

УДК 579.843.1:614.4:(470.61)

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.21886/2219-8075-2025-16-1-81-88>

Динамика контаминации холерными вибрионами водных объектов окружающей среды г. Ростова-на-Дону и характеристика биологических свойств выделенных штаммов

М.И. Ежова, В.С. Могиленко, О.Н. Дегтерева, Е.А. Меньшикова, О.Н. Дуванова, Л.А. Егиазарян,
А.В. Евтеев, О.А. Подойницына, Н.А. Селянская, Е.С. Шипко, И.В. Савина, В.Д. Кругликов

Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия

Автор, ответственный за переписку: Мария Ивановна Ежова, mari-ezho@yandex.ru.

Аннотация. Цель: ретроспективный анализ результатов мониторинговых исследований водных объектов окружающей среды (ООС) г. Ростова-на-Дону на наличие холерных вибрионов в период с 1989 г. по 2023 г. по стационарным точкам отбора проб, закреплённым за ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, выявление тенденций и особенностей динамики выделения и биологических свойств изолированных штаммов. **Материалы и методы:** в период с 1989 по 2023 гг. были исследованы 4362 пробы из водных ООС. Организацию и проведение исследований осуществляли в соответствии с действующими нормативно-методическими документами. Секвенирование изолированных штаммов проводили на платформе MiSeq (Illumina). **Результаты:** за анализируемый период штаммы *Vibrio cholerae* обнаруживались во всех исследуемых водоемах г. Ростова-на-Дону (в реках Дон, Темерник и протоке Мертвый Донец) в основном в июле и августе. Из 122 выделенных штаммов восемь относились к эпидемиологически значимым (токсигенным) и 114 — к нетоксигенным. Наибольшее число штаммов было выделено в 2022 г. (21 штамм). Были обнаружены штаммы *V. cholerae* O1 (119 штаммов) и O139 (3) серогрупп, биовара классического и Эль Тор (сероваров Огава, Инаба и Гикошима). **Выводы:** сохраняются эпидемиологические риски завоза возбудителя холеры из эндемичных стран, а также из сопредельных стран в случаях осложнения там эпидситуации по этой инфекции. В поверхностных водоёмах г. Ростова-на-Дону имеются благоприятные условия для циркуляции холерных вибрионов и сохраняются риск распространения инфекции водным путём, в случае контаминации возбудителем холеры водных экосистем.

Ключевые слова: холера, мониторинг, объекты окружающей среды, контаминация, штаммы *Vibrio cholerae* O1/O139, токсигенный, нетоксигенный.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Ежова М.И., Могиленко В.С., Дегтерева О.Н., Меньшикова Е.А., Дуванова О.Н., Егиазарян Л.А., Евтеев А.В., Подойницына О.А., Селянская Н.А., Шипко Е.С., Савина И.В., Кругликов В.Д. Динамика контаминации холерными вибрионами водных объектов окружающей среды г. Ростова-на-Дону и характеристика биологических свойств выделенных штаммов. *Медицинский вестник Юга России*. 2025;16(1):81-88. DOI 10.21886/2219-8075-2025-16-1-81-88.

Dynamics of contamination by *Vibrio cholerae* of water bodies of the Rostov-on-Don environment and characteristics of biological properties of isolated strains

M.I. Ezhova, V.S. Mogilenko, O.N. Degtyareva, E.A. Menshikova, O.V. Duvanova, L.A. Yeghiazaryan,
A.V. Evteev, O.A. Podoynitsina, N.A. Selyanskaya, E.S. Shipko, I.V. Savina, V.D. Kruglikov

Rostov-on-Don Anti-plague Research Institute, Rostov-on-Don, Russia

Corresponding author: Mariya I. Ezhova, mari-ezho@yandex.ru.

Abstract. Objective: retrospective analysis of the results of monitoring studies of environmental water bodies in Rostov-on-Don for the presence of *V. cholerae* for the period from 1989 to 2023 at stationary sampling points assigned to the Rostov-on-Don Anti-Plague Institute of Rosпотребнадзор, identification of trends and features of the dynamics of isolation and biological properties isolated strains. **Materials and methods:** in the period from 1989 to 2023, 4362 samples from aquatic ecosystems were examined. The organization and conduct of research was carried out in accordance with regulatory and methodological documents (SanPiN 3.3686-21, MUK 4.2.3745-22, MUK 4.2.3746-22). Sequencing of isolated strains was performed on the MiSeq (Illumina) platform. **Results:** during the analyzed period, *V. cholerae* strains were found in all studied reservoirs of the Rostov-on-Don: in the Don, Temernik and Dead Donets rivers, mainly in July and August. Of the 122 isolated strains, 8 are epidemiologically significant (toxigenic strains) and 114 are nontoxigenic.

