

**Эколого-эпидемиологические аспекты контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов в Республике Калмыкия**

Э.А. Москвитина, Е.Г. Янович, М.Л. Куриленко, В.Д. Кругликов, А.К. Носков

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

**Резюме**

**Введение.** При мониторинге холеры в Российской Федерации установлено ежегодное выделение нетоксигенных штаммов *V. cholerae* O1 из водных объектов в Республике Калмыкия. Это явилось основанием для изучения и анализа данных о контаминации *V. cholerae* O1 с учетом некоторых эколого-гигиенических показателей водных объектов, используемых для рекреационного водопользования.

**Цель исследования:** изучение контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов как составляющей эпидемиологического надзора за холерой в Республике Калмыкия.

**Материалы и методы.** Использованы донесения руководителей управлений Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации, паспорта на штаммы *V. cholerae* O1, сведения из проблемно-ориентированной базы данных «Холерные вибрионы. Россия» (1991–2019 гг.).

**Результаты.** В 1970, 1980, 1990-е гг. в республике зарегистрированы вспышки, спорадические и единичные случаи холеры завозного происхождения. За анализируемый период выделено 446 штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, которые по результатам ПЦР-анализа оценены как *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>-</sup> и *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>+</sup>. Выявлена тенденция роста изолированных штаммов (коэффициент аппроксимации – 0,374) на фоне снижения их числа в России (1991–2019 гг.). Штаммы изолировали ежегодно, преимущественно из реки Элисты, пруда Заячий и других водных объектов, неблагоприятных в экологическом отношении по микробиологическим и санитарно-химическим показателям. *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>+</sup> были изолированы преимущественно в месте сброса сточных вод, что указывало на их завозное происхождение, наряду с *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>-</sup> с INDEL- и ПЦР-генотипами, ранее не встречающимися в данном регионе. Контаминацию водных объектов *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>-</sup> и *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>+</sup> мы рассматриваем как предпосылки возможного осложнения эпидемиологической ситуации при завозе возбудителя холеры из стран, неблагоприятных по холере.

**Заключение.** При анализе контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов в Республике Калмыкия выявлено продолжительное, ежегодное выделение холерных вибрионов в г. Элисте из некоторых водных объектов (р. Элистинка, пруды Заячий и Колонский), неблагоприятных в экологическом отношении по микробиологическим и санитарно-химическим показателям, предусмотренным гигиеническими нормативами. Это обусловлено сбросом в р. Элистинку в границах города хозяйственно-бытовых сточных вод, в том числе недостаточно очищенных, из канализационных очистных сооружений, а также контаминацией *V. cholerae* O1 с водотоками из балок. Это указывает на их завозное происхождение наряду с выделением *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>-</sup> с INDEL- и ПЦР-генотипами, ранее не встречавшимися в данном регионе.

**Ключевые слова:** мониторинг, контаминация *V. cholerae* O1, INDEL- и ПЦР-генотипы.

**Для цитирования:** 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. 2021. Т. 29. № 12. С. 79–86. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-12-79-86>

**Сведения об авторах:**

✉ Москвитина Эльза Афанасьевна – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела эпидемиологии; e-mail: [Elza\\_epid@mail.ru](mailto:Elza_epid@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5020-1466>.

Янович Евгения Григорьевна – к.м.н., научный сотрудник отдела эпидемиологии; e-mail: [yanovich\\_eg@mail.ru](mailto:yanovich_eg@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7571-7848>.

Куриленко Марина Леонидовна – младший научный сотрудник отдела эпидемиологии; e-mail: [plague@aaanet.ru](mailto:plague@aaanet.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6304-2780>.

Кругликов Владимир Дмитриевич – д.м.н., главный научный сотрудник отдела микробиологии холеры и других острых кишечных инфекций; e-mail: [kruglikov\\_vd@antiplague.ru](mailto:kruglikov_vd@antiplague.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>.

Носков Алексей Кимович – к.м.н., директор; e-mail: [plague@aaanet.ru](mailto:plague@aaanet.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0550-2221>.

**Информация о вкладе авторов:** Москвитина Э.А. – автор подтверждает ответственность за концепцию исследования, анализ данных, интерпретацию результатов, написание текста рукописи. Янович Е.Г. – систематизация данных, оформление графического материала; Куриленко М.Л. – сбор данных, обзор публикаций по теме статьи; Кругликов В.Д. – проведение микробиологических исследований, редактирование материала; Носков А.К. – участие в разработке дизайна исследования; курирование данных.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 03.09.21 / Принята к публикации: 01.12.21 / Опубликована: 15.12.21

**Environmental and Epidemiological Aspects of *V. cholerae* O1 Contamination of Water Bodies in the Republic of Kalmykia**

Elsa A. Moskvitina, Evgeniya G. Yanovich, Marina L. Kurilenko, Vladimir D. Kruglikov, Aleksey K. Noskov

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

**Summary**

**Background:** Within the framework of cholera surveillance in the Russian Federation, annual isolation of nontoxigenic *V. cholerae* O1 strains from water bodies is registered in the Republic of Kalmykia. This fact is the rationale for the present study and analysis of data on contamination of water bodies with *V. cholerae* O1 with account for some environmental and quality indicators of water bodies used for recreational purposes.

**Objective:** To study contamination of water bodies with *V. cholerae* O1 as a component of cholera control surveillance in the Republic of Kalmykia.

**Materials and methods:** We used notifications issued by Offices of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) in the constituent entities of the Russian Federation, passports for *V. cholerae* O1 strains, and information from “Cholera vibrios. Russia” database for 1991–2019.

**Results:** In the 1970s, 1980s and 1990s, several outbreaks, sporadic and single imported cases of cholera were registered in the republic. The total of 446 strains of *V. cholerae* O1 El Tor were isolated during the analyzed period. The PCR analysis identified them as *V. cholerae* O1 ctxA-tcpA<sup>-</sup> and *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup>. We observed an increasing trend in the number of isolated strains with the approximation coefficient of 0.374 against its general decrease in the country in 1991–2019. Strains were isolated annually, mainly from the Elista River, Zayachy Pond and other water bodies with poor microbiological and chemical water quality parameters. *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> were isolated mainly at the wastewater discharge sites, which indicated their imported origin, along with *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>-</sup> with InDel and PCR genotypes not previously found in this region. We consider the contamination of water bodies with *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>-</sup> and *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> as prerequisites for possible deterioration of the local epidemiological situation due to cholera importation from endemic areas.

