы Эль Тор обнаруживались в пробах из ООС на указанных территориях во время зарегистрированных эпидемических осложнений. Так, в 1994 г. 20 из 39 изолированных из водных ООС в Донецкой области штаммов были отнесены к эпидемически опасным. В 2011 г. в Мариуполе из 31 исследуемой пробы, в т. ч. вода морская, пресных водоемов, техническая и сточная вода промышленных предприятий, городских канализационных сооружений, рыба, креветки, были изолированы штаммы *V. cholerae* O1 *ctxA*⁺*tcpA*⁺, идентичные по серологическим, биохимическим свойствам, чувствительности к фагам и гемолитической активности штаммам, выделенным от больных и носителей в период вспышки.

По данным Референс-центра по мониторингу за холерой, (с учетом информационных материалов бывшей Крымской противочумной станции) в период 1989–2022 гг. в ДНР (бывшая Донецкая область) из водных ООС изолирован 51 токсигенный штамм, в ЛНР (бывшая Луганская область) – 2, в Запорожской области – 6, в Херсонской области – 44, причем доля штаммов, выделенных из сточных вод во время вспышек, составила 51,5 % от общего числа.

В целях установления связей между токсигенными штаммами, выделенными в различных регионах Донбасса, Запорожской и Херсонской областях, а также их возможного происхождения проведен SNP-анализ полногеномных сиквенсов ДНК. Выборка включала изоляты 1991–1995 и 2011 гг., а также ряд геномов штаммов из других регионов мира, размещенных в международных базах NCBI и ENA.

В результате установлено, что включенные в выборку штаммы *V. cholerae* распределились на семь кластеров, при этом выделенные в различных регионах Донбасса, Запорожской и Херсонской областях входят в состав пяти кластеров (рис. 4).

В частности, изоляты из Херсонской области в 1991 г. входят в кластеры В и С, включающие в том числе штаммы, изолированные на территории Одесской и Николаевской областей. Штаммы, выделенные в период масштабной эпидемии в 1994 году, представляют довольно гетерогенную группу, распределившись между тремя различными кластерами: D, E и G. Примечательно, что штаммы этих кластеров в это же время выделялись как в других субъектах РФ (Республика Дагестан, города Омск, Барнаул, Новосибирск), так и в ряде зарубежных стран (Индия, Турция, Алжир, Румыния, Палестина, Албания, Италия). Наконец, штаммы, вызвавшие вспышку холеры в Мариуполе в 2011 году, образовали отдельный кластер F, в который также вошли штаммы, изолированные на Гаити (2010 г.) и в Москве (2010 и 2012 гг.). Принадлежность этих штаммов к «гаитянской» группе была установлена ранее рядом авторов [19–22], и образование ими



Сокращения: clin – клинический штамм, env – штамм из ООС.

Abbreviations: clin – clinical strain; env – environmental strain.

Рис. 4. Дендрограмма, построенная по итогам SNP-анализа геномов токсигенных штаммов *V. cholerae* по алгоритму UPGMA с использованием набора из 54858 SNP

Fig. 4. The dendrogram constructed based on the results of SNP analysis of genomes of toxigenic *V. cholerae* strains using the UPGMA algorithm and a set of 54,858 SNPs

отдельного, отличного от остальных кластера является еще одним подтверждением этих данных.

Таким образом, исследуемые токсигенные штаммы представляют собой довольно гетерогенную группу, что может быть следствием многократных завозов возбудителя.

В 1995 г. в г. Мариуполе зарегистрировано два случая вибриононосительства *V. cholerae* O1 El Tor. Фактором передачи послужила рыба, выловленная в р. Кальмиус. Выделенные штаммы содержали ген *tcpA* при отсутствии *ctxA*. Последующие эпидемические осложнения 1999 г. в Мариуполе также были обусловлены вариантом холерного вибриона с генотипом *ctxAB*⁺*tcpA*⁺.