© Ежова М.И., Могиленко В.С., Дегтерева О.Н., Меньшикова Е.А., Дуванова О.Н., Егиазарян Л.А., Евтеев А.В., Подойницына О.А., Селянская Н.А., Шипко Е.С., Савина И.В., Кругликов В.Д., 2025

The largest number of strains was isolated in 2022 — 21 strains. *V. cholerae* strains O1 (119 strains) and O139 (3) of serogroups, biovar classic and El Tor (Ogawa, Inaba and Gikoshima serovars) were found. **Conclusions:** epidemiological risks of the introduction of the cholerae pathogen from endemic countries, as well as from neighboring countries, in cases of complications of the epidemic of this infection, remain. In the surface reservoirs of the Rostov-on-Don, there are favorable conditions for the circulation of *V. cholerae* and the risk of spreading infection by water, in case of contamination by the cholerae pathogen of aquatic ecosystems.

Keywords: cholera, monitoring, environmental objects, contamination, *Vibrio cholerae* O1/O139 strains, toxigenic, nontoxigenic.

Financing. The study did not have sponsorship.

For citation: Ezhova M.I., Mogilenko V.S., Degtyareva O.N., Menshikova E.A., Duvanov O.V., Yeghiazaryan L.A., Evteev A.V., Podoyntsina O.A., Selyanskaya N.A., Shipko E.S., Savina I.V., Kruglikov V.D. Dynamics of contamination by *Vibrio cholerae* of water bodies of the Rostov-on-Don environment and characteristics of biological properties of isolated strains. *Medical Herald of the South of Russia*. 2025;16(1):81-88. DOI 10.21886/2219-8075-2025-16-1-81-88.

Введение

Неблагополучная эпидемиологическая обстановка по холере в мире обуславливает риски завоза данной инфекции на территорию любого субъекта Российской Федерации (РФ) с вероятностью распространения посредством водного фактора передачи. Контаминация холерными вибрионами водных объектов окружающей среды (ООС) — поверхностных водоёмов и сточных вод — свидетельствует об их эпидемиологической опасности [1,2]. В рамках эпидемиологического надзора за холерой на территории РФ¹ проводятся мониторинговые обследования ООС с целью своевременного обнаружения нетипичных для неэндемичной территории России эпидемически значимых (токсигенных) штаммов холерных вибрионов O1, O139 серогрупп. Кроме того, в ходе указанного мониторинга также выделяются эпидемически не значимые (нетоксигенные) штаммы. Анализ результатов мониторинговых исследований, проведённых на территориях разных субъектов РФ за разные временные периоды, позволяет судить об эпидемиологической обстановке по холере, о прогнозе её развития и о потенциальном эпидемиологическом риске распространения инфекции водным путем в случае завоза токсигенного штамма [1, 3–7]. Вместе с тем, особое значение приобретают динамичный мониторинг с расширением временных границ и использование современных методов анализа для углубленного изучения выделенных культур холерных вибрионов.

В этой связи представляло интерес проследить динамику выделения культур холерного вибриона за более чем тридцатилетний период и дать характеристику биологических свойств штаммов *Vibrio cholerae* O1, O139, изолированных из водных объектов окружающей среды г. Ростова-на-Дону — территории, относящейся к территориям I типа по эпидемическим проявлениям холеры.²

Цель исследования — ретроспективный анализ результатов мониторинговых исследований водных объектов окружающей среды г. Ростова-на-Дону на наличие холерных вибрионов в период с 1989 г. по 2023 г. по стационарным точкам отбора проб, закреплённым за ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, выявление тенденций и особенностей динамики выделения и биологических свойств изолированных штаммов.

¹ СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»

² МУК 4.2.3746-22 «Организация и проведение лабораторной диагностики холеры в лабораториях различного уровня»

Материалы и методы

В период с 1989 г. по 2023 г. были исследованы 4362 пробы из водных ООС г., из них 3981 (91,3%) — пробы воды из поверхностных водоёмов, и 381 (8,7%) составляли пробы из сточных вод. Организацию и проведение исследований осуществляли в соответствии с нормативно-методическими документами.³ Пробы воды поверхностных водоёмов, охватывающих основные эпидемиологически значимые водоемы города (реки Дон, Темерник, Мертвый Донец), а также из сточных вод после очистки и обеззараживания на очистных сооружениях города перед сбросом в реку Дон отбирали еженедельно с мая по сентябрь в период с 1989 г. по 2021 г. и с апреля по октябрь в 2022 г. и 2023 г. Отбор проб осуществляли в стационарных точках отбора, закреплённых за ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора. За анализируемый период количество стационарных точек колебалось от шести до девяти. Кроме того, по эпидпоказаниям проводились исследования и по дополнительным точкам отбора проб.

Выделение и идентификация холерных вибрионов проводили с использованием бактериологических, серологических и молекулярно-биологических методов исследований.⁴ Секвенирование изолированных штаммов проводилось на платформе MiSeq (Illumina) с получением ридов длиной 250 п.н. с использованием набора реагентов nextera DNA flex library prep (Illumina). Сборка геномов исследуемых штаммов была выполнена с помощью SPAdes (v.3.11.1) [8]. Генетические детерминанты идентифицировали в полногеномных сиквенсах с помощью программ BioEdit 7.2.5 (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit>) и BLASTN 2.2.29 (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>).

Статистическую обработку данных исследования проводили с помощью компьютерной программы «STATISTIKA» (StatSoftRussia) и с использованием параметрических методов. Результаты исследований считали достоверными при вероятности безошибочного прогноза $P > 0,95$ или $p < 0,05$.

