

Особенности сезонной циркуляции *Vibrio cholerae* в поверхностных водоемах г. Ростова-на-Дону

Е.М.Курбатова, Е.А.Меньшикова, И.В.Архангельская,
Д.И.Левченко, В.Д.Кругликов, С.В.Титова, А.В.Миронова

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

В феврале 2018 г. в Москве состоялась презентация научной монографии «Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра». Согласно анализу данных, приведенных в докладе, Ростовская область почти сравнялась с субтропиками, особенно юг области. Пока наш регион отстает по температурам: в субтропиках среднегодовая температура +11°C, а в Ростовской области – +9,95°C. Такое изменение климата может оказать благоприятный эффект на развитие патогенной вибриофлоры. Целью работы явилось изучение влияния климатических изменений на циркуляцию *Vibrio cholerae* в поверхностных водоемах г. Ростова-на-Дону. В работе использовали данные мониторинговых исследований проб воды в двух стационарных точках г. Ростова-на-Дону: р. Дон, правый берег (Державинский спуск) и р. Темерник (Ботанический сад, у моста) с мая по сентябрь включительно в период с 2013 по 2017 гг. В результате ретроспективного анализа за пятилетний период в р. Дон установлено увеличение колебаний среднемесячных температур в августе–сентябре от 1,1°C в 2013 г. до 1,4°C в 2017 г., что привело к повышению процента выделения штаммов *V. cholerae* nonO1/nonO139 в обоих водоемах. Таким образом, в г. Ростове-на-Дону наблюдается тенденция к повышению среднемесячной температуры (август–сентябрь) поверхностных водоемов рек Дон и Темерник. На основании проведенного ретроспективного анализа выявлена связь между повышением среднемесячной температуры воды поверхностных водоемов и процентом выделения штаммов *V. cholerae* nonO1/nonO139.

Ключевые слова: изменение климата, ретроспективный анализ, температура воды, *Vibrio cholerae*

Для цитирования: Курбатова Е.М., Меньшикова Е.А., Архангельская И.В., Левченко Д.И., Кругликов В.Д., Титова С.В., Миронова А.В. Особенности сезонной циркуляции *Vibrio cholerae* в поверхностных водоемах г. Ростова-на-Дону. Бактериология. 2019; 4(2): 21–26. DOI: 10.20953/2500-1027-2019-2-21-26

Features of seasonal circulation of *Vibrio cholerae* in surface water bodies of Rostov-on-Don

Е.М.Kurbatova, Е.А.Menshikova, I.V.Arkhangel'skaya, D.I.Levchenko, V.D.Kruglikov, S.V.Titova, A.V.Mironova

Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russian Federation

In February 2018 in Moscow, a presentation of a scientific monograph "The Climate of the Rostov Region: Yesterday, Today, Tomorrow" was held. According to the analysis of the data given in the report, the Rostov region is almost equal to the subtropics, especially the south of the region. While our region is lagging behind in temperature: in the subtropics the annual is +11°C, in the Rostov region it is +9.95°C, such climate change can have a favorable effect on the development of pathogenic vibrioflora. The aim of the work was to study the influence of climate change on the circulation of *V. cholerae* in surface water bodies of the city of Rostov-on-Don. The data from monitoring studies of water samples in two stationary points of the city of Rostov-on-Don were used: p. Don, right bank (Derzhavinsky descent) and r. Temernik (Botanical Garden, near the bridge) in places of discharge of emergency drains and unorganized water use, from May to September inclusive from 2013 to 2017. As a result of a retrospective analysis for a five-year period (from 2013 to 2017) in the r. Don found an increase in fluctuations in average monthly temperatures in August–September from 1.1°C in 2013 to 1.4°C in 2017, which led to an increase in the percentage of isolation of strains of *V. cholerae* nonO1/nonO139 in both reservoirs in Rostov-on-Don. Thus, in Rostov-on-Don, there is a tendency to increase in the average monthly temperature (August–September) of the surface water bodies of the Don and Temernik rivers. Based on a retrospective analysis, a relationship was found between the increase in the average monthly water temperature of surface water bodies and the percentage release of strains of *V. cholerae* nonO1/nonO139.

Keywords: climate change, retrospective analysis, water temperature, *Vibrio cholerae*

For citation: Kurbatova E.M., Menshikova E.A., Arkhangel'skaya I.V., Levchenko D.I., Kruglikov V.D., Titova S.V., Mironova A.V. Features of seasonal circulation of *Vibrio cholerae* in surface water bodies of Rostov-on-Don. Bacteriology. 2019; 4(2): 21–26. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2019-2-21-26

Для корреспонденции:

Курбатова Екатерина Михайловна, научный сотрудник группы экологии холерных вибрионов лаборатории микробиологии холеры ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора

Адрес: 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40

Телефон: (863) 240-9108

E-mail: super.monika2007@yandex.ru

Статья поступила 21.03.2019 г., принята к печати 27.06.2019 г.