При филогенетическом анализе клинические штаммы, выделенные в Мариуполе (1995, 1999) и в Запорожской области (1999), вошли в состав

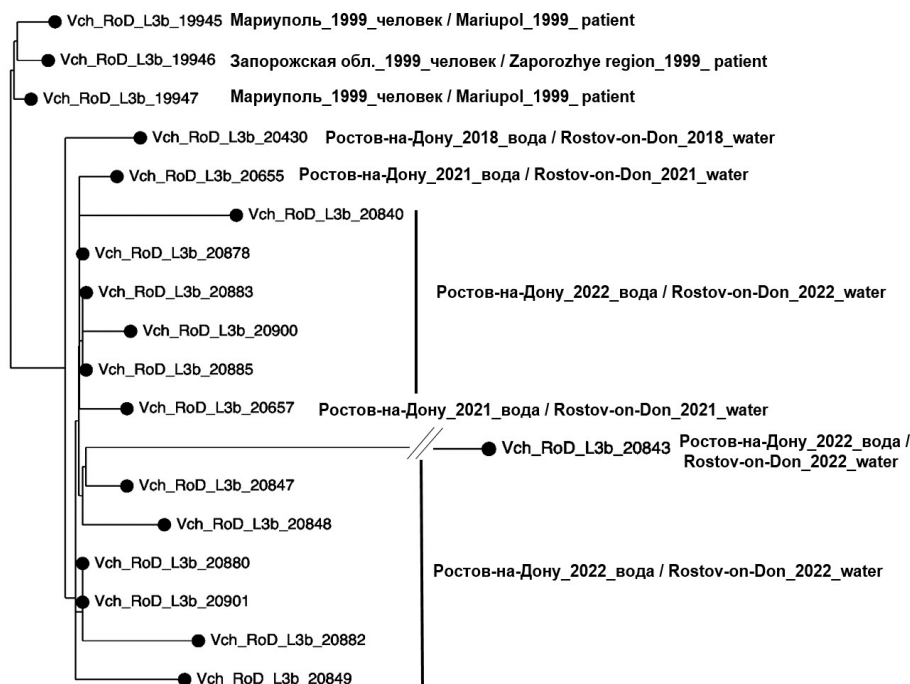


Рис. 5. Фрагмент дендрограммы, реконструированной с помощью метода максимального правдоподобия (ML) на основании филогеномного анализа *ctxAB-tcpA⁺* штаммов холерного вибриона филогенетической линии L3b

Fig. 5. Fragment of a dendrogram reconstructed using the maximum likelihood (ML) estimation based on a phylogenomic analysis of *ctxAB-tcpA⁺* strains of *Vibrio cholerae* of the L3b phylogenetic line

линии L3, сублинии L3b, для которой характерен генотип *ctxA⁻tcpA⁺* (рис. 5).

Оценка контаминации холерным вибрионом поверхностных водоемов и других ООС в ДНР (бывшая Донецкая область), ЛНР (бывшая Луганская область), Запорожской и Херсонской областях основывалась на результатах мониторинговых исследований, которые проводились на территории бывшего СССР с 1970-х гг. Исследования были направлены на выявление и предотвращение рисков реализации водного пути передачи инфекции. На территории ДНР (бывшая Донецкая область) насчитывается семь крупных водохранилищ питьевого назначения, открытый канал Северский Донец – Донбасс протяженностью 132 км, 232 реки и около 3 тыс. прудов и озер, в которых вода хорошо прогревается в летнее время, pH среды находится в пределах 7,2–7,4. Протяженность морского побережья Азовского моря – 120 км.⁷

Во время VII пандемии холеры в Донецкой области в период с 1970 по 1988 г. из поверхностных водоемов и сточных вод выделено 692 нетоксигенных и токсигенных штаммов *V. cholerae* O1, которые обнаруживались в водоемах 14 населенных пунктов. С 2002 по 2004 г. штаммы холерного вибриона O1 серогруппы постоянно выделяли в летний период в Ольховском питьевом водохранилище г. Харцызска, в прудах в черте г. Донецка, Азовском море, реках Кальчик и Кальмиус в черте г. Мариуполя. С 2002 по 2004 г. холерные вибрионы O1 серогруппы выделяли из воды Светлодарского водохранилища г. Дебальцево. В 2002 г. на территории Донецкой

области было изолировано 36 штаммов *V. cholerae* O1. В 2006 г. выделено 22 культуры. Большинство холерных вибрионов выделили из проб морской и речной воды. Максимальный удельный вес штаммов, выделенных из проб воды прудов и сточных вод, приходился на гг. Донецк, Красноармейск и Мариуполь (29, 35,7 и 14,5 % соответственно)¹⁰.

По данным Референс-центра по мониторингу за холерой (с учетом информационных материалов бывшей Крымской противочумной станции) с 1989 по 2022 г. в ДНР (бывшая Донецкая область) из ООС всего было изолировано 490 штаммов холерного вибриона O1 различной эпидемической значимости. Из них 57,3 % штаммов выделено из проб пресной воды, 15,7 % – морской воды, 20,8 % – сточных вод, 1,8 % – от рыбы и 4,4 % – из смывов. Максимальный удельный вес выделенных штаммов приходится на период 1990–1999 гг. – 51,6 %. В 2000–2009 гг. выделено 33,3 % штаммов, а в 2010–2019 гг. – 14,7 % (рис. 6).