Результаты

Всего за анализируемый период из водных объектов г. Ростова-на-Дону были выделены и идентифицированы 122 штамма *V. cholerae* O1 и O139 серогрупп. Так, за период с 1989 г. по 1998 г. был выделен только один (0,8%) штамм *V. cholerae* O1. Начиная с 1999 г. по 2008 г.

³ СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»

⁴ МУК 4.2.3745-22 «Методы лабораторной диагностики холеры»

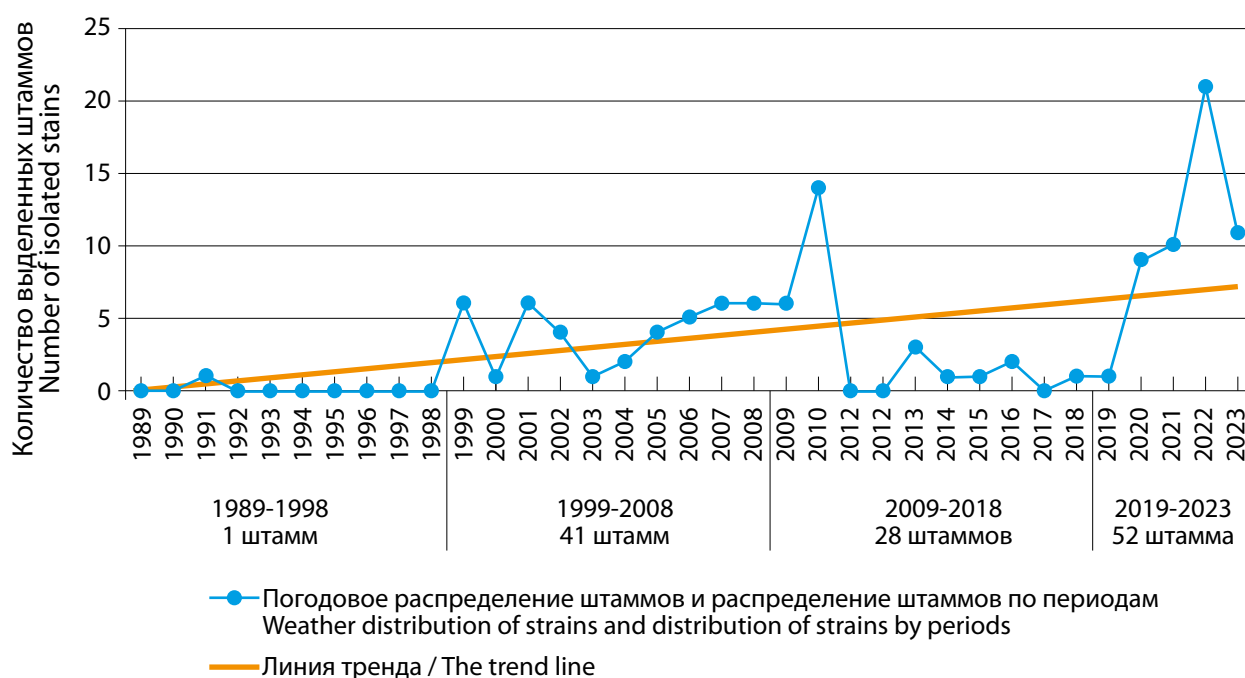


Рисунок 1. Динамика выделения холерных вибрионов O1, O139 серогрупп из поверхностных водоёмов и сточных вод на территории г. Ростова-на-Дону в период 1989–2023 гг.

Figure 1. Dynamics of the release of *V. cholerae* O1, O139 serogroups from surface reservoirs and wastewater in the territory of Rostov-on-Don in the period 1989–2023.

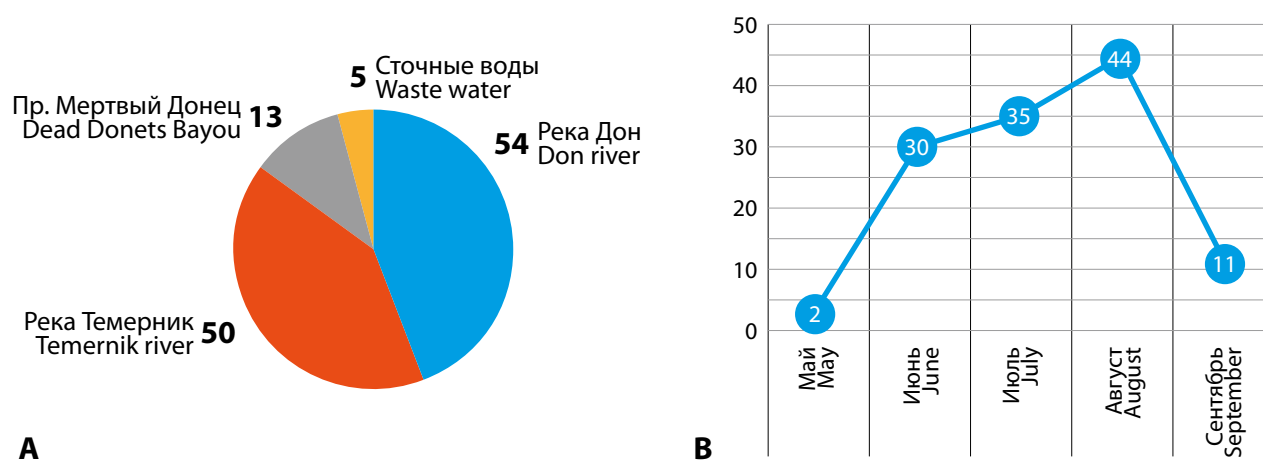


Рисунок 2. Количественное распределение изолированных штаммов (абс.) *V. cholerae* O1/O139 по водным объектам г. Ростова-на-Дону (А) и сезонность (Б) выделения штаммов за период 1989–2023 гг.

