

Д.А.Левченко, В.Д.Кругликов, И.В.Архангельская, М.И.Ежова, Э.А.Москвитина, С.В.Титова

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА ХОЛЕРНЫХ ВИБРИОНОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА АДМИНИСТРАТИВНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ С ПОМОЩЬЮ ГИС «ХОЛЕРА 1989–2014»

ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт», Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Цель настоящей работы заключалась в сравнительном анализе результатов мониторинговых исследований штаммов *Vibrio cholerae*, выделенных на территориях федеральных округов, входящих в них субъектов и из конкретных водных объектов в период 2006–2016 гг. На основе методологии с использованием пополняемой геоинформационной системы «Холера 1989–2014» проведено сравнительное изучение динамики выделения и биологических свойств 586 штаммов холерных вибрионов O1, O139 и Р-вариантов, изолированных из водных объектов окружающей среды на административных территориях России. В результате установлено, что штаммы *Vibrio cholerae* различных серогрупп обнаруживались на территории всех федеральных округов, но не всех субъектов, входящих в них. Показано, что за изучаемый период наибольшее количество изолированных штаммов было зарегистрировано в Южном федеральном округе. Подавляющее количество штаммов холерных вибрионов, выделенных в стране, являлись нетоксигенными. Отмечено, что на фоне эпидблагополучия продолжалось обнаружение единичных эпидзначимых штаммов (Ростовская область). Штаммы  $ctxA^+tcpA^+$  обнаруживались в Южном, Дальневосточном и Северо-Западном федеральных округах. Установлено, что до 2013 г. в пяти субъектах штаммы холерных вибрионов O1 и O139 в водных объектах не обнаруживались. Нетоксигенные штаммы холерных вибрионов O1 Эль Тор серовара Огава преобладали на территориях Южного и Уральского, а серовара Инаба – на территории остальных федеральных округов. Наиболее часто выделялись нетоксигенные штаммы *Vibrio cholerae* O1 с фаготипом 15, а изоляты с фаготипами 4, 5, 10, 14 и 17 встречались только на территории Южного федерального округа. Полученные данные обозначили подход, способствующий комплексной оценке эпидситуации по холере на территории России, и подчеркнули перспективы применения ГИС для повышения эффективности мониторинга холерных вибрионов в водных объектах окружающей среды.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, федеральные округа России и их субъекты, объекты окружающей среды, холерные вибрионы, фено- и генотип.

Корреспондирующий автор: Левченко Дарья Александровна, e-mail: levchenko\_da@antiplague.ru.

D.A.Levchenko, V.D.Kruglikov, I.V.Arkhangel'skaya, M.I.Ezhova, E.A.Moskvitina, S.V.Titova

## Analysis of the Results of Cholera Vibrios Monitoring in Environmental Objects in the Administrative Territories of the Russian Federation Using GIS “CHOLERA 1989–2014”

Rostov-on-Don Research Anti-Plague Institute, Rostov-on-Don, Russian Federation

**Objective** of the work was to compare the results of monitoring of *Vibrio cholerae* strains isolated in the territories of federal districts, their constituent entities and from certain water bodies between 2006–2016. Based on the methodology, using updated geo-information system “Cholera 1989–2014”, a comparative study of the dynamics of isolation and biological properties of 586 *Vibrio cholerae* O1, O139 strains and R-variants, collected from the surface water bodies in the administrative territories of Russia, was carried out. Eventually it is established that *Vibrio cholerae* strains of various serogroups are found in the territory of all federal districts, but not in all the entities included in them. It is shown that the greatest number of isolated strains was registered in the Southern Federal District. The overwhelming number of *Vibrio cholerae* strains, isolated in the country, were non-toxigenic. It was noted that against the background of epidemiological welfare, the detection of single epidemiologically significant strains continued (Rostov Region).  $ctxA^+tcpA^+$  strains were found in the Southern, Far Eastern and North-Western Federal Districts. It is established that until 2013 in five constituent entities strains of *Vibrio cholerae* O1 and O139 in water bodies were not detected. Non-toxigenic strains of *Vibrio cholerae* O1 El Tor Ogawa serovar prevailed in the territories of the Southern and Ural, and Inaba serovar – in the remaining Federal Districts. The most frequently isolated were non-toxigenic *Vibrio cholerae* O1 strains with phagotype 15, while isolates with phagotypes 4, 5, 10, 14 and 17 were traced only in the Southern Federal District. The data obtained formed the basis of the approach that contributes to a comprehensive assessment of the epidemiological situation on cholera in the territory of Russia and highlighted the prospects for using GIS to improve the effectiveness of cholera vibrio monitoring in surface water bodies.

