

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

## Пространственная визуализация данных по антибиотикорезистентности штаммов холерных вибрионов, изолированных на территории России

Селянская Н.А.<sup>✉</sup>, Березняк Е.А., Тришина А.В., Симонова И.Р., Егиазарян Л.А., Водопьянов А.С.

ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, 344002, Ростов-на-Дону, Россия

**Цель.** Разработка интегрированной онлайн, пополняемой и обновляемой географической информационной системы (ГИС) для систематизации и анализа сведений об антибиотикорезистентности *V. cholerae* El Tor.

**Материал и методы.** Методом серийных разведений в плотной питательной среде (МУК 4.2.2495-09) определяли чувствительность/устойчивость к 22 антибактериальным препаратам штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, выделенных от людей и из водных объектов на территории России в 2005–2016 гг. Разработку интернет-версии ГИС проводили с использованием языков программирования HTML, JavaScript и PHP и картографических данных, полученных от корпорации «Ростелеком» и сообщества OpenStreetMap.

**Результаты.** Сравнительный анализ антибиотикорезистентности штаммов по субъектам РФ и по времени выделения показал увеличение в 2012–2016 гг. числа штаммов, устойчивых к стрептомицину, ампициллину, рифампицину, фуразолидону, появление в 2012–2016 гг. культур, резистентных к налидиксовой кислоте и цефтриаксону, снижение устойчивости к триметоприму/сульфаметоксазолу по сравнению с 2005–2009 гг. В Ставропольском крае выделенные *V. cholerae* O1 El Tor характеризовались резистентностью к фуразолидону (33,3%) и триметоприму/сульфаметоксазолу (100%), в Приморском крае — к ампициллину, стрептомицину, рифампицину (7%), фуразолидону (43%), триметоприму/сульфаметоксазолу (100%), в Иркутской области и Калмыкии — к ампициллину (8,3% и 11%), фуразолидону и триметоприму/сульфаметоксазолу (11% и 89%).

**Заключение.** Разработанная ГИС позволяет осуществлять сбор и анализ информации об антибиотикорезистентности *V. cholerae* O1 El Tor, проводить выборку штаммов по заданным свойствам.

**Ключевые слова:** ГИС; холера; антибиотикорезистентность.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Селянская Н.А., Березняк Е.А., Тришина А.В., Симонова И.Р., Егиазарян Л.А., Водопьянов А.С. Пространственная визуализация данных по антибиотикорезистентности штаммов холерных вибрионов, изолированных на территории России. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2020; 97(1): 47–54.

DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-1-47-54>

Поступила 06.04.2019

Принята в печать 18.12.2019

## Spatial Visualization of Data on the Antibiotic Resistance of *Vibrio cholerae* Strains Isolated in Russia

Nadezhda A. Selyanskaya<sup>✉</sup>, Elena A. Bereznyak, Alyona V. Trishina, Irina R. Simonova, Liana A. Egiazaryan, Alexey S. Vodopyanov

Rostov-on-Don Anti-Plague Institute, Rostov-on-Don 344002, Russia

**Aim.** The aim was to develop an integrated online and updated geographic information system (GIS) for the systematization and analysis of information on *V. cholerae* El Tor antibiotic resistance.

**Material and methods.** The method of serial dilutions in a dense nutrient medium (MUK 4.2.2495-09) was used to determine the sensitivity/resistance to 22 antibacterial preparations of *V. cholerae* O1 El Tor strains isolated from people and from aquatic environmental objects in Russia in 2005–2016. The development of the Internet version of the GIS was carried out using programming languages HTML, JavaScript and PHP and cartographic data obtained from the corporation Rostelecom (Russia) and the community OpenStreetMap.

**Results.** A comparative analysis of the antibiotic resistance of the strains by regions of the Russian Federation and by isolation time showed an increase of strains resistant to streptomycin, ampicillin, rifampicin and furazolidone, the appearance of cultures resistant to nalidixic acid and ceftriaxone, reduced resistance to trimethoprim/sulfamethoxazole in 2012–2016 compared to 2005–2009. In the Stavropol Krai, the isolated *V. cholerae* O1 El Tor were characterized by resistance to furazolidone (33.3%) and trimethoprim/sulfamethoxazole (100%); in the Primorsky Krai — to ampicillin, streptomycin, rifampicin (7%), furazolidone (43%), trimethoprim/sulfamethoxazole (100%); in the Irkutsk region and Kalmykia, to ampicillin (8.3% and 11%), furazolidone and trimethoprim/sulfamethoxazole (11% and 89%).

**Conclusion.** The GIS developed allows to collect and analyze information on the antibiotic resistance of *V. cholerae* O1 El Tor, and to select the strains for given properties.