**Conclusion:** When analyzing the pollution of water bodies in the Republic of Kalmykia with *V. cholerae* O1, we established a long-term annual isolation of cholera vibrios from some water bodies in the city of Elista, including Elistinka river, Zayachy and Kolonsky ponds, notorious for poor microbiological and chemical water quality indicators. The contamination was mainly attributed to domestic wastewater discharge and poorly treated effluents of sewage treatment plants into the Elistinka river within the city boundaries, as well as watercourses from hollows. This proves the imported origin of the bacterium confirmed by isolation of *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>-</sup> with InDel- and PCR-genotypes not previously found in this region.

**Keywords:** surveillance, contamination, *V. cholerae* O1, InDel- and PCR-genotypes.

**For citation:** Moskvitina EA, Yanovich EG, Kurilenko ML, Kruglikov VD, Noskov AK. Environmental and epidemiological aspects of *V. cholerae* O1 contamination of water bodies in the Republic of Kalmykia. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(12):79–86. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-12-79-86>

#### Author information:

✉ Elsa A. Moskvitina, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Epidemiology Department, Rostov-on-Don Anti-Plague Research Institute; e-mail: [Elza\\_epid@mail.ru](mailto:Elza_epid@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5020-1466>.

Evgeniya G. Yanovich, Cand. Sci. (Med.), Researcher Epidemiology Department, Rostov-on-Don Anti-Plague Research Institute; e-mail: [yanovich\\_eg@mail.ru](mailto:yanovich_eg@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7571-7848>.

Marina L. Kurilenko, Junior Researcher, Epidemiology Department, Rostov-on-Don Anti-Plague Research Institute; e-mail: [plague@aaanet.ru](mailto:plague@aaanet.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6304-2780>.

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

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

**Author contributions:** Moskvitina E.A. developed the study conception and design, analyzed and interpreted data, and wrote the manuscript; Yanovich E.G. systematized data and developed the graphic design; Kurilenko M.L. collected data and did a literature review on the topic; Kruglikov V.D. conducted microbiological research and revised the manuscript; Noskov A.K. developed the study conception and design and curated data. All authors reviewed the results, contributed to the discussion, and approved the final version of the article.

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

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: September 3, 2021 / Accepted: December 1, 2021 / Published: December 15, 2021

**Введение.** Изучение контаминации водных объектов *V. cholerae* O1, O139 серогрупп, эпидемиологического фактора риска в активизации водного пути распространения возбудителя инфекции, определяет актуальность исследований в этом направлении, имеет научное и прикладное значение. В последние годы вектор исследований в этом аспекте сконцентрирован в основном на изучении биологических свойств *V. cholerae* O1, O139, выделяемых из объектов окружающей среды, с применением молекулярно-биологических методов для оценки эпидемиологической обстановки, распространений во времени и пространстве, суждений об их происхождении, эволюции и других [1–3]. Эпидемиологическая оценка поверхностных водоемов с учетом контаминации их *V. cholerae* O1, O139 применена как составляющая при определении эпидемического потенциала административных территорий РФ [4]. Научный интерес представляют литературные данные об определяющей роли поверхностных водоемов с компонентами экосистем в эпидемических проявлениях холеры [5], экологических особенностей персистенции холерных вибрионов [6]. Небезынтересны ранее полученные результаты исследований при мониторинге выделения *V. cholerae* O1 (1965–1988 гг.) в различных климатогеографических областях СССР о благоприятной для вибрионов Эль Тор экологической нише — иловых отложениях, образующихся в водоемах в результате сброса в них сточных вод [7].

Ежегодное и периодическое выделение нетоксигенных штаммов *V. cholerae* O1 из водных

объектов, используемых в качестве источников I и II категорий в соответствии с социально-гигиеническим мониторингом, мы рассматриваем как предпосылки возможного осложнения эпидемиологической ситуации. Здесь целесообразно отметить, что для имевших место вспышек холеры в России в период седьмой пандемии был характерен основной — водный путь распространения возбудителя инфекции [8]. При мониторинге холеры в стране установлено длительное, ежегодное выделение *V. cholerae* O1 в Республике Калмыкия, за исключением 2020 г. Это явилось основанием для изучения и анализа данных о контаминации *V. cholerae* O1 во взаимосвязи с некоторыми эколого-гигиеническими показателями водных объектов, используемых для рекреационного водопользования.

**Цель исследования** — изучение контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов как составляющей эпидемиологического надзора за холерой в Республике Калмыкия.

**Материалы и методы.** При анализе данных о выделении *V. cholerae* O1 из поверхностных водоемов в Российской Федерации и Республике Калмыкия использованы донесения руководителей управлений Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации в соответствии с документами<sup>1,2</sup>, паспорта на штаммы *V. cholerae* O1, сведения из проблемно-ориентированной базы данных «Холерные вибрионы. Россия» (1991–2019 гг.)<sup>3</sup>.

**Результаты и обсуждение.** Республика Калмыкия расположена на юге Европейской части России, в Северо-Западной части Прикаспия, входит

<sup>1</sup> Инструкция по организации и проведению противохолерных мероприятий. М.: Медицина, 1991. 80 с.

<sup>2</sup> СП 3.1.1.2521–09 «Профилактика холеры. Общие требования к эпидемиологическому надзору за холерой на территории Российской Федерации».

<sup>3</sup> Moskvitina Э.А., Анисимова Г.Б., Подосинникова Л.С., Горобец А.В. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2006620206 Холерные вибрионы. Россия. 2006.

в Южный федеральный округ. Для региона характерен умеренно-континентальный климат с возрастанием степени континентальности с запада на восток. Это самый засушливый регион России, типичны засухи. Республика относится к числу маловодных регионов. На востоке речная сеть практически не развита; в западной части представлена короткими пересыхающими водотоками, стекающими с возвышенности Ергени. Крупнейшей рекой на территории Калмыкии является Волга, которая пересекает территорию в районе поселка Цаган Аман (12 км). На юге республики расположено Чограйское водохранилище, на востоке — Каспийское море (167-километровый участок побережья). Большинство имеющихся рек является малыми, пересыхающими летом. Основные водные объекты республики: озеро Сарпа, озеро Маныч-Гудило, река Элиста. Для нужд коммунально-бытового водоснабжения созданы 283 пруда и водохранилища общим объемом 50 млн м<sup>3</sup>, в т. ч. Чограйское и Красинское. Построена сеть оросительных систем (Черноземельская, Сарпинская, Каспийская и др.)<sup>4</sup>.