Figure 2. Quantitative distribution of isolated strains (abs.) of *V. cholerae* O1/O139 in the water bodies of Rostov-on-Don (A) and seasonality (B) of strain isolation for the period 1989–2023.

включительно, штаммы выделялись ежегодно с нарастающей количественной динамикой — 41 штамм (33,6%). С 2009 г. по 2018 г. за исключением трёх лет (2011, 2012 и 2017 гг.) штаммы выделялись ежегодно. За указанный период наблюдалось уменьшение количества выделенных штаммов — 28 (23,0%). С 2019 г. по настоящее время выделение *V. cholerae* O1 вновь возобновилось с ежегодным нарастанием количества обнаруживаемых штаммов. В итоге за указанный период было изолировано 52 штамма (42,6%). Линия тренда демонстрирует стойкую тенденцию увеличения количества выделяемых штаммов *V. cholerae* O1 и O139 серогрупп из воды водоёмов и из

стоков на территории г. Ростова-на-Дону за анализируемый период (рис. 1).

В среднем в течение года выделялось $4,0 \pm 0,8$ штаммов. Большинство штаммов обнаружено в поверхностных водоёмах. Так, из реки Дон изолированы 54 штамма (44,0 %), а из реки Темерник выделены 50 штаммов (41,0 %), из протока реки Мертвый Донец — 13 (11,0 %). Из сточных вод было выделено пять штаммов (4,0 %). По среднееголетним данным наибольшее число штаммов было обнаружено в пробах из водных объектов в июле и в августе месяцев (35 штаммов — 28,7 %, 44 штамма — 36,1 %, соответственно) (рис. 2).

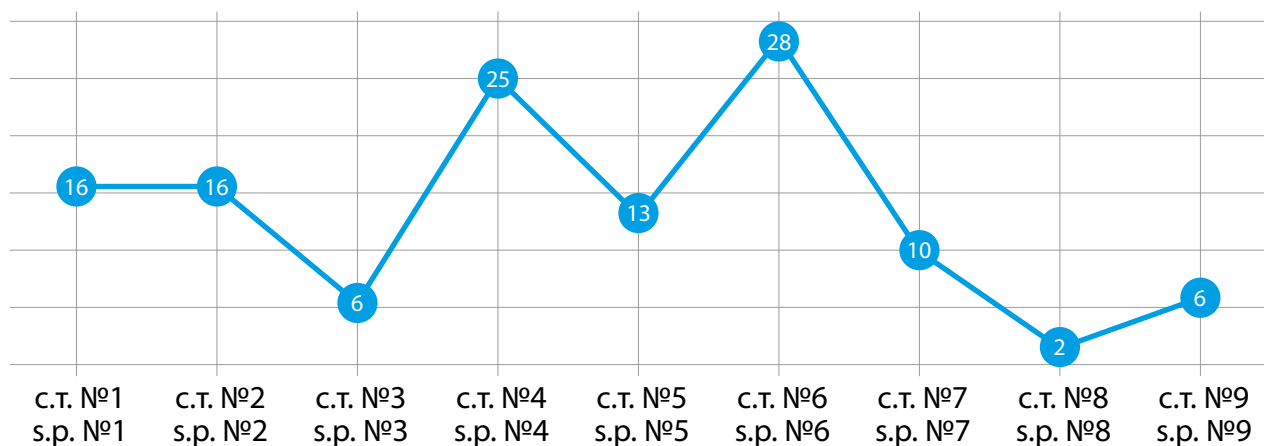


Рисунок 3. Количественное распределение выделенных культур холерных вибрионов O1, O139 серогрупп (абс.) по стационарным точкам в период с 1989–2023 гг. в г. Ростове-на-Дону. с. т. — стационарная точка.

Figure 3. Quantitative distribution of isolated cultures of *V. cholerae* O1, O139 serogroups (abs.) by stationary points in the period from 1989–2023 in Rostov-on-Don. s.p. — stationary point.