**Keywords:** GIS; cholera; antibiotic resistance.

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**For citation:** Selyanskaya N.A., Bereznyak E.A., Trishina A.V., Simonova I.R., Egiazaryan L.A., Vodopyanov A.S. Spatial Visualization of Data on the Antibiotic Resistance of *Vibrio cholerae* Strains Isolated in Russia. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* = *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology, Russian journal*. 2020; 97(1): 47–54. (In Russ.).  
DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-1-47-54>

Received 6 April 2019

Accepted 18 December 2019

## Введение

В современных условиях проблема лекарственной устойчивости микроорганизмов приобрела глобальный характер. Широкое распространение штаммов микроорганизмов с резистентностью к антимикробным препаратам потребовало создания в ряде стран национальных программ мониторинга и минимизации антибиотикорезистентности (АБР), внедрения комплекса аналитических исследований и организованных мероприятий по проведению динамического мониторинга за структурой и уровнем лекарственной устойчивости микроорганизмов.

Всемирная организация здравоохранения определила эпидемиологический надзор за устойчивостью к антибактериальным препаратам как одно из основных направлений Глобальной стратегии ВОЗ по сдерживанию АБР<sup>1</sup>. В Европе этой проблемой занимается специальная Исследовательская группа по надзору за антимикробной резистентностью Европейского общества по клинической микробиологии и инфекционным болезням (ESCMID Study Group for Antimicrobial Resistance Surveillance).

В России на базе НИИ антимикробной химиотерапии ФГБОУ ВО «Смоленская государственная медицинская академия» с 2000 г. функционирует научно-методический центр по мониторингу АБР [1]. Активное участие в работе по формированию правильного применения противомикробных препаратов на национальном, региональном и международном уровнях принимает Роспотребнадзор, который в настоящее время разрабатывает план мероприятий по реализации «Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденной Правительством РФ в 2017 г., а также начал реализацию проекта «Совершенствование мер борьбы и профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи», в рамках которого уделяется значительное внимание вопросам изучения АБР, разработке и внедрению мероприятий по ее сдерживанию на глобальном и региональном уровнях.

<sup>1</sup> Глобальная стратегия ВОЗ по сдерживанию устойчивости к антимикробным средствам. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2001.  
URL: <http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO> (дата обращения: 20.10.2014).

Во многих странах для систематического сбора и анализа данных, количественной оценки распространенности АБР и ее динамики внедрены «интерактивные» системы мониторинга АБР. Широко применяются географические информационные системы (ГИС), которые позволяют анализировать большой набор данных со сложной структурой, делать быстрые интерактивные запросы о свойствах объектов. Благодаря возможности комбинировать пространственные и эпидемиологические данные ГИС способны визуализировать обработанную информацию в виде карт, картодиаграмм, трехмерных и анимированных изображений в понятной и удобной для пользователя форме [2]. Карты пользуются большим спросом в качестве средств визуализации информации, а создание онлайн-версий ГИС, размещаемых в интернете, делает их доступными широкому кругу пользователей. Так, возможность интерактивного анализа и/или представления данных мониторинга АБР ряда инфекций заложена в специализированных программах EARS-Net<sup>2</sup>, CDDEP ResistanceMap<sup>3</sup>, SGSS<sup>4</sup>, NNIS system, ATLAS<sup>5</sup>, SMART<sup>6</sup>, WHONET<sup>7</sup>. В России разработан интернет-ресурс AMRmap<sup>8</sup> по мониторингу АБР клини-

<sup>2</sup> ECDC. European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net).

URL: <http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/antimicrobial-resistance-and-consumption/antimicrobial-resistance/EARS-Net/Pages/EARS-Net.aspx> (дата обращения: 11.07.2016).

<sup>3</sup> CDDEP. ResistanceMap. Antibiotic Resistance.

URL: <https://resistancemap.cddep.org/AntibioticResistance.php> (дата обращения: 12.12.2015).

<sup>4</sup> Public Health England. Second Generation Surveillance System (SGSS).

URL: <https://sgss.phe.org.uk/Security/Register> (дата обращения: 09.12.2016).

<sup>5</sup> Pfizer. ATLAS: Antimicrobial Testing Leadership and Surveillance.

URL: <https://atlas-surveillance.com> (дата обращения: 01.05.2017).

<sup>6</sup> MSD. SMART: Study For Monitoring Antimicrobial Resistance Trends.

URL: <http://www.globalSMARTsite.com> (дата обращения: 11.07.2016).

<sup>7</sup> CDC. Antibiotic Resistance Patient Safety Atlas – Data on Antibiotic-Resistant Healthcare-Associated Infections.  
URL: <http://gis.cdc.gov/grasp/PSA/MapView.html> (дата обращения: 09.12.2016).

<sup>8</sup> Онлайн-платформа анализа данных резистентности к антимикробным препаратам в России.

URL: <http://map.antibiotic.ru>

чески значимых микроорганизмов, содержащий набор инструментов для визуализации данных о чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам и распространенности основных генетических детерминант АБР [3].

Использование информационных технологий в мониторинге холеры позволило создать базы данных (БД):

- «Справочник-кадастр» выделения вибрионов на территории бывшего СССР (1970–1988 гг.);
- БД ГИС «Распространение холерных вибрионов в объектах окружающей среды на территории Российской Федерации в 2005–2008 годах»;
- БД «Холера Эль Тор. Эпидемиологический анализ заболеваемости в СНГ»;
- «Штаммы *Vibrio cholerae*»;
- «Распространение холерных вибрионов в объектах окружающей среды на территории Российской Федерации в 1989–2014 гг.»;
- «Холерные вибрионы не O1/не O139 серогрупп, циркулирующие в Ростовской области»;
- «Холера Штаммы VNTR»;
- БД ГИС «Холера 1989–2014» и др. [4–12].