**Key words:** geo-information system, Federal Districts of Russia and their constituent entities, environmental objects, *Vibrio cholerae*, pheno- and genotypes.

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

**Funding:** The authors received no specific funding for this work.

Corresponding author: Dar'ya A. Levchenko, e-mail: levchenko\_da@antiplague.ru.

**Citation:** Levchenko D.A., Kruglikov V.D., Arkhangel'skaya I.V., Ezhova M.I., Moskvitina E.A., Titova S.V. Analysis of the Results of Cholera Vibrios Monitoring in Environmental Objects in the Administrative Territories of the Russian Federation Using GIS “CHOLERA 1989–2014”. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2017; 4:99–102. (In Russ.). DOI: 10.21055/0370-1069-2017-4-99-102

С позиции многофакторной оценки эпидемиологической ситуации по холере в нашей стране представляется целесообразным проведение выборочного анализа комплексных результатов мониторинга холерных вибрионов в объектах окружающей среды (ООС) на основе административного деления территории Российской Федерации (РФ), в частности, за последнее десятилетие.

Цель настоящей работы заключалась в сравнительном анализе результатов мониторинговых исследований по параметрам, характеризующим количество и биологические свойства штаммов *Vibrio cholerae* различных серогрупп и токсигенности, выделенных на территориях федеральных округов (ФО), входящих в них субъектов и из конкретных водных объектов в период 2006–2016 гг.

В работе использовано 586 штаммов холерных вибрионов с различной фенотипической и генетической характеристикой, идентифицированных в референс-центре по мониторингу холеры на территории Российской Федерации. Выборку штаммов по заданным параметрам осуществляли с помощью авторской пополняемой геоинформационной системы (ГИС) «Холера 1989–2014» [1, 2]. В ГИС вошли данные по ретроспективному анализу динамики выделения, характеристике фено- и генотипических свойств ранее изолированных штаммов, а также по количественной динамике обнаружения и результатам идентификации вновь выделенных штаммов на разных административных территориях нашей страны в 2015 и 2016 гг. [3].

При проведении анализа результатов мониторинга холерных вибрионов в ООС на территории России, в первую очередь, нами установлено, что из 586 штаммов *V. cholerae*, выделенных из ООС за изучаемый период, наибольшее их количество (398) обнаружено на территории Южного федерального округа (ЮФО). Обобщение данных по анализу динамики выделения *V. cholerae* на территории ЮФО по субъектам и конкретным ООС показало, что с 2006 по 2016 год изолировано наибольшее количество на территории шести субъектов: Республик Калмыкия и Крым, Краснодарского края, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областей. В Республике Калмыкия нетоксигенные штаммы холерных вибрионов O1 Эль Тор и Р-вариант выделены из девяти ООС. Наибольшее количество культур *V. cholerae* O1 El Tor выделено из пр. Заячий (79 штаммов). Кроме того, среди изолированных нетоксигенных штаммов холерных вибрионов O1 Эль Тор обнаружены 18 штаммов с генетической характеристикой  $ctx\text{-}tcpA^+$ . Краснодарский край условно занимал второе место по количеству выделенных из ООС нетоксигенных штаммов холерных вибрионов O1 Эль Тор. Так, наряду с выделением трех штаммов *V. cholerae* O1 Ogawa из р. Агура в 2007 г. и по одному штамму *V. cholerae* O1 Inaba из р. Мацеста в 2007 г. и из Азовского моря в 2013 г., стоит отметить, что в 2015 г. в референс-центре идентифицировано 98 нетоксигенных штам-