За период седьмой пандемии холеры в Республике Калмыкия имели место эпидемиологические осложнения в виде периодической регистрации вспышек и спорадических случаев инфекции завозного происхождения в 1970-е, 1980-е, 1990-е годы с наиболее высокими показателями заболеваемости до 2,602 ‰ (1974 г.), 4,559 ‰ (1981 г.) и 4,717 ‰ (1994 г.) при средних многолетних показателях по республике — 0,477 ‰ (1970–1980 гг.), 0,450 ‰ (1981–1990 гг.) и 0,427 ‰ (1991–2000 гг.). В 2011 г. зарегистрирован случай холеры с выделением из клинического материала *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup>tcpA<sup>+</sup>. При совершенствовании эпидемиологического надзора за холерой Республика Калмыкия была отнесена к территориям II типа подтипа А по эпидемическим проявлениям холеры, для которых были характерны при осложнении эпидемиологической ситуации все пути передачи возбудителя инфекции с преимущественным — водным типом вспышек и ежегодным выделением нетоксигенных холерных вибрионов из поверхностных водоемов<sup>5</sup>.

В соответствии с данными о контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов во время седьмой пандемии холеры на территории СССР, в Калмыцкой АССР, холерные вибрионы были выделены в 1973–1983 и 1985–1987 гг. в восточных и юго-восточных районах республики из р. Волги (пос. Цыган-Аман), водохранилища и оросительного канала (г. Каспийский), Оле-Каспийского канала (с. Джалыково) и др.<sup>6</sup>.

При оценке результатов эпидемиологического надзора за холерой с 1991 по 2019 г., а именно результатов бактериологических исследований проб из водных объектов, установлено, что в республике было выделено 446 штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, в том числе *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup>tcpA<sup>+</sup> — 44 (10,0 %), *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup>tcpA<sup>–</sup> — 400 (89,6 %) и *V. cholerae* RO ctxA<sup>+</sup>tcpA<sup>–</sup> — 2 (0,4 %), что составило в целом 19,8 % от изолированных в России. Они

были типичны по родовым и видовым признакам, характерным для *V. cholerae* O1 биотипа El Tor, агглютинировались до титра сыворотками Инаба, Огава и RO, были гемолизоположительными. По результатам ПЦР-анализа все штаммы относились к эпидемически незначимым — *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup>tcpA<sup>–</sup> и *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup>tcpA<sup>+</sup>.

На модели динамики контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов с 1991 по 2019 г. выявлена тенденция роста числа изолированных штаммов (коэффициент аппроксимации — 0,374) на фоне тенденции к снижению их числа в России (рисунк). При анализе данных об обнаружении *V. cholerae* O1 по временным периодам установлено, что в первом периоде (1991–2000 гг.) в регионе было изолировано 52 (5,78 % от выделенных в России) штамма *V. cholerae* O1, во втором периоде (2001–2010 гг.) число их возросло до 143 (18,7 %), в третьем периоде (2011–2019 гг.) — до 244 (41,2 %). При этом следует отметить, что с учетом отнесения республики к территориям II типа по эпидемическим проявлениям холеры тактика эпидемиологического надзора оставалась неизменной в части, касающейся сроков и кратности исследований проб на холеру. Отмечено увеличение стационарных точек отбора проб в 2019 г. до 71 по сравнению с 2017 г., когда их число составляло 34.

Установлено, что с 2011 по 2019 г. наибольшее число штаммов *V. cholerae* O1 было выделено из поверхностных водоемов в местах неорганизованного рекреационного водопользования — 173 (70,9 %), в местах сброса сточных вод — 40 (16,0 %), в местах организованного рекреационного водопользования — 27 (11,51 %), в зонах санитарной охраны водных объектов, используемых для централизованного питьевого водоснабжения, и в других точках (по эпидемиологическим и санитарно-гигиеническим показаниям) — по 2 штамма (1,0 и 1,0 %). Удельный вес штаммов, выделенных в республике, составил 59,5 % в структуре *V. cholerae* O1 в Южном федеральном округе за указанный период.

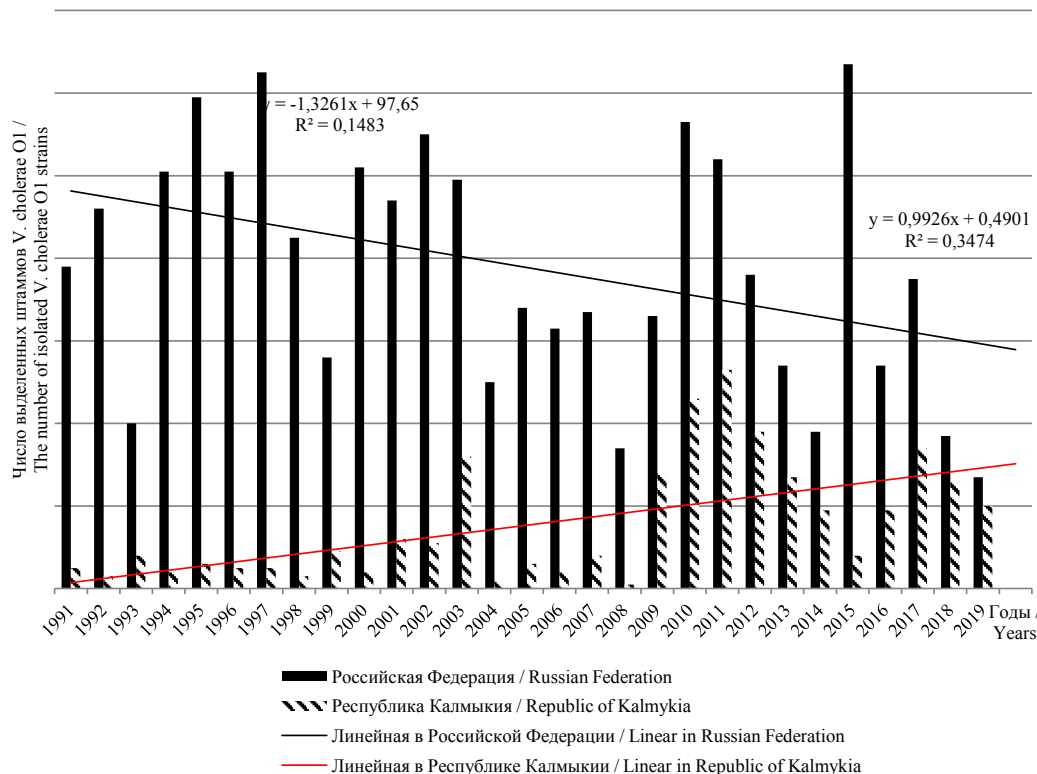
Следует констатировать, что выделение нетоксигенных штаммов *V. cholerae* O1 из водоемов Республики Калмыкия происходило за рассматриваемый временной период ежегодно, преимущественно из р. Элисты, пруда Заячьего, пруда Колонского в г. Элисте, периодически — из пруда с. Вознесеновка (Целинный район) и других водных объектов.