На основе разработанных БД и ГИС по проблеме «Холера» ведется ежегодная оценка эпидемиологической обстановки по холере на глобальном и территориальном уровнях, осуществляется анализ фено- и генотипических свойств холерных вибрионов в аспекте многолетних данных об их циркуляции в водных объектах окружающей среды на территории России [13–15]. Наличие онлайн-версий данных ГИС и интегрированность в геоинформационный портал Ростовского-на-Дону противочумного института Роспотребнадзора делает их доступными широкому кругу пользователей.

Сообщения о циркуляции устойчивых к антимикробным препаратам штаммов *Vibrio cholerae* в различных странах, завоз холеры с выделением возбудителей от больных и из объектов окружающей среды на территории России [16, 17] свидетельствуют о необходимости проведения мониторинга антимикробной резистентности в рамках эпидемиологического надзора за холерой с целью получения информации о распространении, характере и динамике АБР в конкретный период времени на данной территории, что необходимо для разработки и внедрения более эффективных подходов к лечению, сдерживанию появления и распространения антимикробной резистентности на локальном, региональном, национальном и международном уровнях. Однако до настоящего времени в Интернете в формате пространственной визуализации не были представлены данные по устойчивости/чувствительности к антибактериальным препара-

там штаммов холерных вибрионов, выделенных на территории России.

**Цель работы** — разработка интегрированной онлайн пополняемой и обновляемой ГИС для систематизации и анализа сведений об АБР *V. cholerae* El Tor.

## Материал и методы

Работа проводилась на 285 штаммах *V. cholerae* O1 El Tor, выделенных на территории России в 2005–2016 гг.:

- 1) от людей (8 штаммов *V. cholerae* O1 El Tor  $ctxA^+tcpA^+$ , выделенных в 2006 г. в Мурманской области, в 2010, 2012, 2014 гг. в Москве);
- 2) из объектов окружающей среды:
  - 251 штамм *V. cholerae* O1 El Tor  $ctxA^-tcpA^-$ , выделенный в Алтайском, Приморском, Забайкальском, Ставропольском, Краснодарском краях, Иркутской, Кемеровской, Хабаровской, Тюменской, Ростовской, Воронежской областях, Республиках Калмыкия и Крым;
  - 24 штамма *V. cholerae* O1 El Tor  $ctxA^-tcpA^+$ , выделенных в Ростовской области, Республике Калмыкия, Алтайском крае, Хабаровском крае;
  - 2 штамма  $ctxA^+tcpA^+$ , выделенных в 2011, 2014 гг. в Ростовской области, которые хранились в Музее живых культур Ростовского-на-Дону противочумного института.

Чувствительность/устойчивость штаммов к 22 антибактериальным препаратам определяли методом серийных разведений в плотной питательной среде в соответствии с МУК 4.2.2495-09<sup>9</sup>. Контролем служили антибиотикочувствительные штаммы *V. cholerae* O1 El Tor P-5879 ( $ctxA^+tcpA^+$ , выделен от больного в Ростовской области в 1972 г.) и *V. cholerae* non O1/non O139 P-9741 (KM162) ( $ctxA^-tcpA^-$ , выделен из воды в Ростовской области в 1979 г.).

В работе использованы антибактериальные препараты: тетрациклин, доксициклин, левомицетин, рифампицин, гентамицин, канамицин, амикацин, стрептомицин, ампициллин, цефтриаксон, цефотаксим, полимиксин, ципрофлоксацин, пefлоксацин, офлоксацин, норфлоксацин, левофлоксацин, ломефлоксацин, моксифлоксацин, фуразолидон, триметоприм/сульфаметоксазол — отечественного производства (ПАО «Биохимик», ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов», ООО «Барнаулский завод медицинских препаратов», ОАО «Фармстандарт Томск химфарм», АО «Фармсинтез», ЗАО «Фармацевтическое предприятие «Оболенское», ОАО «Синтез», ООО «Озон»); налидик-

<sup>9</sup> Определение чувствительности возбудителей опасных бактериальных инфекций (чума, сибирская язва, холера, туляремия, бруцеллез, сап, мелиоидоз) к антибактериальным препаратам 4.2.2495-09. — Москва, 2009. 59 с.

совая кислота (невиграмон, «Sanofi Aventis», Венгрия).

Разработку интернет-версии ГИС проводили с использованием языков программирования HTML, JavaScript и PHP. В качестве ядра служила свободно распространяемая библиотека Leaflet, написанная на языке JavaScript. Для визуализации данных применяли карты, полученные от корпорации «Ростелеком» (Россия) и сообщества OpenStreetMap.

Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel. Статистическую значимость различий доли резистентных штаммов оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента при уровне значимости  $\alpha < 0,05$ .