Что касается нетоксигенных штаммов, то по имеющейся информации 4 и по данным Референс-центра по мониторингу за холерой (с учетом информационных материалов бывшей Крымской противочумной станции) на территории ДНР (бывшая Донецкая область) всего в период 1989–2022 гг. из водных ООС изолировано 439 *ctx⁻tcp⁻* штаммов. Нетоксигенные холерные вибрионы O1 серогруппы выделялись в основном из морской, речной и сточной воды. В 2012–2013 гг. были изолированы единичные нетоксигенные штаммы *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa, Inaba.

С 2015 по 2022 г. на территориях нынешних ДНР и ЛНР проводился плановый мониторинг

¹⁰ Справочник-кадастр распространения вибрионов эльтор в поверхностных водоемах и сточных водах на территории СССР во время 7-й пандемии холеры. Ростов-на-Дону, 1991.171 с.

поверхностных водоемов на вибриофлору с ежегодным исследованием более 800 проб. В ДНР за этот период выделено 25 нетоксигенных штаммов *V. cholerae* O1.

В Луганской области с 1970 по 1988 г. было изолировано шесть нетоксигенных штаммов холерного вибриона O1 из поверхностных водоемов и из сточных вод. За 1989–2022 гг. из водных ООС изолировано шесть таких штаммов.

В Херсонской области (г. Херсон) с 1970 по 1988 г. из поверхностных водоемов и сточных вод выделено 15 штаммов холерного вибриона O1⁸. Всего в период 1989–2022 гг. из водных ООС изолировано 22 нетоксигенных штаммов холерного вибриона O1. В благополучный по холере период вибрионы O1 серогруппы выделялись преимущественно из проб пресной воды.

В Запорожской области с 1970 по 1988 г. в гг. Запорожье, Мелитополе, Бердянске из ООС выделено 53 *ctx-tcp* штамма холерного вибриона O1 серогруппы⁸. За период 1989–2022 гг. из поверхностных водоемов и других объектов (рыба, смывы в очаге, сточные воды) в Запорожской области изолировано 177 нетоксигенных штаммов холерного вибриона O1.

В связи с этим необходимо проведение динамичного наблюдения за выделением штаммов холерного вибриона O1 и геномного мониторинга изолированных культур.

Результаты молекулярно-генетического исследования нетоксигенных *ctx-tcp* штаммов показали, что они, как отмечено выше, ранее постоянно обнаруживались в ООС и их выделение продолжается вплоть до настоящего времени в рамках усиленного мониторинга за холерой на изучаемых территориях. На рис. 7 показана дендрограмма, построенная по результатам SNP-анализа полных геномов изолятов последнего десятилетия в сравнении с некоторыми штаммами из других регионов.

Все они имели генотип *ctx-tcp*, но, несмотря на отсутствие эпидемической опасности, потенциально могли вызвать у населения острые диарейные заболевания за счет экспрессии других факторов патогенности, которые присутствовали в их геномах в различных сочетаниях. Группа отличалась характерной для нетоксигенных вибрионов значительной гетерогенностью. Тем не менее обращает на себя внимание близкое родство штаммов, выделенных в разные годы как на территориях различных