мов *V. cholerae* O1 El Tor Inaba одного клона, изолированных из р. Агура в течение трех месяцев, что связано с созданием на то время благоприятных условий для роста и размножения этих микроорганизмов. В 2016 г. на данной территории штаммов *V. cholerae* O1 El Tor не выделено [3]. Ростовская область (РО) за исследуемый период занимала третье место по количеству выделенных штаммов холерных вибрионов O1 из ООС из рек Дон и Темерник. Только на территории данного субъекта на фоне эпидемического благополучия регистрировалось обнаружение токсигенных штаммов *V. cholerae* O1 El Tor Inaba (по одному в 2011 г. – Азовское море, Таганрогский залив пляж «Солнечный» и в 2014 г. – р. Темерник соответственно). А также были установлены случаи выделения штаммов холерных вибрионов O1 Эль Тор с генетической характеристикой  $ctxA\text{-}tcpA^+$  (семь). На территории Республики Крым из ООС выделено четыре нетоксигенных штамма, из которых три – *V. cholerae* O1 El Tor Inaba (р. Салгир, 2014 г.) и один – *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa (р. Водопадная, 2016 г.). На территории Астраханской области изолировано пять нетоксигенных штаммов холерных вибрионов O1 Inaba Эль Тор (три – из р. Волга и два – из р. Енотаевка, 2012 г.). В Волгоградской области – три нетоксигенных штамма *V. cholerae* O1 Inaba El Tor (два – из р. Сухона и одна – из р. Човка, 2010 г.).

На территории ДФО установлено выделение 48 нетоксигенных штаммов холерных вибрионов O1 Эль Тор из открытых водоемов трех субъектов РФ: Республика Саха (Якутия), Приморский и Хабаровский края. Территория Приморского края занимала четвертое место по количественному обнаружению штаммов холерных вибрионов O1 и Р-вариант в ООС (40 штаммов). Из ООС Хабаровского края изолировано шесть нетоксигенных штаммов холерных вибрионов: два штамма *V. cholerae* Р-вариант из р. Амур – 2006 г., один штамм *V. cholerae* O1 El Tor Inaba из р. Черная – 2006 г., два штамма *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa ( $ctxA\text{-}tcpA^+$ ) из р. Черная – 2013 г. и один штамм с такой же характеристикой изолирован из стоков – 2016 г. На территории Республики Саха за исследуемый период только в 2009 г. выделено по одному штамму холерных вибрионов O1 Эль Тор Огава из двух озер (Сергилях и Хатынг-Юрях).

На территории Сибирского федерального округа (СФО), по данным ГИС, за исследуемый период выделено 65 нетоксигенных штаммов холерных вибрионов Эль Тор из ООС в шести субъектах, входящих в состав данного округа: Республики Бурятия, Алтайский, Забайкальский края, Иркутская, Кемеровская, Новосибирская области. В Иркутской области изолировано 24 нетоксигенных штаммов холерных вибрионов с различной фенотипической характеристикой, а именно: 17 штаммов *V. cholerae* O1 Inaba El Tor обнаружено в следующих ООС: р. Ангара (пять штаммов в 2011 г. и один – в 2015 г.), р. Ушаковка (один – в 2009 г.), р. Сарафановка (че-

тыре – в 2010 г., два – в 2013 г.), р. Иркут (один – в 2010 г.), р. Белая (один – в 2011 г.), а также озеро у храма Михаила Архангела (два – в 2010 г.). Одна культура *V. cholerae* O1 Ogawa El Tor была изолирована из р. Ангара в 2009 г. Нетоксигенные штаммы холерных вибрионов O139 и Р-варианта выделены из р. Ангара в 2006 г. (пять и один соответственно). В Новосибирской области в 2006 г. из р. Обь было выделено по одному штамму *V. cholerae* O1 Ogawa El Tor и Р-вариант. На территории Забайкальского края из открытых водоемов изолирован 33 нетоксигенных штамма холерных вибрионов. Культуры холерных вибрионов O1 Инаба Эль Тор изолированы из следующих ООС: р. Борзянка (один – в 2008 г.), р. Ингода (по одному – 2008 и 2015 гг.), р. Борзя (десять – в 2016 г., по два – в 2010 и 2015 гг., по одному – в 2009, 2011, 2012 гг. соответственно), р. Читинка (три – в 2015 г., один – в 2016 г.), оз. Кенон (два – в 2013 г. и по одному штамму в 2014 и 2015 гг.), оз. Харанор (один – в 2012 г.). А также установлено выделение штаммов *V. cholerae* O1 Ogawa El Tor из рек Читинка (два – в 2009 г.) и Борзя (по одному в 2012 и 2013 гг. соответственно). На территории Алтайского края из ООС изолировано по одному штамму *V. cholerae* O1 El Tor Inaba из р. Обь в 2009 г. и *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa из р. Барнаул в 2011 г. В Кемеровской области в 2011 г. выделено два штамма холерных вибрионов O1 Инаба Эль Тор из рек Бачат и Малый Бачат. Что касается Республики Бурятия, то за изучаемый период из р. Селенга выделено два нетоксигенных штаммов *V. cholerae* O1 El Tor Inaba в 2013 г. *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa в 2016 г.