## Результаты

Определены чувствительность/устойчивость к антибактериальным препаратам штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, выделенных на территории России в 2005–2016 гг., наличие культур с различным спектром устойчивости: к левомицетину (минимальная подавляющая концентрация (МПК) = 16 мг/л), стрептомицину (МПК = 128 мг/л), гентамицину (МПК = 8 мг/л), ампициллину (МПК = 128 мг/л), цефтриаксону (МПК = 4 мг/л), рифампицину (МПК = 32 мг/л), триметоприму/сульфаметоксазолу (МПК = 64/320 мг/л), фуразолидону (МПК = 16–64 мг/л), налидиксовой кислоте (МПК = 128 мг/л) и с повышенными значениями МПК ципрофлоксацина (МПК = 0,01 мг/л).

Сведения об антибиотикочувствительности штаммов *V. cholerae* были внесены в электронные таблицы, которые послужили основой для создания авторской пополняемой базы данных ГИС «Антибиотикорезистентность холерных вибрионов Эль Тор, выделенных на территории Российской Федерации» [18], интегрированной в геоинформационный портал Ростовского-на-Дону противочумного института Роспотребнадзора<sup>10</sup>.

Информация, представленная в ГИС, включает: род и вид микроорганизма (*V. cholerae* O1 El Tor), наличие либо отсутствие генов *ctx* и *tcp*, год выделения, источник выделения, наименование территории, на которой были изолированы культуры, номера штаммов, присвоенные в Музее живых культур Ростовского-на-Дону противочумного института Роспотребнадзора, чувствительность либо устойчивость к антибактериальным препаратам.

Главная страница ГИС представляет собой интерактивную карту с обозначенными на ней местами выделения штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, которые включают Алтайский, Приморский, Забайкальский, Ставропольский, Хабаровский, Краснодарский края, Иркутскую, Кемеровскую,

Свердловскую, Челябинскую, Тюменскую, Ростовскую, Рязанскую, Воронежскую, Астраханскую области, г. Москву, Республики Татарстан, Калмыкия и Крым. Несколько штаммов, сгруппированных вместе, отображаются кружком, при этом в центре указывается, сколько именно штаммов входит в эту группу. Отдельные штаммы обозначены звездочками. Имеется возможность получения информации (номер штамма, дата, место и источник выделения, генотип) о каждом из штаммов в отдельном диалоговом окне. Рассматривая характеристики штаммов более детально, можно определить число штаммов, изолированных от людей и из водных объектов, а также наличие или отсутствие в них генов *ctx* и *tcp*.

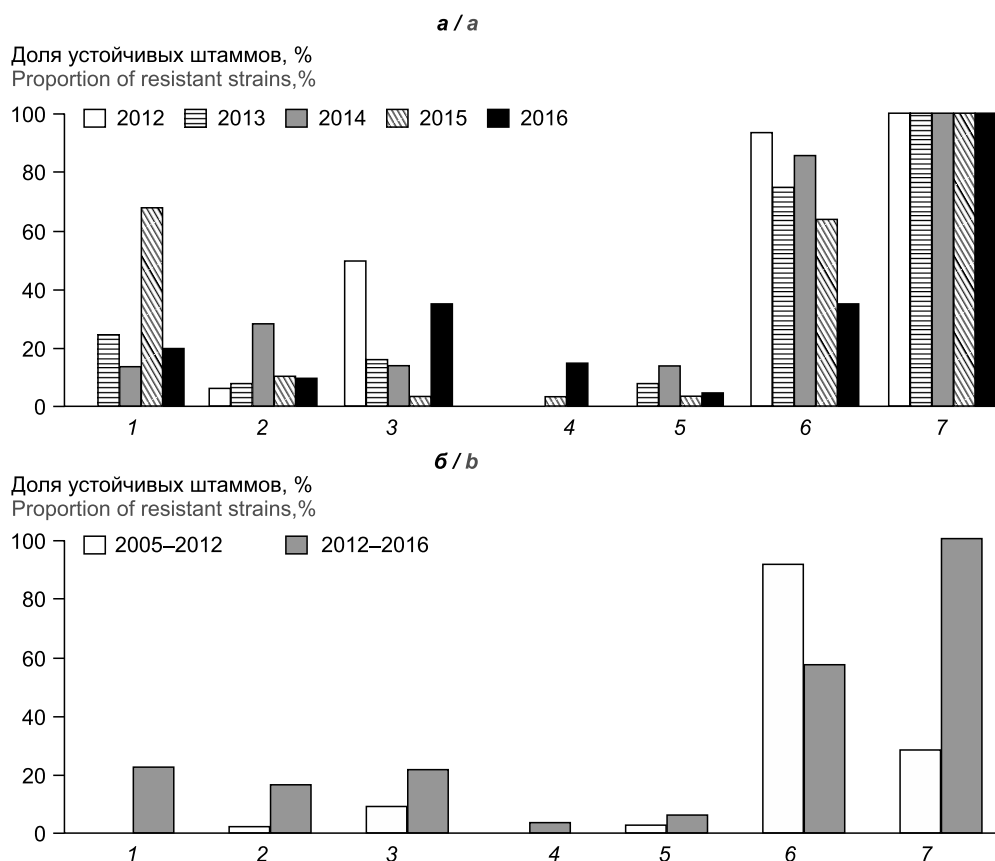
Работа с ГИС позволяет выбирать для отображения в необходимом масштабе «административные границы регионов Российской Федерации» либо «Ростовскую область».