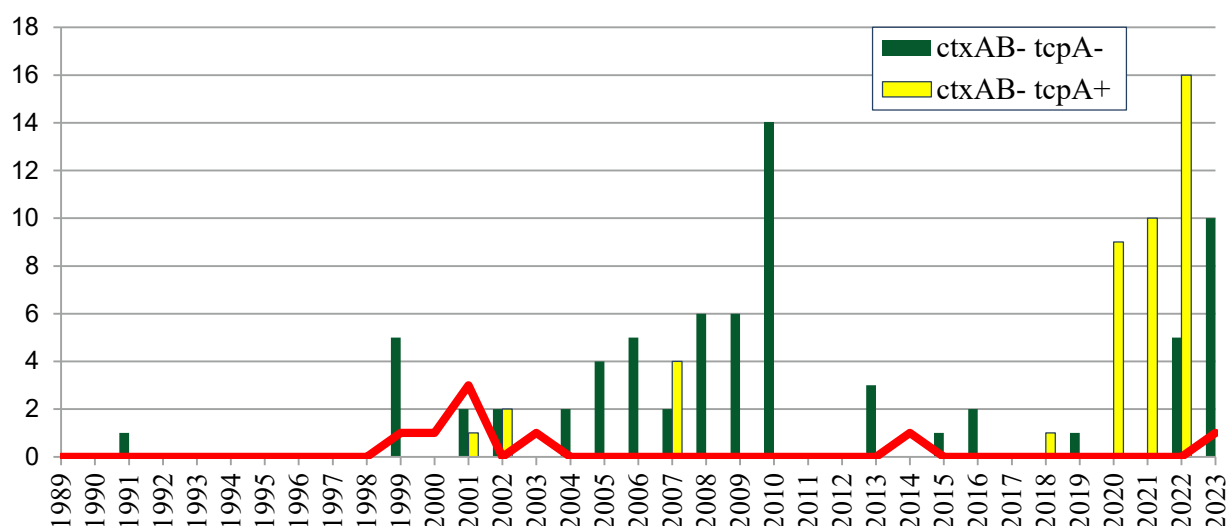


Рисунок 4. Генетическая характеристика штаммов, выделенных из водных ООС на территории г. Ростова-на-Дону за период 1989–2023 гг.

Figure 4. Genetic characteristics of isolated strains from aquatic environmental protection systems on the territory of Rostov-on-Don for the period 1989–2023.

Наибольшее количество штаммов *V. cholerae* O1/O139 было обнаружено в пробах воды из стационарных точек №4 («река Дон, Правый берег у железнодорожно-автомобильного моста «Западный обход»») и №6 («река Темерник, Ботанический сад, у моста, сброс сточных вод») (рис. 3).

Относительно фено- и генотипических характеристик изолированных культур следует отметить, что в результате идентификации была подтверждена их принадлежность к виду *V. cholerae* по таксономическим признакам и определены особенности биологических свойств. Так, из 122 изолированных штаммов холерного вибриона 119 (97,5%) были отнесены к *V. cholerae* O1, а три (2,5%) — к O139 серогруппы. В водных объектах г. Ростова-на-Дону, начиная с 2000 г., штаммы O139 серогруппы не обнаруживались. К биовару El Tor принадлежало 118 штаммов, а к биовару *classical* — один штамм, выделенный в 1999 г. из реки Дон. Из 118 штаммов *V. cholerae* O1 El Tor 96 штаммов (80,7%) относились к серовару Огава,

21 штамм (17,8%) — к серовару Инаба и два (1,7%) — к серовару Гикошима. С 2009 г. по 2023 г., среди выделенных штаммов *V. cholerae* O1, штаммы серовара Гикошима отсутствовали (табл.).

Большинство штаммов *V. cholerae* O1 — 102 штамма (83,6%) — были резистентными к холерным диагностическим фагам. Чувствительными к фагу «Эль Тор» оказались 18 (14,7 %) штаммов, к фагу «С» — два (1,7 %). Принадлежность к определённому фаготипу удалось установить лишь у 22 (18,6 %) из 118 штаммов *V. cholerae* O1 El Tor. При этом наиболее распространёнными фаготипами были 15 (9 штаммов) и 16 (5).

Изолированные штаммы *V. cholerae* O1 различались по эпидемической значимости. Среди них восемь (6,7%) относились к эпидемически значимым (токсигенным — ctxAB+ tcpA+). Эти штаммы были изолированы из водных объектов окружающей среды в 1999 г., 2000 г., 2001 г., 2003 г., 2011 г., 2014 г., 2023 г. (табл., рис. 4).

Таблица / Table 2

Характеристика биологических свойств культур холерных вибрионов, выделенных из водных объектов
окружающей среды на территории г. Ростова-на-Дону с 1989 по 2023 гг.

*Characteristics of the biological properties of V. cholerae cultures isolated from environmental water bodies
on the territory of Rostov-on-Don from 1989 to 2023.*