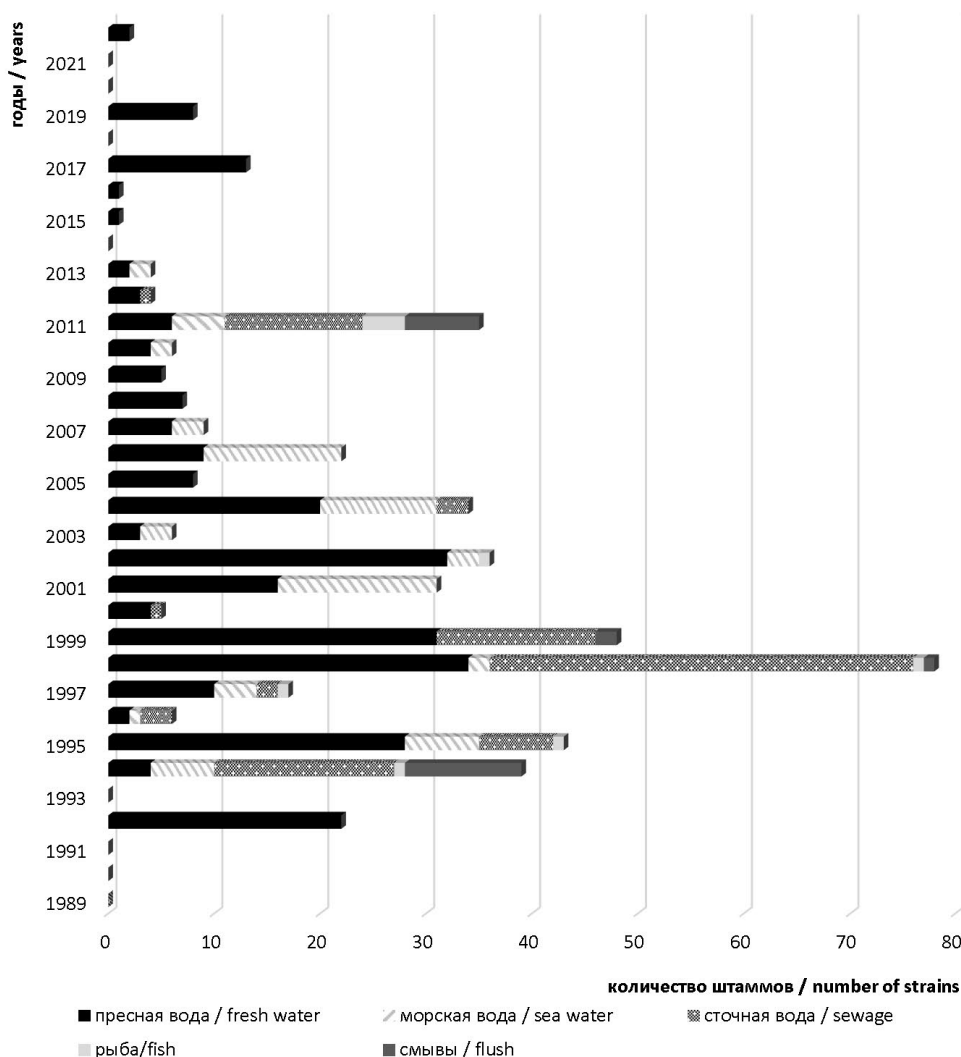


Рис. 6. Динамика изоляции штаммов *V. cholerae* O1 из объектов окружающей среды ДНР в 1989–2022 гг.

Fig. 6. Dynamics of isolation of *V. cholerae* O1 strains from environmental media in the DPR in 1989–2022

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-82-93>
Original Research Article

проявлениями диареи свидетельствуют о клинико-эпидемиологическом значении этих вариантов холерного вибриона.

Выделение нетоксигенных штаммов из ООС свидетельствует о наличии в водных объектах оптимальных условий для сохранения и формирования локальных популяций холерного вибриона, а также о потенциальной возможности накопления токсигенных вариантов возбудителя при их заносе и вероятности последующего распространения инфекции водным путем.

Нетоксигенные штаммы, содержащие гены *tcp*, могут обладать повышенным патогенным потенциалом, поскольку токсин-корегулируемые пили обеспечивают эффективную колонизацию кишечника хозяина. Несмотря на отсутствие эпидемической опасности, такие штаммы потенциально могли вызывать у населения острые диарейные заболевания за счет экспрессии других факторов патогенности, которые присутствовали в их геномах в различных сочетаниях [5, 6].

Близкое родство штаммов, выделенных в разные годы на территориях Донбасского региона, Запорожской и Херсонской областей свидетельствует в пользу возможного длительного сохранения холерных вибрионов в ООС, а также их заносов извне за счет тесных транспортных связей и других путей распространения, а также подчеркивает необходимость дальнейшего мониторинга, значимость которого возрастает при нынешнем состоянии инфраструктуры и рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