ГИС содержит параметры для поиска штаммов, которые включают год выделения (либо несколько лет), название антибактериальных препаратов, резистентность к которым интересует пользователя. После указания необходимых параметров на экране появляются штаммы *V. cholerae* O1 El Tor, резистентные к данному антибактериальному препарату, выделенные в определенный период времени. Так, анализ АБР штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, выделенных на территории РФ в 2005–2016 гг., показал отсутствие холерных вибрионов, устойчивых к тетрациклину и доксициклину. Большинство штаммов характеризовалось устойчивостью к триметоприму/сульфаметоксазолу и фуразолидону. Указанными свойствами обладают штаммы, выделенные в Краснодарском и Ставропольском краях, в Республиках Крым и Калмыкия.

Работая с ГИС, можно анализировать АБР в динамике по годам либо в конкретные временные промежутки. Детальный анализ годовой динамики АБР культур, выделенных в 2012–2016 гг., показал, что на фоне постоянного выделения штаммов, устойчивых к фуразолидону (100%) и триметоприму/сульфаметоксазолу (35–93,7%), в указанный период наблюдалась переменчивость резистентности к другим антибактериальным препаратам. Штаммы, устойчивые к налидиксовой кислоте, не выделялись в 2012 г., а в 2015 г. наблюдалось наибольшее их число (68%). К стрептомицину устойчивость колебалась на уровне 6,2–28,6%. Количество холерных вибрионов, устойчивых к ампициллину, в 2012 г. составило 50% с уменьшением в последующие годы до 3,6–35%. Штаммы, резистентные к цефтриаксону, составляли 3,6 и 15% в 2015–2016 гг. В предыдущие годы (2012–2014 гг.) такие штаммы отсутствовали.

Сравнение данных по АБР холерных вибрионов Эль Тор, изолированных в 2005–2012 и 2012–

<sup>10</sup> URL: [http://gis.antiplague.ru/s\\_vibrio\\_antibiotic.php](http://gis.antiplague.ru/s_vibrio_antibiotic.php)



**Рис. 1.** Сравнительная характеристика АБР штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, выделенных в 2012–2016 гг. (а), в периоды 2005–2012 гг. и 2012–2016 гг. (б).

1 — налидиксовая кислота; 2 — стрептомицин; 3 — ампициллин; 4 — цефтриаксон; 5 — рифампицин; 6 — триметоприм/сульфаметоксазол; 7 — фуразолидон.

**Fig. 1.** Comparative characteristics of antibiotic resistance (%) of *V. cholerae* O1 El Tor strains isolated in 2012–2016 (a), in the periods 2005–2012 and 2012–2016 (b).

1 — nalidixic acid; 2 — streptomycin; 3 — ampicillin; 4 — ceftriaxone; 5 — rifampicin; 6 — trimethoprim/sulfamethoxazole; 7 — furazolidone.

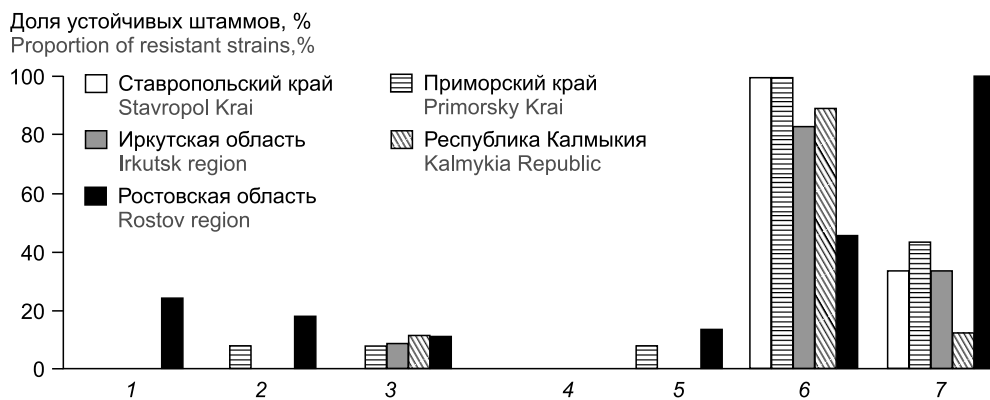
2016 гг., показало увеличение в 2012–2016 гг. числа штаммов, устойчивых к стрептомицину (с 2,1 до 16%), ампициллину (с 8,5 до 21,7%), рифампицину (с 2,1 до 6,3%), фуразолидону (с 27,7 до 100%), появление в 2012–2016 гг. культур, резистентных к налидиксовой кислоте (22%) и цефтриаксону (4%). Устойчивость к триметоприму/сульфаметоксазолу в 2012–2016 гг. понизилась до 58% против 91,5% в 2005–2009 гг. (рис. 1).