На территории Приволжского федерального округа (ПФО) изолировано 14 штаммов нетоксигенных холерных вибрионов на двух административных территориях (Республика Татарстан и Кировская область). Из ООС Кировской области выделено девять нетоксигенных штаммов холерных вибрионов из р. Вятка: четыре штамма холерных вибрионов O1 Эль Тор Инаба в 2002 г. и пять – в 2007 г. На территории Республики Татарстан изолировано пять нетоксигенных штаммов холерных вибрионов O1 Инаба Эль Тор из следующих водоемов рек: Меша (три штамма – в 2011 г.), Волга (один – в 2012 г.), Ик (один – в 2016 г.).

В Центральном федеральном округе (ЦФО) в разные годы выделен 21 штамм холерного вибриона на территории трех субъектов: Воронежская, Липецкая, Московская области. Наибольшее количество штаммов *V. cholerae* (12) изолировано в Московской области. Установлено выделение культур холерных вибрионов O139 серогруппы из р. Москва в 2006 и 2008 гг. (по одному штамму соответственно). В 2011 г. отмечено выделение штаммов *V. cholerae* O1 Inaba El Tor (один штамм) и *V. cholerae* O1 Ogawa El Tor (шесть штаммов). В 2012 г. выделен один штамм холерного вибриона O1 Огава Эль Тор из р. Москва. Обнаружены единичные случаи выделения нетоксигенных культур холерных вибрионов

O1 Инаба Эль Тор в 2014 г. из Курьяновской станции аэрации и в г. Рыбное. На территории Воронежской области из ООС в 2007 г. изолировано восемь нетоксигенных штаммов холерных вибрионов O1 Эль Тор Инаба из р. Битюг. Из водоемов Липецкой области в 2011 г. изолирована одна нетоксигенная культура *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa.

На территории Уральского федерального округа (УФО) выделено 26 нетоксигенных штаммов холерных вибрионов на территории трех субъектов (Свердловская, Тюменская и Челябинская области). Из водоемов Свердловской области изолировано девять штаммов со следующими фенотипическими характеристиками: пять культур холерных вибрионов O1 Эль Тор Огава (оз. Червяное, 2008 г.), четыре штамма *V. cholerae* O1 El Tor Inaba (Калиновские разрезы – 2016 г.). На территории Тюменской области выделено 14 штаммов, из которых 13 относились к *V. cholerae* O1 Ogawa El Tor (оз. Верхнее Кривое, 2012 г.), а одна культура холерного вибриона O1 Эль Тор Инаба, которая была выделена из стоков в 2008 г. Из ООС Челябинской области изолировано три штамма *V. cholerae* O1 Inaba El Tor, из пруда пос. Кирзавод (один – в 2012 г.), оз. Курочкино (один – в 2015 г.) и Мостки (один – в 2016 г.).

На территории Северо-Кавказского федерального округа (С-КФО) в 2006 г. в водоемах Ставропольского края обнаружено четыре нетоксигенных штамма холерных вибрионов O1 Эль Тор Инаба: из рек Подкумок (три) и Кума (один).

На территории Северо-Западного федерального округа (С-ЗФО) изолировано десять штаммов холерных вибрионов, выделенных на территориях пяти субъектов (Республика Коми, Архангельская, Калининградская, Ленинградская, Псковская области). В ООС Ленинградской, Псковской и Архангельской областей выделено по одному штамму холерных вибрионов O1 Эль Тор Инаба из рек Нева (2009 г.), Великая (2014 г.) и Северная Двина (2009 г.). На территории Калининградской области изолировано два штамма *V. cholerae* O1 Inaba El Tor из р. Неман (2014 г.). В Республике Коми в 2013 г. обнаружены четыре штамма холерных вибрионов O1 Эль Тор Инаба (три – из р. Вычегда и один – из р. Сысола). В 2016 г. из р. Вычегда выделен штамм *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa (ctxA<sup>-</sup>tcpA<sup>+</sup>).