Заключение. Таким образом, проведенный ретроспективный анализ эпидемиологической ситуации по холере в Донбасском регионе, Запорожской и Херсонской областях выявивший отсутствие эпидемических проявлений после 2011 г., и анализ динамики выделения культур холерного вибриона O1 из воды поверхностных водоемов, показавший отсутствие выделения из ООС токсигенных штаммов возбудителя с этого же времени, позволяет оценить современную эпидемиологическую ситуацию по холере на указанных территориях как стабильную. Вместе с тем сохраняются повышенные риски завоза холеры с эндемичных и с пограничных территорий, а в связи с ЧС и при нынешнем состоянии социальной инфраструктуры – угрозы распространения инфекции водным путем. Это свидетельствует о необходимости проведения в ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областях системного мониторинга за холерой в максимальном объеме мероприятий, предусмотренном для территорий I типа по эпидемическим проявлениям холеры с оперативным молекулярно-генетическим изучением изолированных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носков А.К., Кругликов В.Д., Москвитина Э.А. и др. Холера: анализ и оценка эпидемиологической обстановки в мире и России. Прогноз на 2023 год // Проблемы особо опасных инфекций. 2023. № 1. С. 56–66 (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2023-1-56-66
2. Онищенко Г.Г., Ломов Ю.М., Москвитина Э.А. и др. Холера, обусловленная *Vibrio cholerae* O1 ctxAB-tcpA+ // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2007. № 1. С. 23–29.
3. Lizárraga-Partida ML, Quilici ML. Molecular analyses of *Vibrio cholerae* O1 clinical strains, including new nontoxigenic variants isolated in Mexico during the Cholera epidemic years between 1991 and 2000. *J Clin Microbiol.* 2009;47(5):1364–1371. doi: 10.1128/JCM.00720-08
4. Islam A, Labbate M, Djordjevic SP, et al. Indigenous *Vibrio cholerae* strains from a non-endemic region are pathogenic. *Open Biol.* 2013;3(2):120181. doi: 10.1098/rsob.120181
5. Титова С.В., Монахова Е.В. О потенциальной опасности нетоксигенных штаммов холерных вибрионов, содержащих гены токсин-корегулируемых пилей адгезии // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2016. № 5. С. 65–72.
6. Wang H, Yang C, Sun Z, et al. Genomic epidemiology of *Vibrio cholerae* reveals the regional and global spread of two epidemic non-toxigenic lineages. *PLoS Negl Trop Dis.* 2020;14(2):e0008046. doi: 10.1371/journal.pntd.0008046
7. Bankevich A, Nurk S, Antipov D, et al. SPAdes: A new genome assembly algorithm and its applications to single-cell sequencing. *J Comput Biol.* 2012;19(5):455–477. doi: 10.1089/cmb.2012.0021
8. Водопьянов А.С., Писанов Р.В., Водопьянов С.О. и др. Молекулярная эпидемиология *Vibrio cholerae* – разработка алгоритма анализа данных полногеномного секвенирования // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2016. Т. 21. № 3. С. 146–152.
9. Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, Kumar S. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol Biol Evol.* 2011;28(10):2731–2739. doi: 10.1093/molbev/msr121
10. Yan H, Pang B, Lu X, et al. Cholera caused by a new clone of serogroup O1 *Vibrio cholerae* – Beijing Municipality, China, June 2021. *China CDC Wkly.* 2022;4(2):31–32. doi: 10.46234/ccdcw2021.279
11. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Москвитина Э.А. и др. Определение типов эпидемических проявлений холеры в субъектах Крымского федерального округа (Республики Крым) // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2015. № 6. С. 37–43.
12. Clark CG, Kravetz AN, Alekseenko VV, Krendel YuD, Johnson WM. Microbiological and epidemiological investigation of cholera epidemic in Ukraine during 1994 and 1995. *Epidemiol Infect.* 1998;121(1):1–13. doi: 10.1017/s0950268898008711
13. Clark CG, Kravetz AN, Dendy C, Wang G, Tyler KD, Johnson WM. Investigation of the 1994–5 Ukrainian *Vibrio cholerae* epidemic using molecular methods. *Epidemiol Infect.* 1998;121(1):15–29. doi: 10.1017/s0950268898008814
14. Монахова Е.В., Смоликова Л.М., Божко Н.В. ПЦР-детекция генов системы секреции третьего типа (TTSS) и других факторов патогенности/персистенции у холерных вибрионов различных серогрупп // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2010. № 6. С. 20–25. doi: 10.17816/EID40460
15. Алексеенко В.В. Проблема холеры в Україні // Інфекційні хвороби. 2008. № 4. С. 5–12.
16. Савельева И.В., Тихонов С.Н., Савельев В.Н. и др. Ретроспективный анализ биологических и молекулярно-генетических свойств штаммов возбудителя холеры, выделенных в Украине в 1994–2011 гг. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2017. Т. 94. № 1. С. 49–55. doi: 10.36233/0372-9311-2017-1-49-55
17. Домашенко О.Н., Беломеря Т.А., Мартынова Н.В. и др. Холера в Приазовье // Журнал инфектологии. 2015. Т. 7. № 2. С. 92–97.
18. Беломеря Т.А., Дараган Г.Н., Денисенко В.И. и др. Организация противоэпидемических мероприятий по локализации очага холеры в Донецкой области // Медицинский вестник Юга России. 2014. №2. С. 118–122.