При анализе АБР штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, выделенных в 2005–2016 гг. на территории различных субъектов РФ, было установлено, что в Ставропольском крае выделенные штаммы в 33,3% случаев были устойчивы к фуразолидону и в 100% — к триметоприму/сульфаметоксазолу. Культуры из Приморского края в 7% случаев оказались резистентны к ампициллину, стрептомицину, рифампицину; в 43% — к фуразолидону, в 100% — к триметоприму/сульфаметоксазолу. У изолятов из Иркутской области и Калмыкии устойчивость к ампициллину составила 8,3–11%, а к фуразолидону и триметоприму/сульфаметоксазолу — 11–89% (рис. 2).

## Заключение

Разработанная ГИС предназначена для сбора и анализа информации об АБР *V. cholerae* с целью оптимизации мониторинговых исследований. Она позволяет наглядно проследить пространственную и временную динамику АБР штаммов на всех административных территориях страны, учитывая время, объект выделения, территорию, а также устойчивость к тому или иному антибактериальному препарату; определять сходства и различия штаммов по заданным параметрам.

Информация, представленная в ГИС, может быть полезна при прогнозировании эффективности этиотропной терапии, а также в эпиднадзоре за холерой в России. Кроме того, имеется возможность ее пополнения за счет включения новых охарактеризованных штаммов *V. cholerae*. Создание и развитие подобных специализированных интернет-ресурсов открывает новые возможности для организации комплексного оперативного мониторинга состояния АБР различных возбудителей на территории Российской Федерации.



**Рис. 2.** АБР штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, выделенных в различных регионах Российской Федерации (%).

1 — налидиксовая кислота; 2 — стрептомицин; 3 — ампициллин; 4 — цефтриаксон;  
 5 — рифампицин; 6 — триметоприм/сульфаметоксазол; 7 — фуразолидон.

**Fig. 2.** Antibiotic resistant strains of *V. cholerae* O1 El Tor isolated in various regions of the Russian Federation.

1 — nalidixic acid; 2 — streptomycin; 3 — ampicillin; 4 — ceftriaxone; 5 — rifampicin; 6 — trimethoprim/sulfamethoxazole; 7 — furazolidone.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Кулмагамбетов И.Р., Сарсенбаева С.С., Нурманбетова Ф.Н. Эффективность программ борьбы с антибиотикорезистентностью. *Фундаментальные исследования*. 2014; 10(9): 1742-7.
- Кадочников А.А. Организация и визуализация данных наблюдений с помощью картографических веб-сервисов. В кн.: *Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы Международной конференции*. Белгород: КОНСТАНТА; 2014: 188-96.
- Кузьменков А.Ю., Трушин И.В., Авраменко А.А., Эйдельштейн М.В., Дехнич А.В., Козлов Р.С. AMRmap: Интернет-платформа мониторинга антибиотикорезистентности. *Клиническая микробиология и антибактериальная химиотерапия*. 2017; 19(2): 84-90.
- Архангельская И.В., Водопьянов А.С., Непомнящая Н.Б., Монахова Е.В., Кругликов В.Д., Зубкова Д.А. и др. Холерные вибрионы не O1/не O139 серогрупп, циркулирующие в Ростовской области. Патент РФ № 2015620331; 2015.
- Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Мишанькин Б.Н., Олейников И.П. ГИС «Холера-интернет» – использование современных интернет-технологий в эпидемиологической практике. *Здоровье населения и среда обитания*. 2016; (12): 36-9.
- Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Сучков И.Ю., Мишанькин Б.Н. Холера. Штаммы VNTR. Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2007620389; 2007.
- Голубев Б.П., Кругликов В.Д., Кудрякова Т.А., Часовских С.В., Монахова Е.В. Распространение холерных вибрионов в объектах окружающей среды на территории Российской Федерации в 2005–2008 годах. Свидетельство о государственной регистрации баз данных № 2010620040; 2010.
- Ежова М.И., Кругликов В.Д., Водопьянов А.С., Монахова Е.В., Непомнящая Н.Б., Шалу О.А. и др. Штаммы *Vibrio cholerae*. Свидетельство о государственной регистрации баз данных № 2012620979; 2012.
- Зубкова Д.И., Кругликов В.Д., Водопьянов А.С., Непомнящая Н.Б., Шестиалтынова И.С., Архангельская И.В. и др. Геоинформационная система. Холера 1989–2014. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621055; 2014.
- Левченко Д.А., Кругликов В.Д., Водопьянов А.С., Титова С.В., Архангельская И.В., Непомнящая Н.Б. и др. ГИС: возможности анализа данных фено- и генотипирования холерных вибрионов O1 серогруппы Эль Тор, изолированных из водных объектов окружающей среды на территории Российской Федерации. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2016; 93(6): 19-25.
- Мединский Г.М., Наркевич М.И., Ломов Ю.М., Пинигин А.Ф., Голубев Б.П., Алексеев В.В. и др. *Справочник-кадастр распространения вибрионов Эль-Тор в поверхностных водоемах и сточных водах на территории СССР во время 7-й пандемии холеры*. Ростов-на-Дону; 1991.
- Москвитина Э.А., Анисимова Г.Б., Беспалов И.А. Холера Эль Тор. Эпидемиологический анализ заболеваемости в СНГ. Свидетельство о государственной регистрации баз данных № 2003620048; 2003.
- Кругликов В.Д., Левченко Д.А., Архангельская И.В., Титова С.В., Монахова Е.В., Водопьянов А.С. и др. Геоинформационные технологии как инструмент информационного анализа в рамках обеспечения мониторинга инфекционных заболеваний, в том числе особо опасных инфекций, на территории России. *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова*. 2017; 13(3): 71-7.
- Левченко Д.А., Кругликов В.Д., Архангельская И.В., Ежова М.И. Анализ динамики выделения штаммов холерных вибрионов из объектов окружающей среды на территории Российской Федерации с 1989 по 2016 гг. с помощью авторской ГИС. *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2017; (1): 112-7.
- Левченко Д.А., Кругликов В.Д., Архангельская И.В., Ежова М.И., Москвитина Э.А., Титова С.В. Анализ результатов мониторинга холерных вибрионов в объектах окружающей среды на административных территориях России с помощью ГИС «Холера 1989–2014». *Проблемы особо опасных инфекций*. 2017; (4): 99-102. DOI: <http://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-4-99-102>
- Селянская Н.А., Тришина А.В., Веркина Л.М., Архангельская И.В., Кругликов В.Д., Железняк Н.Г. и др. Чувствительность к антибактериальным препаратам штаммов холерных вибрионов Эль Тор, выделенных из объектов окружающей среды в России в 2005–2012 гг. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2014; 91(5): 82-6.
- Титова С.В., Кругликов В.Д., Ежова М.И., Водопьянов А.С., Архангельская И.В., Водопьянов С.О. и др. Анализ динамики выделения и биологических свойств штаммов *V. cholerae* O1 El Tor, изолированных из водных объектов на территории Ростовской области в 2003–2014 гг. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015; (2): 39-41.
- Селянская Н.А., Водопьянов А.С., Егизарян Л.А., Веркина Л.М. Геоинформационная система. Антибиотикорези-