Таким образом, в результате проведенного анализа результатов мониторинга холерных вибрионов из ООС на основе административного деления территории России установлено, что штаммы *V. cholerae* различных серогрупп обнаруживались на территории всех ФО РФ, но не всех субъектов, входящих в них. Показано, что за период 2006–2016 гг. наибольшее количество изолированных штаммов зарегистрировано в ЮФО. Подавляющее количество штаммов холерных вибрионов O1, O139 и Р-варианта являлись нетоксигенными (584 из 586). Среди них встречались штаммы холерных вибрионов с генетической характеристикой ctxA<sup>-</sup>tcpA<sup>+</sup> только в ЮФО,

ДФО и СЗФО. Холерные вибрионы O139 серогруппы с 2013 по 2016 год из ООС на всех административных территориях РФ не выделены. Полученные данные, определившие новизну исследования, обозначили подход, способствующий комплексному и конкретному отражению эпидситуации по холере на территории России, и подчеркнули перспективы применения ГИС для повышения эффективности мониторинга ООС на *V. cholerae*.

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

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубкова Д.А., Кругликов В.Д., Архангельская И.В., Водопьянов А.С., Непомнящая Н.Б., Водопьянов С.О. Генетические особенности штаммов холерных вибрионов O1 серогруппы *ctxA tcpA*<sup>+</sup>, выделенных из водных объектов РФ, охарактеризованные с помощью новой геоинформационной системы. *Здоровье населения и среда обитания*. 2014; 9:32–5.
2. Зубкова Д.А., Кругликов В.Д., Водопьянов А.С., Непомнящая Н.Б., Шестиалтынова И.С., Архангельская И.В., Ежова М.И., Ускова Н.Н. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621055. Геоинформационная система «Холера 1989–2014».
3. Титова С.В., Москвитина Э.А., Кругликов В.Д., Самородова А.В., Тюленева Е.Г., Монахова Е.В., Писанов Р.В., Водопьянов А.С., Архангельская И.В., Иванова С.М., Ковалева Т.В., Водопьянов С.О. Холера: оценка эпидемиологической об-

становки в мире и России в 2006–2015 гг. Прогноз на 2016 г. *Пробл. особо опасных инф.* 2016; 1:20–7. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-1-20-27.

#### References

1. Zubkova D.A., Kruglikov V.D., Arkhangel'skaya I.V., Vodop'yanov A.S., Nepomnyashchaya N.B., Vodop'yanov S.O. [Genetic peculiarities of cholera vibrio O1 strains *ctxA tcpA*<sup>+</sup>, isolated from surface water bodies of the Russian Federation, characterized using new geo-information system]. *Zdor. Naselen. Sreda Obit.* 2014; 9:32–5.
2. Zubkova D.A., Kruglikov V.D., Vodop'yanov A.S., Nepomnyashchaya N.B., Shestialtynova I.S., Arkhangel'skaya I.V., Ezhova M.I., Uskova N.N. [Certificate of the State Registration of a database No 2014621055. Geo-information system "Cholera 1989–2014"].
3. Titova S.V., Moskvitina E.A., Kruglikov V.D., Samorodova A.V., Tyuleneva E.G., Monakhova E.V., Pisanov R.V., Vodop'yanov A.S., Arkhangel'skaya I.V., Ivanova S.M., Kovaleva T.V., Vodop'yanov S.O. [Cholera: Analysis of Epidemiological Situation across the World and in Russia within a Period of 2006–2015]. *Probl. Osobo Opasn. Infek.* 2016; 1: 20–7. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-1-20-27.

#### Authors:

Levchenko D.A., Kruglikov V.D., Arkhangel'skaya I.V., Ezhova M.I., Moskvitina E.A., Titova S.V. Rostov-on-Don Research Anti-Plague Institute. 117/40, M.Gor'kogo St., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation. E-mail: plague@aaanet.ru.

#### Об авторах:

Левченко Д.А., Кругликов В.Д., Архангельская И.В., Ежова М.И., Москвитина Э.А., Титова С.В. Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 344002, Ростов-на-Дону, ул. М.Горького, 117/40. E-mail: plague@aaanet.ru.

Поступила 07.03.17.