Год выделения	Всего культур <i>V. cholerae</i>	Из них <i>V. cholerae</i> O1					Из них <i>V. cholerae</i> O139	Из них эпидемически значимые (токсигенные)
		Биовар		Серовар				
		Classical	El Tor	Огава	Инаба	Гикошима		
1989	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	1	-	1	1	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	6 (1*)	1*	2	3 (1*)	-	-	3	1
2000	1*	-	1*	-	1*	-	-	1
2001	6 (3*)	-	6 (3*)	6 (3*)	-	-	-	3
2002	4	-	4	2	1	1	-	-
2003	1*	-	1*	1*	-	-	-	1
2004	2	-	2	2	-	-	-	-
2005	4	-	4	3	1	-	-	-
2006	5	-	5	-	5	-	-	-
2007	6	-	6	4	2	-	-	-
2008	6	-	6	5	-	1	-	-
2009	6	-	6	4	2	-	-	-
2010	14	-	14	11	3	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	3	-	3	2	1	-	-	-
2014	1*	-	1*	-	1*	-	-	1
2015	1	-	1	1	-	-	-	-
2016	2	-	2	2	-	-	-	-
2017	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	1	-	1	1	-	-	-	-
2019	1	-	1	1	-	-	-	-
2020	9	-	9	8	1	-	-	-
2021	10	-	10	10	-	-	-	-
2022	21	-	21	21	-	-	-	-
2023	11 (1*)	-	11 (1*)	8 (1*)	3	-	-	1
Всего	122 (8*)	1*	118 (7*)	96 (6*) 95 - El Tor, 1 - classical	21 (2*)	2	3	8

Проведённое секвенирование и результаты биоинформационного анализа токсигенных штаммов показали, что штаммы с генетической характеристикой *ctxAB+* различались по структуре субъединицы В холерного токсина. Так, геном штамма *V. cholerae* classical (1999 г.) содержал субъединицу В1 классического типа, а штамм *V. cholerae* El Tor (2000 г.) содержал аллель *ctxB3* типа El Tor. В то же время, в геномах штаммов *V. cholerae* El Tor (2001 г., 2003 г., 2014 г., 2023 г.) выявлена замена аллеля *ctxB3* на *ctxB1*.

Обсуждение

Анализ динамики выделения штаммов холерных вибрионов О1, О139 серогрупп в г. Ростове-на-Дону за изучаемый период свидетельствовал о стабильном росте количества выделяемых штаммов с конца 80-х гг. прошлого века, что свидетельствует о нарастающей контаминации водных объектов и об усиливающихся рисках распространения холеры водным путем в случае заноса инфекции. В обнаружении штаммов отмечается летняя сезонность, характерная для этих микроорганизмов. Штаммы холерных вибрионов обнаруживали во всех эпидемиологически значимых водоёмах города и в пробах воды из всех стационарных точек отбора. Сохранилась тенденция, отмеченная в период 1989–2018 гг. [7], количественного распределения штаммов по водоёмам, из проб которых они были изолированы. Анализ распределения штаммов холерных вибрионов по стационарным точкам отбора проб также показал, что количество выделенных штаммов из стационарных точек, расположенных по течению рек Темерник и Дон, было практически одинаково. Штаммы *V. cholerae* О139 не обнаруживались в течение последних 23 лет, что, по-видимому, свидетельствует о снижении персистентного потенциала.

При анализе распределения штаммов *V. cholerae* О1 серогруппы, изолированных из водных объектов г. Ростова-на-Дону, было выявлено, что основное их количество выделено из поверхностных водоемов — 117 штаммов, обнаружение которых регистрировалось практически ежегодно за весь анализируемый период с тенденцией к увеличению. Из сточных вод было выделено пять штаммов *V. cholerae* О1 серогруппы в период с 1989 г. по 2008 г., но в последующие годы штаммы холерных вибрионов в данных водных объектах не обнаруживались (табл.).

Среди восьми токсигенных штаммов были выявлены генетически не измененные — *V. cholerae* classical (1999 г.), а также штамм *V. cholera* О1 El Tor (2000 г.), содержащий аллель *ctxB3*, который в соответствии с данными Монаховой Е.В. с соавт. (2020) был обозначен как «прототипный», а остальные токсигенные штаммы *V. cholera* О1 El Tor являлись представителями «первых геновариантов», отличавшихся от прототипных только заменой аллеля *ctxB3* на *ctxB1*. Несмотря на то, что основное количество токсигенных штаммов холерных вибрионов, циркулирующих в мире в настоящее время, относятся к «гаитянской» либо «постгаитянской» В7 группе [1, 9, 10], токсигенный штамм, выделенный в 2023 г. из воды реки Темерник, также принадлежал к «первым геновариантам». Обнаружение токсигенных штаммов в водных объектах на фоне эпидемического благополучия по холере

можно расценивать как неустановленный завоз из Азиатских регионов, где такие клоны регистрируются.

Такое событие следует рассматривать как реальный риск осложнения эпидемической ситуации по холере в г. Ростове-на-Дону. Необходимо проведение тщательного эпидемиологического расследования с целью установления источника контаминации ООС и выявления рисков распространения холеры, обусловленных водным путём передачи возбудителя. Кроме того, имеется основание прогнозировать вероятность завоза инфекции в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Подавляющее большинство штаммов было идентифицировано как эпидемически не значимые (нетоксигенные — *ctxAB-tcpA+* и *ctxAB-tcpA-*). Вместе с тем такие штаммы могут вызывать спорадические заболевания или вспышки с клиническими проявлениями гастроэнтерита за счёт экспрессии генетических детерминант целого ряда факторов патогенности. Следует отметить, что нетоксигенные штаммы, выделенные из водоёмов г. Ростова-на-Дону, формировывали клональные комплексы, представители которых способны к сохранению и распространению в водных объектах. В геномах этих штаммов содержался остров патогенности VPI с кластером генов TCP — ключевого фактора адгезии холерных вибрионов [9]. Их многолетнее обнаружение свидетельствует об усиливающемся риске подключения водного фактора к распространению инфекции, что требует проведения мероприятий по установлению источника контаминации для снижения риска возможного распространения холеры водным путём в случае завоза токсигенного штамма и осложнения эпидемической ситуации по холере в г. Ростове-на-Дону.