19. Kuleshov KV, Kostikova A, Pisarenko SV, et al. Comparative genomic analysis of two isolates of *Vibrio cholerae* O1 Ogawa El Tor isolated during outbreak in Mariupol in 2011. *Infect Genet Evol.* 2016;44:471–478. doi: 10.1016/j.meegid.2016.07.039
20. Smirnova NI, Krasnov YM, Agafonova EY, Shchelkanova EY, Alkhova ZV, Kuttyrev VV. Whole-genome sequencing of *Vibrio cholerae* O1 El Tor strains isolated in Ukraine (2011) and Russia (2014). *Genome Announc.* 2017;5(8):e01640-16. doi: 10.1128/genomeA.01640-16
21. Monakhova EV, Ghosh A, Mutreja A, Weill F-X, Ramamurthy T. Endemic cholera in India and imported cholera in Russia: What is Common? *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2020;(3):17–26 (In Engl.). doi: 10.21055/0370-1069-2020-3-17-26
22. Смирнова Н.И., Рыбальченко Д.А., Плеханов Н.А., Лозовский Ю.В., Федоров А.В., Кутырев В.В. Новые генетические варианты возбудителя холеры и их распространение в эндемичных странах и России. Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2023. Т. 41. № 1. С. 10–17. doi:10.17116/molgen20234101110.
23. Mutreja A, Kim DW, Thomson NR, et al. Evidence for several waves of global transmission in the seventh cholera pandemic. *Nature.* 2011;477(7365):462–465. doi: 10.1038/nature10392
24. Hu D, Liu B, Feng L, et al. Origins of the current seventh cholera pandemic. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2016;113(48):E7730–E7739. doi: 10.1073/pnas.1608732113
25. Luo Y, Octavia S, Jin D, et al. US gulf-like toxigenic O1 *Vibrio cholerae* causing sporadic cholera outbreaks in China. *J Infect.* 2016;72(5):564–572. doi: 10.1016/j.jinf.2016.02.005
1. Noskov AK, Kruglikov VD, Moskvitina EA, et al. Cholera: Analysis and assessment of epidemiological situation in the world and in Russia (2013–2022). Forecast for 2023. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2023;(1):56–66. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2023-1-56-66
2. Onishchenko GG, Lomov YuM, Moskvitina EA, et al. Cholera caused by *Vibrio cholerae* O1 ctxAB- tcpA+. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2007;(1):23–29. (In Russ.)
3. Lizárraga-Partida ML, Quilici ML. Molecular analyses of *Vibrio cholerae* O1 clinical strains, including new non-toxicogenic variants isolated in Mexico during the Cholera epidemic years between 1991 and 2000. *J Clin Microbiol.* 2009;47(5):1364–1371. doi: 10.1128/JCM.00720-08
4. Islam A, Labbate M, Djordjevic SP, et al. Indigenous *Vibrio cholerae* strains from a non-endemic region are pathogenic. *Open Biol.* 2013;3(2):120181. doi: 10.1098/rsob.120181
5. Titova SV, Monakhova EV. Potential danger of nontoxigenic *Vibrio cholerae* strains containing genes for toxin-co-regulated pili adhesion. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy.* 2016;(5):65–72. (In Russ.)
6. Wang H, Yang C, Sun Z, et al. Genomic epidemiology of *Vibrio cholerae* reveals the regional and global spread of two epidemic non-toxicogenic lineages. *PLoS Negl Trop Dis.* 2020;14(2):e0008046. doi: 10.1371/journal.pntd.0008046
7. Bankevich A, Nurk S, Antipov D, et al. SPAdes: A new genome assembly algorithm and its applications to single-cell sequencing. *J Comput Biol.* 2012;19(5):455–477. doi: 10.1089/cmb.2012.0021
8. Vodop'yanov AS, Pisanov RV, Vodop'yanov SO, et al. Molecular epidemiology of *Vibrio cholerae* – development of the algorithm for data analysis of whole genome sequencing. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni.* 2016;21(3):146–152. (In Russ.) doi: 10.17816/EID40917
9. Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, Kumar S. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol Biol Evol.* 2011;28(10):2731–2739. doi: 10.1093/molbev/msr121