Рассматривая эколого-эпидемиологические аспекты контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов, остановимся на характеристике и эколого-гигиенических условиях некоторых из них. Река Элиста (также используется название Элистинка) протекает в центральной части Калмыкии, берет начало в пределах Ергенинской возвышенности, в одноименной балке, в западной части г. Элисты, является притоком р. Яшкули. Вбирая в себя водотоки балок (Кобылья балка, балка Гурвн-Сала и др.), расположенных в границах г. Элисты, превращается из мелкого ручья в небольшую реку,

<sup>4</sup> Схема комплексного использования и охраны водных объектов бессточных районов междуречья Терека, Дона и Волги. Книга 1. Общая характеристика бессточных районов. Доступно по: <http://zkbvu.ru/upload/medialibrary/fec/fec20f26ad268364bbe4bbcb2b9b1c934.pdf>. (дата доступа: 09.08.2021).

<sup>5</sup> Приказ МЗ СССР № 390 от 1 октября 1990 г. «О совершенствовании эпидемиологического надзора за холерой в стране».

<sup>6</sup> Мединский Г.М., Ломов Ю.М., Пинигин А.Ф. и др. Справочник-кадастр распространения вибрионов эльтор в поверхностных водоемах и сточных водах на территории СССР во время седьмой пандемии. Ростов-на-Дону, 1991. 172 с.



**Рисунок.** Динамика выделения штаммов *V. cholerae* O1 в Российской Федерации и Республике Калмыкия. 1991–2019 гг.  
**Figure.** Isolation of *V. cholerae* O1 strains in the Russian Federation and the Republic of Kalmykia, 1991–2019

не пересыхающую летом. По данным доклада об экологической ситуации в Республике Калмыкия в 2011 году, отмечено, что река является конечным приемником канализационных вод г. Элисты, которые поступают после полной биологической очистки с очистных сооружений. Объем ежегодно сбрасываемых канализационных стоков составлял 7,5–8,2 млн м<sup>3</sup>, которые накапливались в прудах агрофирмы «Вознесенская» Целинного района и Улан-Эргинском пруду в Яшкульском районе. Вода в реке не соответствовала санитарно-эпидемиологическим нормативам. Так, индекс загрязненности был равен 7,85, вода относилась к 6-му классу качества – «очень грязная» и была непригодна для использования в питьевых и хозяйственно-бытовых целях. На реке расположено несколько прудов, входящих в систему р. Элистинки, в том числе пруд Заячий, который представляет собой перегороденную плотиной часть реки, куда попадают сточные воды частного сектора<sup>7,8</sup>.

При определении эпидемического потенциала Республики Калмыкия по комплексу показателей (2011–2015 гг.) выявлена высокая степень потенциальной эпидемической опасности поверхностных водоемов с учетом контаминации их *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup>tcpA<sup>+</sup>, *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup>tcpA [4]. При этом в поверхностные водоемы, по данным муниципального унитарного предприятия «Элиставодоканал», сбрасывались недостаточно очищенные сточные воды в объеме 1 306 300,0 м<sup>3</sup>/год.

При эпидемиологических расследованиях, проведенных совместно со специалистами Управления Роспотребнадзора по Республике Калмыкия в связи с обнаружением *V. cholerae* O1 в стационарных точках, в том числе в р. Элистинке, пруду Заячьему (2016–2019 гг.), установлено, что большинство проб воды продолжали не соответствовать значениям микробиологических показателей, предусмотренным СанПиН 2.1.5.980–00<sup>9</sup>. Это свидетельствовало о продолжающихся сбросах недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых стоков в водные объекты.

При ежегодном выделении *V. cholerae* O1 из р. Элистинки и пруда Заячьего мы придерживаемся мнения Т.Б. Каляевой (2017) о наличии в поверхностных водоемах условий для поддержания жизнеспособности и размножения холерных вибрионов. Исходя из литературных данных, к условиям, способствующим сохранению *V. cholerae* O1, и к «резервуарам возбудителя» могут быть отнесены такие обитатели водоемов, как цветковые растения, ракообразные и зоопланктон, простейшие, рыбы и другие. При этом комменсальное сосуществование с указанными водными организмами является ключевым фактором в адаптации *V. cholerae* O1 к неблагоприятным условиям для его выживания [5]. В настоящее время установлена в основном симбиотная связь между *V. cholerae* и зоопланктонными организмами водной окружающей среды. Это обуславливает

<sup>7</sup> Колодко О.Г. ред. Атлас Республики Калмыкия [Карты]. Реки бессточных территорий междуречья Терека, Дона и Волги. ФГУП «Северо-Кавказское аэрогеодезическое предприятие». Тула: ИПО «Лев Толстой», 2010. 208 с.

<sup>8</sup> Каляева Т.Б., Оброткина Н.Ф., Тюнникова В.Д. О культурах холерных вибрионов, выделенных на территории Республики Калмыкия с 2012 по 2016 год // Холера и патогенные для человека вибрионы. 2017. С. 83–86. Доступно по: <http://antiplague.ru/wp-content/uploads/2018/05/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%BA-30.pdf>. (дата доступа: 09.08.2021).

<sup>9</sup> СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

высокую частоту изоляции *V. cholerae* в летние периоды в водоемах различных широт [1, 9–13]. С другой стороны, представители фито- и зоопланктона, являющиеся типичными для водоемов в умеренном и субтропическом поясах, могут быть одной из экологических ниш для сохранения вибрионов Эль Тор в межэпидемический период, в том числе в некультивируемой форме и в составе биопленки [14–24].

В этой связи представляют интерес исследования В.Н. Максимова и соавт. (1997)<sup>10</sup> в части, касающейся гидробиологических (численность, биомасса, сапробность, виды фито- и зооперифитона) и гидрохимических показателей, характеризующих экосистему р. Элисты, прудов Ярморочного (расположен в юго-восточной части г. Элисты, в пойме р. Элисты) и Улан-Эргинского (расположен в русле р. Яшкуль). За период исследований в составе перифитона<sup>11</sup> трех водоемов было обнаружено 258 видов и разновидностей.