Выводы

Проведённый ретроспективный анализ динамики контаминации *V. cholerae* основных эпидемиологически значимых водных объектов окружающей среды г. Ростова-на-Дону и биологических свойств штаммов, изолированных в ходе мониторинга с 1989 г. по 2023 г. показал следующее:

1. Штаммы холерных вибрионов О1 серогруппы выделяются из водных объектов города практически ежегодно. Это свидетельствует о том, что в воде поверхностных водоёмов и сточных вод имеются благоприятные условия для циркуляции холерных вибрионов, а значит, есть возможность реализации риска распространения инфекции водным путём в случае контаминации водных экосистем.

2. Прогноз эпидемиологической ситуации по холере состоит в том, что сохраняются эпидемиологические риски завоза возбудителя холеры из эндемичных в настоящее время территорий, а также из сопредельных стран в случаях активизации там эпидемического процесса по этой инфекции.

3. Проведение мониторинговых исследований в рамках эпидемиологического надзора на территории г. Ростова-на-Дону обеспечивает своевременное обнаружение возбудителя, оперативное проведение противоэпидемических (профилактических) мероприятий для предотвращения возможного распространения инфекции через воду как фактор передачи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Попова А.Ю., Носков А.К., Ежлова Е.Б., Кругликов В.Д., Монахова Е.В., и др. Эпидемиологическая ситуация по холере в Российской Федерации в 2023 г. и прогноз на 2024 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2024;(1):76-88. Popova A.Yu., Noskov A.K., Ezhlova E.B., Kruglikov V.D., Monakhova E.V., et al. Epidemiological Situation on Cholera in the Russian Federation in 2023 and Forecast for 2024. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2024;(1):76-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2024-1-76-88>
2. Москвитина Э.А., Янович Е.Г., Куриленко М.Л., Кругликов В.Д., Носков А.К. Эколого-эпидемиологические аспекты контаминации V. cholerae O1 водных объектов в Республике Калмыкия. *Здоровье населения и среда обитания* – ЗНУСО. 2021;1(12):79-86. Moskvitina E.A., Yanovich E.G., Kurilenko M.L., Kruglikov V.D., Noskov A.K. Environmental and Epidemiological Aspects of V. cholerae O1 Contamination of Water Bodies in the Republic of Kalmykia. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2021;1(12):79-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-12-79-86>
3. Миронова Л.В., Бочалгин Н.О., Гладких А.С., Феранчук С.И., Пономарева А.С., Балахонов С.В. Филогенетическое положение и особенности структуры геномов ctxAB–tcpA+ Vibrio cholerae из поверхностных водоемов на неэндемичной по холере территории. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020;(1):115-123. Mironova L.V., Bochalgin N.O., Gladkikh A.S., Feranchuk S.I., Ponomareva A.S., Balakhonov S.V. Phylogenetic Affinity and Genome Structure Features of ctxAB–tcpA+ Vibrio cholerae from the Surface Waterbodies in the Territory that is Non-Endemic as Regards Cholera. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2020;(1):115-123. (In Russ.) <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-1-115-123>
4. Крицкий А.А., Смирнова Н.И., Каляева Т.Б., Оброткина Н.Ф., Грачева И.В., и др. 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. Kritsky A.A., Smirnova N.I., Kalyaeva T.B., Obrotkina N.F., Gracheva I.V., Katyshev A.D., Kutryev V.V. Comparative Analysis of Molecular-Genetic Properties in Non-Toxigenic Vibrio cholerae O1 Strains Biovar El Tor, Isolated in Russia and on Cholera Endemic Territories. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2021;(3):72-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2021-3-72-82>
5. Агафонова Е.Ю., Смирнова Н.И., Альхова Ж.В., Краснов Я.М., Ливанова Л.Ф., и др. Нетоксигенные штаммы Vibrio cholerae биовара Эль Тор, выделенные на территории России: молекулярно-генетические особенности и патогенные свойства. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2019;96(2):13-24. Agafonova E.Y., Smirnova N.I., Alkhova Z.V., Krasnov Y.M., Livanova L.F., et al. Non-toxigenic strains of Vibrio cholerae biovar El Tor, isolated in the territory of Russia: molecular-genetic peculiarities and pathogenic properties. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2019;96(2):13-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2019-2-13-24>
6. Носков А.К., Кругликов В.Д., Лопатин А.А., Чемисова О.С., Левченко Д.А., и др. Результаты мониторинга холеры на административных территориях России в период с 2013 по 2019 год. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2021;98(2):163-175. Noskov A.K., Kruglikov V.D., Lopatin A.A., Chemisova O.S., Levchenko D.A., et al. Results of cholera monitoring in administrative territories of Russia from 2013 to 2019. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2021;98(2):163-175. (In Russ.) <https://doi.org/10.36233/0372-9311-56>
7. Ежова М.И., Левченко Д.А., Архангельская И.В., Кругликов В.Д., Непомнящая Н.Б. Особенности биологических свойств Vibrio cholerae, изолированных в процессе мониторинга водных объектов Ростова-на-Дону с 1989 по 2018 год. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021;(1):148-151. Ezhova M.I., Levchenko D.A., Arkhangelskaya I.V., Kruglikov V.D., Nepomnyashchaya N.B. Features of the Biological Properties of Vibrio cholerae Isolated during the Monitoring of Water Bodies in Rostov-on-Don from 1989 to 2018. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2021;(1):148-151. (In Russ.) <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2021-1-148-151>
8. Bankovich A, Nurk S, Antipov D, Gurevich AA, Dvorkin M, et al. SPAdes: a new genome assembly algorithm and its applications to single-cell sequencing. *J Comput Biol*. 2012;19(5):455-477. <https://doi.org/10.1089/cmb.2012.0021>
9. Монахова Е.В., Ghosh A., Mutreja A., Weill F, Ramamurthy T. Эндемичная холера в Индии и завозная холера в России: что общего? *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020;(3):17-26. Monakhova E.V., Ghosh A., Mutreja A., Weill F, Ramamurthy T. Endemic Cholera in India and Imported Cholera in Russia: What is Common? *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2020;(3):17-26. (In Russ.) <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-3-17-26>
10. Водопьянов С.О., Водопьянов А.С., Олейников И.П., Монахова Е.В. Разработка схемы типирования токсигенных холерных вибрионов на основе данных биоинформационного анализа. *Здоровье населения и среда обитания* – ЗНУСО. 2022;(7):66-71. Vodopyanov S.O., Vodopyanov A.S., Oleynikov I.P., Monakhova E.V. Elaboration of a Toxigenic Vibrio cholerae Typing Scheme Based on Bioinformatics Analysis Data. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2022;(7):66-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-66-71>