10. Yan H, Pang B, Lu X, et al. Cholera caused by a new clone of serogroup O1 *Vibrio cholerae* – Beijing Municipality, China, June 2021. *China CDC Wkly.* 2022;4(2):31–32. doi: 10.46234/ccdcw2021.279
11. Onishchenko GG, Popova AYU, Moskvitina EA, et al. Determination of types of epidemic manifestations of cholera in regions of the Crimea Federal District (Republic of Crimea). *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2015;(6):37–43. (In Russ.)
12. Clark CG, Kravetz AN, Alekseenko VV, Krendele YuD, Johnson WM. Microbiological and epidemiological investigation of cholera epidemic in Ukraine during 1994 and 1995. *Epidemiol. Infect.* 1998;121(1):1–13. doi: 10.1017/s0950268898008711
13. Clark CG, Kravetz AN, Dendy C, Wang G, Tyler KD, Johnson WM. Investigation of the 1994–5 Ukrainian *Vibrio cholerae* epidemic using molecular methods. *Epidemiol. Infect.* 1998;121(1):15–29. doi: 10.1017/s0950268898008814
14. Monakhova EV, Smolikova LM, Bozhko NV. PCR detection of the type III secretion system (TTSS) genes and other pathogenicity/persistence factors in *Vibrio cholerae* of different serogroups. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni.* 2010;15(6):20–25. (In Russ.) doi: 10.17816/EID40460
15. Alekseyenko VV. [Problem of cholera in Ukraine.] *Infektsiyni Khvorobi.* 2008;(4):5–12. (In Ukrainian.)
16. Savelieva IV, Tikhonov SN, Saveliev VN, et al. Retrospective analysis of biological and molecular-genetic properties of strains – causative agents of cholera – isolated in Ukraine in 1994–2011. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2017;(1):49–55. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-2017-1-49-55
17. Domashenko ON, Belomerya TA, Martynova NV, et al. Cholera in Azov area. *Zhurnal Infektsionnoi.* 2015;7(2):92–97. (In Russ.)
18. Belomerya TA, Daragan GN, Denisenko VI, et al. Organization of epidemic control activities by localization of cholera in the Donetsk region. *Meditsinskiy Vestnik Yuga Rossii.* 2014;(2):118–122. (In Russ.)
19. Kuleshov KV, Kostikova A, Pisarenko SV, et al. Comparative genomic analysis of two isolates of *Vibrio cholerae* O1 Ogawa El Tor isolated during outbreak in Mariupol in 2011. *Infect Genet Evol.* 2016;44:471–478. doi: 10.1016/j.meegid.2016.07.039
20. Smirnova NI, Krasnov YM, Agafonova EY, Shchelkanova EY, Alkhova ZV, Kuttyrev VV. Whole-genome sequencing of *Vibrio cholerae* O1 El Tor strains isolated in Ukraine (2011) and Russia (2014). *Genome Announc.* 2017;5(8):e01640-16. doi: 10.1128/genomeA.01640-16
21. Monakhova EV, Ghosh A, Mutreja A, Weill FX, Ramamurthy T. Endemic cholera in India and imported cholera in Russia: What is common? *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2020;(3):17–26. doi: 10.21055/0370-1069-2020-3-17-26
22. Smirnova NI, Rybal'chenko DA, Plekhanov NA, Lozovsky YuV, Fedorov AV, Kuttyrev VV. New genetic variants of cholera agent and their distribution in epidemic countries and Russia. *Molekulyarnaya Genetika, Mikrobiologiya i Virusologiya.* 2023;41(1):10–17. (In Russ.) doi: 10.17116/molgen20234101110
23. Mutreja A, Kim DW, Thomson NR, et al. Evidence for several waves of global transmission in the seventh cholera pandemic. *Nature.* 2011;477(7365):462–465. doi: 10.1038/nature10392
24. Hu D, Liu B, Feng L, et al. Origins of the current seventh cholera pandemic. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2016;113(48):E7730–E7739. doi: 10.1073/pnas.1608732113
25. Luo Y, Octavia S, Jin D, et al. US gulf-like toxigenic O1 *Vibrio cholerae* causing sporadic cholera outbreaks in China. *J Infect.* 2016;72(5):564–572. doi: 10.1016/j.jinf.2016.02.005