Установлено, что фитоперифитон включал в себя 180 видов, принадлежащих к шести отделам: *Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Pyrrophita*, *Cyanophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta*. Флористически наиболее разнообразными были диатомовые водоросли (73 таксона). Зеленые водоросли были представлены 48 видами, сине-зеленые — 31, остальные виды не отличались систематическим разнообразием. Сообщество зооперифитона включало 78 видов, разновидностей и форм, относящихся к классам *Ciliata*, *Sarkodina*, *Zooflagellata* и *Rotatoria*. С применением метода экологически допустимых уровней (ЭДУ) для абиотических факторов получены в тот период данные о превышении, в частности, санитарно-химических показателей для р. Элисты по  $N(NO_3^-)$ , Cr, P, Cu,  $SO_4^{2+}$ , Mg (в сравнении с ЭДУ для других регионов России), что определило экологическое неблагополучие водного объекта при адаптации зооперифитона. В 2018, 2019 и 2020 гг. доля проб воды с превышением гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям из водоемов II категории, используемых для рекреационных целей, составила в Республике Калмыкия 61,22; 55,56; 51,7 % соответственно<sup>12,13,14</sup>.

Приведенные данные по гидробиологическим показателям явно демонстрируют наличие в экологической системе р. Элистки ранее благоприятных условий для обитания и сохранения *V. cholerae* O1 с учетом состава фито- и зооперифитона. Изучение видового состава, структуры планктонных сообществ представляет научный интерес и, безусловно, имеет прикладное значение,

чтобы приблизиться к ответу на поставленный вопрос о возможности длительного сохранения *V. cholerae* O1. При этом не исключается контаминация штаммами, попадающими в реку со сточными водами различного происхождения. Это подтверждается выделением *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> и *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> в месте сброса сточных вод с очистных сооружений г. Элисты (2013, 2015, 2018 г.), а также в месте поступления водотока, например из Кобыльей балки, в р. Элистинку (2011, 2015, 2021 гг.).

Пруд Колонский входит также в систему р. Элистки. Как отмечено на сайте Управления Роспотребнадзора по Республике Калмыкия<sup>15</sup>, в рамках социально-гигиенического мониторинга регулярно в пробах воды из пруда Колонского, в том числе пляжной зоны, обнаруживалось и продолжает обнаруживаться выраженное превышение содержания санитарно-показательных микроорганизмов (термотолерантные колиформные бактерии и общие колиформные бактерии), в связи с чем санитарно-эпидемиологическое заключение на использование данного водоема в целях рекреационного водопользования не выдавалось.

Что касается водоемов Целинного района, где из пруда в с. Вознесенки ежегодно изолировали *V. cholerae* O1, то они не связаны единой водной системой с рекой Элистинкой.

Помимо фактических данных о динамике выделения *V. cholerae*, преимущественной изоляции их из определенных стационарных точек отбора, нами проанализированы данные о выделении первых культур *V. cholera* O1 из водных объектов с 2011 по 2019 г. и в 2021 г. Установлено, что культуры были обнаружены впервые в июне и июле в водах из р. Элистки в 2012–2013 и 2021 гг., пруда Заячьего — в 2011, 2017 и 2019 гг., пруда с. Вознесенки — в 2015–2016 и 2018 гг. и пруда Колонского — в 2014 г. при температуре воды от 16–19 до 26–27 °С, pH воды — от 6,7 (пруд Колонский) до 8,6 (р. Элистинка, пруд Заячий). Приведенные данные указывают на отсутствие закономерности в плане первоисточника, но, учитывая, что водные объекты (кроме пруда с. Вознесенки) связаны единой водной системой, сохранение *V. cholerae* O1 в одном из водных объектов, прежде всего в р. Элистке, или поступление со сточными водами будет способствовать контаминации их и обнаружению.

По результатам ранее проведенных INDEL- (с использованием девяти локусов) и ПЦР-

<sup>10</sup> Максимов В.Н., Джабруева Л.В., Булгаков Н.Г., Терехин А.Т. Концепция выявления стрессовых состояний водных экосистем методом ранговых распределений и экологически допустимые уровни загрязняющих веществ для водоемов р. Элисты // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. № 1. С. 79–85. Доступно по: <https://ecograde.bio.msu.ru>. (дата доступа: 06.08.2021).

<sup>11</sup> Перифитон — микробиоценозы и биоценозы, возникающие при «обрастании» водорослями и многими животными (усоногие ракообразные, двусторчатые моллюски, гидроиды, в частности пресноводная гидра и пр.) подводных свай, древесных стволов, ... речных судов. Организмы, входящие в эти ценозы, принадлежат к нескольким жизненным формам.

<sup>12</sup> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году». Доступно по: <https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/798/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-sanitarno-epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-rossiyskoy-federatsii-v-2018-godu.pdf>. (дата доступа: 06.08.2021).

<sup>13</sup> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году». Доступно по: [https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/8e4/gosdoklad-za-2019\\_seb\\_29\\_05.pdf](https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/8e4/gosdoklad-za-2019_seb_29_05.pdf). (дата доступа: 06.08.2021).

<sup>14</sup> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году». Доступно по: [https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/5fa/gd-seb\\_02.06\\_-s-podpisyu\\_.pdf](https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/5fa/gd-seb_02.06_-s-podpisyu_.pdf). (дата доступа: 06.08.2021).

<sup>15</sup> Информация о санитарно-гигиеническом состоянии пруда «Колонский». Доступно по: [http://08.rosпотребнадзор.ru/news/-/asset\\_publisher/w7Ci/content/o-sanitarno-gigienicheskom-sostoyanii-pruda-«Колонский»](http://08.rosпотребнадзор.ru/news/-/asset_publisher/w7Ci/content/o-sanitarno-gigienicheskom-sostoyanii-pruda-«Колонский»). (дата доступа: 09.08.2021).

генотипирования (по 14 генам-мишеням) штаммов *V. cholerae* O1, изолированных из водных объектов Российской Федерации (2014–2018 гг.), установлена гетерогенность штаммов по INDEL- и ПЦР-генотипам в Республике Калмыкия [25]. При этом наряду с изолированными штаммами с новыми генотипами отмечена ежегодная изоляция *V. cholerae* O1 с идентичными, ранее встречающимися штаммами по INDEL- и ПЦР-генотипам из водоемов г. Элисты, которые практически отсутствовали в других субъектах РФ. Это косвенно указывало на наличие благоприятных условий для их сохранения в водных объектах, относящихся к единой водной системе. Приведенные результаты подтверждены при INDEL-генотипировании штаммов 2019 г. на фоне выделенных в других регионах РФ.