стенность холерных вибрионов Эль Тор, выделенных на территории Российской Федерации (2005–2016 гг.). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017621246; 2017.

## REFERENCES

- Kulmagambetov I.R., Sarsenbaeva S.S., Nurmanbetova F.N. Efficiency of the programs for combating antibiotics resistance. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; 10(9): 1742-7. (in Russian)
- Kadochnikov A.A. Organization and visualization to observational data using web mapping services. In: *Sustainable Development of Territories: Cartographic and Geoinformational Support. Materials of the International Conference [Ustoychivoe razvitiye territoriy: kartografo-geoinformatsionnoe obespechenie. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii]*. Belgorod: KONSTANTA; 2014: 188-96. (in Russian)
- Kuz'menkov A.Yu., Trushin I.V., Avramenko A.A., Eydel'shteyn M.V., Dekhnich A.V., Kozlov R.S. AMRmap: an online platform for monitoring antibiotic resistance. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antibakterial'naya khimioterapiya*. 2017; 19(2): 84-90. (in Russian)
- Arkhangel'skaya I.V., Vodop'yanov A.S., Nepomnyashchaya N.B., Monakhova E.V., Kruglikov V.D., Zubkova D.A., et al. Vibrio cholerae nonO1/nonO139 serogroups circulating in the Rostov region. Patent RF № 2015620331; 2015. (in Russian)
- Vodop'yanov A.S., Vodop'yanov S.O., Mishan'kin B.N., Oleynikov I.P. GIS "Cholerainternet" – the use of modern internet technologies in epidemiological practice. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2016; (12): 36-9. (in Russian)
- Vodop'yanov A.S., Vodop'yanov S.O., Suchkov I.Yu., Mishan'kin B.N. Cholera. VNTR strains. Certificate of official registration of the database № 2007620389; 2007. (in Russian)
- Golubev B.P., Kruglikov V.D., Kudryakova T.A., Chasovskikh S.V., Monakhova E.V. Distribution of cholera vibrios in environmental objects in the Russian Federation in 2005–2008. Certificate of state registration of database № 2010620040; 2010. (in Russian)
- Ezhova M.I., Kruglikov V.D., Vodop'yanov A.S., Monakhova E.V., Nepomnyashchaya N.B., Shalu O.A., et al. Vibrio cholerae strains. Certificate of state registration of database № 2012620979; 2012. (in Russian)
- Zubkova D.I., Kruglikov V.D., Vodop'yanov A.S., Nepomnyashchaya N.B., Shestialynova I.S., Arkhangel'skaya I.V., et al. Geoinformation system. Cholera 1989–2014. Certificate of state registration of the database № 2014621055; 2014. (in Russian)
- Levchenko D.A., Kruglikov V.D., Vodop'yanov A.S., Titova S.V., Arkhangel'skaya I.V., Nepomnyashchaya N.B., et al. GIS: capabilities of data analysis of pheno- and genotyping of El Tor O1 serogroup cholera vibrios isolated from aquatic objects of the environment in Russia Federation. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2016; 93(6): 19-25. (in Russian)
- Medinskiy G.M., Narkevich M.I., Lomov Yu.M., Pinigin A.F., Golubev B.P., Alekseenko V.V., et al. *Cadastre Directory of the Propagation of El Tor Vibrios in Surface Water Bodies and Wastewater in the USSR During the 7th Cholera Pandemic [Spravochnik-kadastr rasprostraneniya vibriov El'-Tor v poverkhnostnykh vodoemakh i stochnykh vodakh na territorii SSSR vo vremya 7-y pandemii kholery]*. Rostov-na-Donu; 1991. (in Russian)
- Moskvitina E.A., Anisimova G.B., Bespalov I.A. Cholera El Tor. Epidemiological analysis of the incidence in the CIS. Certificate of state registration of database № 2003620048; 2003. (in Russian)
- Kruglikov V.D., Levchenko D.A., Arkhangel'skaya I.V., Titova S.V., Monakhova E.V., Vodop'yanov A.S., et al. Geo-information technologies as a tool for information analysis in the framework of the monitoring of infectious diseases, including especially dangerous infections in Russia. *Vestnik biotekhnologii i fiziko-khimicheskoy biologii im. Yu.A. Ovchinnikova*. 2017; 13(3): 71-7. (in Russian)
- Levchenko D.A., Arkhangel'skaya I.V., Ezhova M.I. Analysis of the dynamics of Vibrio cholerae strains isolation from environmental objects on the territory of the Russian Federation from 1989 to 2016 using the author's GIS. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya*. 2017; (1): 112-7. (in Russian)
- 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 infektsiy*. 2017; (4): 99-102. DOI: <http://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-4-99-102> (in Russian)
- Selyanskaya N.A., Trishina A.V., Verkina L.M., Arkhangel'skaya I.V., Kruglikov V.D., Zheleznyak N.G., et al. Sensitivity to antibacterial preparations of Vibrio cholerae El Tor strains isolated from the environmental objects in Russia in 2005–2012. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2014; 91(5): 82-6. (in Russian)
- Titova S.V., Kruglikov V.D., Ezhova M.I., Vodop'yanov A.S., Arkhangel'skaya I.V., Vodop'yanov S.O., et al. Analysis of isolation dynamics and biological properties of V.cholerae O1 El Tor strains from water objects on the territory of Rostov region in 2003–2014. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2015; (2): 39-41. (in Russian)
- Selyanskaya N.A., Vodop'yanov A.S., Egiazyaryan L.A., Verkina L.M. Geoinformation system. Antibiotic resistance of El Tor cholera vibrios isolated on the territory of the Russian Federation (2005–2016). Certificate of state registration of the database № 2017621246; 2017. (in Russian)