REFERENCES

Сведения об авторах:

✉ **Кругликов** Владимир Дмитриевич – д.м.н., главный научный сотрудник отдела микробиологии холеры и других острых кишечных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: kruglikov_vd@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>.

Попова Анна Юрьевна – д.м.н., проф., заслуженный врач РФ, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; заведующий кафедрой организации санитарно-эпидемиологической службы федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: depart@gsen.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2567-9032>.

Носков Алексей Кимович – к.м.н., директор ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: noskov-epid@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0550-2221>.

Ежлова Елена Борисовна – к.м.н., заместитель руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: depart@gsen.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8701-280X>.

Миронова Лилия Валерьевна – д.м.н., заместитель директора по научной и лабораторно-диагностической работе ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: mironova-lv@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8481-6442>.

Монахова Елена Владимировна – д.б.н., главный научный сотрудник лаборатории микробиологии холеры и других острых кишечных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: monakhova_ev@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-7777>.

Чемисова Ольга Сергеевна – к. биол. н., ведущий научный сотрудник, врио заместителя директора по научной и экспериментальной работе ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: chemisova_os@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4059-2878>.

Подойницына Оксана Андреевна – к.б.н., старший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и других острых кишечных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: oksankashalu@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9996-4189>.

Хунхеева Жанна Юрьевна – врач-бактериолог лаборатории холеры ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: khunkheeva2015@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-4300>.

Водопьянов Алексей Сергеевич – к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии природно-очаговых и зоонозных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: vodopyanov_as@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-3231>.

Галачьянц Юрий Павлович – к.б.н., научный сотрудник отдела научного и учебно-методического обеспечения ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: yuragal@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4764-6330>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Попова А.Ю., Носков А.К., Ежлова Е.Б.*; сбор данных: *Кругликов В.Д., Миронова Л.В., Хунхеева Ж.Ю.*; биоинформационный анализ: *Монахова Е.В., Водопьянов А.С., Галачьянц Ю.П.*; анализ и интерпретация результатов: *Кругликов В.Д., Миронова Л.В., Монахова Е.В., Чемисова О.С.*; литературный обзор: *Монахова Е.В., Миронова Л.В., Кругликов В.Д.*; подготовка рукописи: *Кругликов В.Д., Миронова Л.В., Монахова Е.В., Подойницына О.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: А.Ю. Попова является главным редактором журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 11.05.23 / Принята к публикации: 10.11.23 / Опубликовано: 30.11.23

Author information:

✉ Vladimir D. **Kruglikov**, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Department of Microbiology of Cholera and Other Acute Intestinal Infections, Rostov-on-Don Antiplague Research Institute; e-mail: kruglikov_vd@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>.

Anna Yu. **Popova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Head of the Department of Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: depart@gsen.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2567-9032>.

Aleksey K. **Noskov**, Cand. Sci. (Med.), Director of the Rostov-on-Don Antiplague Research Institute; e-mail: noskov-epid@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0550-2221>.

Elena B. **Ezhlova**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare; e-mail: depart@gsen.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8701-280X>.

Liliya V. **Mironova**, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director on Scientific and Laboratory Diagnostic Work, Irkutsk Antiplague Research Institute; e-mail: mironova-lv@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8481-6442>.

Elena V. **Monakhova**, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Department of Microbiology of Cholera and Other Acute Intestinal Infections, Rostov-on-Don Antiplague Research Institute; e-mail: unicom54@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-7777>.

Olga S. **Chemisova**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Acting Deputy Director for Scientific and Experimental Work, Rostov-on-Don Antiplague Research Institute; e-mail: chemisova_os@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4059-2878>.

Oksana A. **Podoyntsina**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Microbiology of Cholera and Other Acute Intestinal Infections, Rostov-on-Don Antiplague Research Institute; e-mail: oksankashalu@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9996-4189>.

Zhanna Yu. **Khunkheeva**, bacteriologist, Cholera Laboratory, Irkutsk Antiplague Research Institute; e-mail: khunkheeva2015@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-4300>.

Alexey S. **Vodopyanov**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Molecular Biology of Naturally Occurring and Zoonotic Infections, Rostov-on-Don Antiplague Research Institute; e-mail: alexvod@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-3231>.

Yuri P. **Galachyants**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Department of Scientific and Educational Support, Irkutsk Antiplague Research Institute; e-mail: yuragal@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4764-6330>.

Author contributions: study conception and design: *Popova A.Yu., Noskov A.K., Ezhlova E.B.*; data collection: *Kruglikov V.D., Mironova L.V., Khunkheeva Zh.Yu.*; bioinformatics analysis: *Monakhova E.V., Vodopyanov A.S., Galachyants Yu.P.*; analysis and interpretation of results: *Kruglikov V.D., Mironova L.V., Monakhova E.V., Chemisova O.S.*; literature review: *Monakhova E.V., Mironova L.V., Kruglikov V.D.*; draft manuscript preparation: *Kruglikov V.D., Mironova L.V., Monakhova E.V., Podoyntsina O.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: Prof. Anna Yu. Popova is the Editor-in-Chief of the journal *Public Health and Life Environment*. Other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: May 11, 2023 / Accepted: November 10, 2023 / Published: November 30, 2023