Контаминация водных объектов *V. cholerae* O1 с ранее не встречающимися INDEL- и ПЦР-генотипами указывает на возможное их завозное происхождение [25]. О завозе паломниками-буддистами из Индии, Непала штаммов *V. cholerae* O139 серогруппы в регион сказано в работе А.А. Французова и соавт. (2000) [26].

Несмотря на то, что в Республике Калмыкия при наличии воздушного пункта пропуска установлена низкая степень потенциальной эпидемической опасности миграции населения в возможности завоза холеры и отсутствуют транспортные сообщения со странами, неблагополучными по холере [27], при наличии связей с центром буддизма в Тибете [28] существует потенциальная опасность завоза холеры, в том числе обусловленной токсигенными штаммами *V. cholerae* O1.

В 2020 г. из водных объектов *V. cholerae* O1 не были выделены при мониторинговых исследованиях, которые проводились в соответствии с действующими нормативными документами во взаимодействии с Референс-центром. Исключен завоз паломниками из Индии на основании запроса ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Калмыкия» в администрацию Центрального хурула Калмыкии «Золотая обитель Будды Шакьямуни» «О предоставлении сведений относительно поездок буддийских паломнических групп на учения Его Святейшества Далай-ламы. В 2020 г. паломнические группы не выезжали за пределы Российской Федерации ввиду глобальной эпидемиологической обстановки по COVID-19. Определенное значение имели природные (засуха) и гидрологические условия (обмеление) эпидемиологически значимых водных объектов, введение действенного запрета на использование в рекреационных целях водоемов, из которых ранее были выделены *V. cholerae* O1, введение самоизоляции.

**Заключение.** Анализ результатов мониторинга контаминации *V. cholerae* O1 водных объектов в Республике Калмыкия свидетельствует о продолжительном, ежегодном выделении холерных вибрионов в г. Элисте из водных объектов (р. Элистинка, пруды Заячий и Колонский), неблагополучных в экологическом отношении по микробиологическим и санитарно-химическим показателям, предусмотренным гигиеническими нормативами. Это обусловлено сбросом в р. Элистинку в границах города хозяйственно-бытовых сточных вод, в том числе недостаточно очищенных из канализационных очистных сооружений, а также контаминацией *V. cholerae* O1 с водотоками из балок. Следует отметить, что *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> были изолированы преимущественно

в месте сброса сточных вод, что указывает на их завозное происхождение наряду с *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> с INDEL- и ПЦР-генотипами, ранее не встречающимися в данном регионе.

Контаминацию водных объектов *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> и *V. cholerae* O1 ctxA<sup>+</sup> tcpA<sup>+</sup> мы рассматриваем как предпосылки возможного осложнения эпидемиологической ситуации при завозе возбудителя холеры из стран, неблагополучных по холере, с которыми в Республике Калмыкия имеются ежегодные туристические (религиозные) связи. Это диктует необходимость проведения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения в регионе.

#### Список литературы

1. Онищенко Г.Г., Москвитина Э.А., Кругликов В.Д. и др. Эпидемиологический надзор за холерой в России в период седьмой пандемии Вестник Российской академии медицинских наук. 2015. Т. 70. № 2. С. 249–56. doi: 10.15690/vramn.v70i2.1320
2. Смирнова Н.И., Крицкий А.А., Альхова Ж.В. и др. Вариативность генома островов патогенности нетоксигенных штаммов *Vibrio cholerae* O1 биовара Эль Тор // Генетика. 2020. Т. 56. № 9. С. 1018–1033. doi: 10.31857/S0016675820080147
3. Миронова Л.В., Современные представления о закономерностях эпидемического процесса при холере: экологические и молекулярно-биологические аспекты // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2018. Т. 23. № 5. С. 242–250. doi: 10.18821/1560-9529-2018-23-5-242-250
4. Москвитина Э.А., Тюленева Е.Г., Самородова А.В., Кругликов В.Д., Титова С.В. Эпидемиологическая оценка поверхностных водоемов с учетом контаминации их холерными вибрионами O1 и O139 серогрупп как составляющая при определении эпидемического потенциала административной территории // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 7 (292). С. 44–49. doi: 10.35627/2219-5238/2017-292-7-44-49
5. Куликалова Е.С., Урбанович Л.Я., Марков Е.Ю. и др. Связь холерного вибриона с водными организмами и ее значение в эпидемиологии холеры // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2014. № 4 (77). С. 19–25.
6. Меньшикова Е.А., Курбатова Е.М., Титова С.В. Экологические особенности персистенции холерных вибрионов: ретроспективный анализ и современное состояние проблемы // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2020. Т. 97. № 2. С. 165–173. doi: 10.36233/0372-9311-2020-97-2-165-173
7. Мединский Г.М., Ломов Ю.М., Пинигин А.Ф., Голубев Б.П., Алексеев В.В., Левчишина Г.И. Эколого-географические аспекты распространения вибрионов эльтор в объектах окружающей среды на территории бывшего СССР // Холера. Вопросы эпидемиологии, микробиологии и лабораторной диагностики: материалы Российской научной конференции. Ростов-на Дону, 16–19 ноября 1992. С. 36–37.
8. Адамов А.К., Ломов Ю.М., Малеев В.В. и др. Холера в СССР в период седьмой пандемии / Под ред В.И. Покровского. М.: Медицина, 2000. 472 с.
9. Литвин В.Ю., Марамович А.С., Гинцбург А.Л. Стратегия адаптивной изменчивости холерных вибрионов в природных водоемах // Вестник Российской академии медицинских наук. 2001. № 11. С. 20–25.
10. Huq A, Sack RB, Nizam A, et al. Critical factors influencing the occurrence of *Vibrio cholerae* in the environment of Bangladesh. *Appl Environ Microbiol.*