**Информация об авторах:**

**Селянская Надежда Александровна** — к.м.н., с.н.с. лаборатории экспериментально-биологических моделей ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0008-4705>. E-mail: [ppdn@inbox.ru](mailto:ppdn@inbox.ru)

**Березняк Елена Александровна** — к.б.н., с.н.с. лаборатории биологической безопасности и лечения особо опасных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9416-2291>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

**Тришина Алена Викторовна** — к.б.н., в.н.с. лаборатории биологической безопасности и лечения особо опасных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-002-8249-6577>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

*Симонова Ирина Рафиковна* — н.с. лаборатории биологической безопасности и лечения особо опасных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, 344002, Ростов-на-Дону, Россия.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8261-2294>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

*Егиазарян Лиана Альбертовна* — м.н.с. лаборатории биологической безопасности и лечения особо опасных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, 344002, Ростов-на-Дону, Россия.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6350-065X>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

*Водопьянов Алексей Сергеевич* — к.м.н., с.н.с. группы вирусологии ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора, 344002, Ростов-на-Дону, Россия.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-3231>. E-mail: [alexvod@gmail.com](mailto:alexvod@gmail.com)

**Участие авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Information about the authors:**

*Nadezhda A. Selyanskaya* — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Laboratory of experimental biological models, Rostov-on-Don Antiplague Institute, 344002, Rostov-on-Don, Russia.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0008-4705>. E-mail: [ppdn@inbox.ru](mailto:ppdn@inbox.ru)

*Elena A. Bereznyak* — Cand. Sci. (Biol.), senior researcher, Laboratory for biological safety and treatment of particularly hazardous infections, Rostov-on-Don Antiplague Institute, 344002, Rostov-on-Don, Russia.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9416-2291>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

*Alyona V. Trishina* — Cand. Sci. (Biol.), leading researcher, Laboratory for biological safety and treatment of particularly hazardous infections, Rostov-on-Don Antiplague Institute, 344002, Rostov-on-Don, Russia.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8249-6577>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

*Irina R. Simonova* — researcher, Laboratory for biological safety and treatment of particularly hazardous infections, Rostov-on-Don Antiplague Institute, 344002, Rostov-on-Don, Russia.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8261-2294>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

*Liana A. Egiazaryan* — junior researcher, Laboratory for biological safety and treatment of particularly hazardous infections, Rostov-on-Don Antiplague Institute, 344002, Rostov-on-Don, Russia.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6350-065X>. E-mail: [labbiobez@mail.ru](mailto:labbiobez@mail.ru)

*Alexey S. Vodopyanov* — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Virology group, Rostov-on-Don Antiplague Institute, 344002, Rostov-on-Don, Russia.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-3231>. E-mail: [alexvod@gmail.com](mailto:alexvod@gmail.com)

**Contribution:** the authors contributed equally to this article.