Информация об авторах

Ежова Мария Ивановна, научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4254-3313>, mari-ezho@yandex.ru;

Могиленко Виктория Сергеевна, лаборант отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора,

Information about the authors

Maria I. Ezhova, researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4254-3313>; mari-ezho@yandex.ru

Victoria S. Mogilenko, laboratory assistant at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor,

Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0009-0007-0942-8918>; mogilenko_vs@antiplague.ru

Дегтерева Ольга Николаевна, младший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0009-0009-5877-9823>; ivlieva_on@antiplague.ru;

Меньшикова Елена Аркадьевна, к.б.н. старший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5814-2947>; menshikova_ea@antiplague.ru

Дуванова Ольга Викторовна, к.б.н., старший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-1702-1620>; duvanova_ov@antiplague.ru

Егиазарян Лиана Альбертовна, младший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-6350-065X>; egiazaryan_la@antiplague.ru

Евтеев Артем Владимирович, младший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-0087-9153>; evteev_av@antiplague.ru

Подойницына Оксана Андреевна, к.б.н., старший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9996-4189>; oksankashalu@yandex.ru

Водопьянов Сергей Олегович, д.м.н., главный научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др., Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4336-0439>; vodopyanov_so@antiplague.ru

Шипко Елена Сергеевна, младший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др. Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8517-2789>; shipko_es@antiplague.ru

Савина Изабелла Витальевна, младший научный сотрудник отдела микробиологии холеры и др. ОКИ ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-6825-1135>; savina_iv@antiplague.ru

Кругликов Владимир Дмитриевич, д.м.н., главный научный сотрудник, врио начальника отдела микробиологии холеры и других острых кишечных инфекций, Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>; vd kru58@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы внесли существенный вклад при подготовке статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0009-0007-0942-8918>; mogilenko_vs@antiplague.ru

Olga N. Degtyareva, junior researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0009-0009-5877-9823>; ivlieva_on@antiplague.ru

Elena A. Menshikova, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5814-2947>; menshikova_ea@antiplague.ru

Olga V. Duvanova, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1702-1620>; duvanova_ov@antiplague.ru

Liana A. Yeghiazaryan, junior researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-6350-065X>; egiazaryan_la@antiplague.ru

Artyom V. Evteev, junior researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0087-9153>; evteev_av@antiplague.ru

Oksana A. Podoyntsina, Dr. Sci. (Biol.) researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9996-4189>; oksankashalu@yandex.ru

Sergey O. Vodopianov, Dr. Sci. (Med.) Chief Scientific Researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4336-0439>; vodopyanov_so@antiplague.ru

Elena S. Shipko, junior researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8517-2789>; shipko_es@antiplague.ru

Isabella V. Savina, junior researcher at the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-6825-1135>; savina_iv@antiplague.ru

Vladimir D. Kruglikov, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Acting Head of the Department of Microbiology of Cholera in Rostov-on-Don Plague Control Research Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>; vd kru58@mail.ru

Authors' contribution

All authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Received: 18.07.2024

Доработана после рецензирования / Revised: 31.07.2024

Принята к публикации / Accepted: 06.09.2024