- 2005;71(8):4645–4654. doi: 10.1128/aem.71.8.4645-4654.2005
11. Martinelli Filho JE, Lopes RM, Rivera ING, Colwell RR. Vibrio cholerae O1 detection in estuarine and coastal zooplankton. *J Plankton Res.* 2011;33(1):51–62. doi: 10.1093/plankt/fbq093
  12. Марков Е.Ю., Куликалова Е.С., Урбанович Л.Я. и др. Хитин и продукты его гидролиза в экологии Vibrio cholerae (обзор) // Биохимия. 2015. Т. 80. № 9. С. 1334–1343.
  13. Hounmanou YMG, Leekitcharoenphon P, Hendriksen RS, et al. Surveillance and Genomics of Toxigenic Vibrio cholerae O1 From Fish, Phytoplankton and Water in Lake Victoria, Tanzania. *Front Microbiol.* 2019;10:901. doi: 10.3389/fmicb.2019.00901
  14. Colwell RR. Viable but nonculturable bacteria: a survival strategy. *J Infect Chemother.* 2006;6(2):121–125. doi: 10.1007/PL00012151
  15. Mishra A, Taneja N, Sharma M. Viability kinetics, induction, resuscitation and quantitative real-time polymerase chain reaction analyses of viable but nonculturable Vibrio cholerae O1 in freshwater microcosm. *J Appl Microbiol.* 2012;112(5):945–953. doi: 10.1111/j.1365-2672.2012.05255.x
  16. Bari SMN, Roky MK, Mohiuddin M, Kamruzzaman M, Mekalanos JJ, Faruque SM. Quorum-sensing autoinducers resuscitate dormant Vibrio cholerae in environmental water samples. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2013;110(24):9926–9931. doi: 10.1073/pnas.1307697110
  17. Dalia AB, Lazinski DW, Camilli A. Identification of a membrane-bound transcriptional regulator that links chitin and natural competence in Vibrio cholerae. *MBio.* 2014;5(1):e01028–13. doi: 10.1128/mBio.01028-13
  18. Kaboré S, Cecchi P, Mosser T, et al. Occurrence of Vibrio cholerae in water reservoirs of Burkina Faso. *Res. Microbiol.* 2018;169:1–10. doi:10.1016/j.resmic.2017.08.004
  19. Титова С.В., Монахова Е.В., Алексеева Л.П., Писанов Р.В. Молекулярно-генетические основы биопленкообразования как составляющей персистенции Vibrio cholerae в водоемах Российской Федерации // Экологическая генетика. 2018. Т. 16. № 4. С. 23–32. doi: 10.17816/ecogen16423-32
  20. Islam MSirajul, Zaman MH., Islam MShafiqul, Ahmed NJ, Clemens DM. Environmental Reservoirs of Vibrio Cholerae. *Vaccine.* 2020;38 Suppl1):A52–A62. doi: 10.1016/j.vaccine.2019.06.033
  21. Diner RE, Kaul D, Rabines A, et al. Pathogenic Vibrio Species Are Associated with Distinct Environmental Niches and Planktonic Taxa in Southern California (USA) Aquatic Microbiomes. *mSystems.* 2021;6(4):e0057121. doi: 10.1128/mSystems.00571-21
  22. Naser IB, Shishir TA, Faruque SN, Hoque MM, Hasan A, Faruque SM. Environmental prevalence of toxigenic Vibrio cholerae O1 in Bangladesh coincides with V. cholerae non-O1 non-O139 genetic variants which overproduce autoinducer-2. *PLoS One.* 2021;16(7):e0254068. doi: 10.1371/journal.pone.0254068
  23. Nasreen T, Islam MT, Liang KYH, et al. Dynamic Subspecies Population Structure of Vibrio cholerae in Dhaka, Bangladesh. *Microb. Ecol.* 2021 Oct 11. doi: 10.1007/s00248-021-01838-0 [Online ahead of print]
  24. Pal BB, Nayak SR, Biswal B, Das BK. Environmental reservoirs of Vibrio cholerae serogroups in the flowing freshwater environs from the tribal areas of Odisha, Eastern India. *Environ Microbiol Rep.* 2021;13(2):119–125. doi: 10.1111/1758-2229.12914
  25. Москвитина Э.А., Янович Е.Г., Куриленко М.Л. и др. Холера: мониторинг эпидемиологической обстановки в мире, России (2010–2019 гг.). Прогноз на 2020 год // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 2. С. 38–47. doi: 10.21055/0370-1069-2020-2-38-47
  26. Французов А.А., Подсвиров А.В., Топорков В.П., Яшкулов К.Б. Эпидемиологическая ситуация по холере Бенгал в Республике Калмыкия в 1999 году и прогноз на 2000 год // Природно-очаговые инфекции в Нижнем Поволжье. Волгоград: Изд-во «Принт»: Изд-во «ВолГУ», 2000. С. 302–303.
  27. Тюленева Е.Г., Москвитина Э.А. Эпидемиологическая оценка миграции населения в возможности заноса холеры в субъекты Российской Федерации // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2018. № 3. С. 3–10. doi: 10.36233/0372-9311-2018-3-3-10
  28. Французов А.А., Подсвиров А.В., Дмитриенко В.В., Подсвинова В.В., Оброткин В.В. О случаях завозной холеры в Республику Калмыкия за последние 30 лет // Природно-очаговые особо опасные инфекции на юге России, их профилактика и лабораторная диагностика: сборник научных трудов, посвященный 100-летию Астраханской противочумной станции. Астрахань: ГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Волга», 2001. С. 114–115.

## References

1. Onishchenko GG, Moskvitina EA, Kruglikov VD, et al. Epidemiological surveillance of cholera in Russia during the period of the seventh pandemic. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk.* 2015; 70(2): 249–56. (in Russ.). doi: 10.15690/vramn.v70i2.1320
2. Smirnova NI, Krizkiy AA, Alchonin GW, et al. Variableness of genome of pathogenicity non-toxigenic Vibrio cholerae O1 strains El Tor. *Genetica.* 2020; 56(9). 1018–1033. doi: 10.31857/S0016675820080147
3. Mironova LV. Current conceptions concerning the objective laws of a cholera epidemic process: ecological and molecular biological aspects. *Epidemiologiya i Infektsionnye bolezni.* 2018; 23(5):242–250 (In Russ.). doi:10.18821/1560-9529-2018-23-5-242-250
4. Moskvitina EA, Tyuleneva EG, Samorodova AV, Kruglikov VD, Titova SV. Epidemiological assessment of surface water bodies with the consideration of their contamination by Vibrio cholerae O1 and O139 as a constituent part in determining the epidemic potential of an administrative territory. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2017;(7(292)):44–49. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-292-7-44-49
5. Kulikalova ES, Urbanovich LYa, Markov EYu, et al. Relationship of Vibrio cholerae with water organisms and its significance in cholera epidemiology. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika.* 2014;(4(77)):19–25. (In Russ.)
6. Menshikova EA, Kurbatova EM, Titova SV. Ecological features of the persistence of Vibrio cholerae: retrospective analysis and actual state of the problem. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2020;97(2):165–173. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-2020-97-2-165-173
7. Medinsky GM, Lomov YuM, Pinigin AF, Golubev BP, Alekseenko VV, Levchishina GI Ecological and geographical aspects of the distribution of Eltor vibrios in environmental objects on the territory of the former USSR. Cholera. Issues of epidemiology, microbiology and laboratory diagnostics: materials of the Russian scientific conference. Rostov-on-Don, 12–19 November 1992; 36–37. (In Russ.)
8. Adamov AK, Lomov YuM, Maleev VV, et al.; Cholera in the USSR: the VII pandemic. Ed. VI Pokrovsky. M.: Medicina Publ., 2000 (In Russ.)
9. Litvin VYu, Maramovich AS, Gintsburg AL. [The strategy of adaptive variability of Vibrio cholerae in natural water bodies.]. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk.* 2001;(11):20–25. (In Russ.)
10. Huq A, Sack RB, Nizam A, et al. Critical factors influencing the occurrence of Vibrio cholerae in the environment of Bangladesh. *Appl Environ Microbiol.* 2005;71(8):4645–4654. doi: 10.1128/aem.71.8.4645-4654.2005
11. Martinelli Filho JE, Lopes RM, Rivera ING, Colwell RR. Vibrio cholerae O1 detection in estuarine and coastal zooplankton. *J Plankton Res.* 2011;33(1):51–62. doi: 10.1093/plankt/fbq093

12. Markov EYu, Kulikalova ES, Urbanovich LYa, Vishnyakov VS, Balakhonov SV Chitin and products of its hydrolysis in *Vibrio cholerae* ecology. *Biokhimiya*. 2015;80(9):1334–1343.
13. Hounmanou YMG, Leekitcharoenphon P, Hendriksen RS, *et al.* Surveillance and Genomics of Toxigenic *Vibrio cholerae* O1 From Fish, Phytoplankton and Water in Lake Victoria, Tanzania. *Front Microbiol*. 2019;10:901. doi: 10.3389/fmicb.2019.00901
14. Colwell RR. Viable but nonculturable bacteria: a survival strategy. *J Infect Chemother*. 2006;6(2):121–125. doi: 10.1007/PL00012151
15. Mishra A, Taneja N, Sharma M. Viability kinetics, induction, resuscitation and quantitative real-time polymerase chain reaction analyses of viable but nonculturable *Vibrio cholerae* O1 in freshwater microcosm. *J Appl Microbiol*. 2012;112(5):945–953. doi: 10.1111/j.1365-2672.2012.05255.x
16. Bari SMN, Roky MK, Mohiuddin M, Kamruzzaman M, Mekalanos JJ, Faruque SM Quorum-sensing autoinducers resuscitate dormant *Vibrio cholerae* in environmental water samples. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2013;110(24):9926–9931. doi: 10.1073/pnas.1307697110
17. Dalia AB, Lazinski DW, Camilli A. Identification of a membrane-bound transcriptional regulator that links chitin and natural competence in *Vibrio cholerae*. *MBio*. 2014;5(1):e01028–13. doi: 10.1128/mBio.01028-13
18. Kaboré S, Cecchi P, Mosser T, *et al.* Occurrence of *Vibrio cholerae* in water reservoirs of Burkina Faso. *Res. Microbiol*. 2018;169:1–10. doi:10.1016/j.resmic.2017.08.004
19. Titova SV, Monakhova EV, Alekseeva LP, Pisanov RV. Molecular genetic basis of biofilm formation as a component of *Vibrio cholerae* persistence in water reservoirs of Russian Federation. *Ekologicheskaya Genetika*. 2018;16(4):23–32. (In Russ.) doi: 10.17816/ecogen16423-32
20. Islam MSirajul, Zaman MH., Islam MShafiqul, Ahmed NJ, Clemens DM. Environmental Reservoirs of *Vibrio Cholerae*. *Vaccine*. 2020;38 Suppl1):A52–A62. doi: 10.1016/j.vaccine.2019.06.033
21. Diner RE, Kaul D, Rabines A, *et al.* Pathogenic *Vibrio* Species Are Associated with Distinct Environmental Niches and Planktonic Taxa in Southern California (USA) Aquatic Microbiomes. *mSystems*. 2021;6(4):e0057121. doi: 10.1128/mSystems.00571-21
22. Naser IB, Shishir TA, Faruque SN, Hoque MM, Hasan A, Faruque SM. Environmental prevalence of toxigenic *Vibrio cholerae* O1 in Bangladesh co-incides with *V. cholerae* non-O1 non-O139 genetic variants which overproduce autoinducer-2. *PLoS One*. 2021;16(7):e0254068. doi: 10.1371/journal.pone.0254068
23. Nasreen T, Islam MT, Liang KYH, *et al.* Dynamic Subspecies Population Structure of *Vibrio cholerae* in Dhaka, Bangladesh. *Microb. Ecol*. 2021 Oct 11. doi: 10.1007/s00248-021-01838-0 [Online ahead of print]
24. Pal BB, Nayak SR, Biswal B, Das BK. Environmental reservoirs of *Vibrio cholerae* serogroups in the flowing freshwater environs from the tribal areas of Odisha, Eastern India. *Environ Microbiol Rep*. 2021;13(2):119–125. doi: 10.1111/1758-2229.12914
25. Moskvitina EA, Yanovich EG, Kurilenko MI, *et al.* Cholera: monitoring of epidemiological situation around the world and in Russia (2010–2019). Forecast for 2020. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2020;(2):38–47. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-2-38-47
26. Frantsuzov AA, Podsvirov AV, Toporkov VP, Yashkulov KB. Epidemiological situation on Bengal cholera in the Republic of Kalmykia in 1999 and forecast for 2000. Natural focal infections in the Lower Volga region. Volgograd: «Print» Publ.; «VolGU» Publ;2000:302–303. (In Russ.)
27. Tyuleneva EG, Moskvitina EA. Epidemiological assessment of population migration in the possibility of cholera importation into Russian Federation constituents. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2018;(3):3–10. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-2018-3-3-10
28. Frantsuzov AA, Podsvirov AV, Dmitrienko VV, Podsvirova VV, Obrotkin VV. [On cases of imported cholera in the Republic of Kalmykia over the past 30 years.] In: [Natural Focal Highly Hazardous Infectious Diseases in the South of Russia, Their Prevention and Laboratory Diagnostics]: Collection of Scientific Papers Dedicated to the 100th Anniversary of the Astrakhan Anti-Plague Station. Astrakhan: GUP «Izdatel'sko-poligraficheskii kompleks «Volga» Publ.; 2001:114–115. (In Russ.)