For correspondence:

Ekaterina M. Kurbatova, researcher of the group of ecology of *V. cholerae* microbiology laboratory of Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor

Address: 117/40 M. Gor'kogo str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation

Phone: (863) 240-9108

E-mail: super.monika2007@yandex.ru

The article was received 21.03.2019, accepted for publication 27.06.2019

В настоящее время становится все более очевидным, что всемирный климат меняется [1–3]. Глобальное изменение климата – одно из беспрецедентных крупномасштабных экологических явлений, приводящее в различных районах земного шара к нарушению водного режима пресноводных водоемов, катастрофическим наводнениям, увеличению количества ураганов и цунами, локальному изменению наземных и водных экосистем [4–6]. Межправительственной группой по климату отмечено увеличение средней температуры над сушей и поверхностью океана на 0,85°C (0,65–1,06) за период с 1880 по 2012 г., а к концу XXI в. (2081–2100 гг.) глобальная температура повысится на 1,5°C (относительно 1850 г.), что приведет к повышению уровня моря на 1 мм в год в последующие десятилетия [3, 7, 8]. Правительство Российской Федерации обратило внимание на проблемы климата, подписав в 2011 г. Климатическую Доктрину, в которой указывается, что в будущем изменение климата может привести к необратимым последствиям. Согласно докладу «Глобальный климат и почвенный покров России», постепенное потепление характерно для всей планеты, однако в России в течение всего XXI в. этот процесс будет проходить интенсивнее [9, 10].

Ростовская область относится к территориям I типа по эпидпроявлениям холеры, что создает угрозу возникновения вспышек заболеваний, связанных, в том числе, с водным путем передачи в случае заноса инфекции [11]. В феврале 2018 г. в Москве состоялась презентация научной монографии «Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра», опубликованной еще в 2006 г. Согласно данным, приведенным в докладе, Ростовская область почти сравнялась с субтропиками, особенно юг области. Пока наш регион отстает по температурам: в субтропиках годовая температура +11°C, в Ростовской области – +9,95°C [1]. Такое изменение климата может оказать благоприятный эффект на развитие патогенной вибриофлоры. В период с 2003 по 2014 гг. проводилось исследование водных объектов окружающей среды на холеру, в результате которого было изолировано 89 культур *V. cholerae* O1, три из которых токсигенные, на фоне ежегодного выделения *V. cholerae* nonO1/nonO139. При анализе динамики выделения культур с учетом их эпидемической значимости установлено завозное происхождение токсигенных культур [12]. Ранее нами была выявлена прямая связь между среднеквартальной летней температурой на территории Ростовской области и количеством штаммов *V. cholerae* [13].

Цель исследования – изучение особенности циркуляции холерных вибрионов в зависимости от сезонных изменений температуры воды рек Дон и Темерник.

Материалы и методы

В работе использовали данные мониторинговых исследований проб воды в двух стационарных точках г. Ростова-на-Дону: р. Дон (правый берег, у Державинского спуска, организованный выпуск системы сброса дренажных, ливневых и талых вод) и р. Темерник (Ботанический сад, у моста, место неорганизованного рекреационного водопользования) с мая по сентябрь включительно в период с 2013 г. по 2017 г. При исследовании 134 проб (с учетом дополнительных заборов в связи с выделением нетоксигенных штаммов) из р. Дон изолировано 85 штаммов *V. cholerae* nonO1/nonO139 серогрупп, два нетоксигенных штамма холерных вибрионов O1 серогруппы; а из 122 проб из р. Темерник – 69 штаммов *V. cholerae* nonO1/nonO139 и *V. cholerae* O1 с генетической характеристикой *ctx*⁺ и *ctx*⁻. Температуру воды измеряли в момент забора проб из поверхностных слоев водоема в одно и то же время (с 8 до 9 ч утра). Выделение и идентификацию холерных вибрионов проводили в соответствии с действующими нормативными документами [14]. Процент выделения *V. cholerae* определяли как отношение выделенных штаммов холерных вибрионов к общему количеству отобранных проб. Серологическое типирование *V. cholerae* nonO1/nonO139 серогрупп проводили с помощью набора сывороток диагностических холерных неO1/неO139 серогрупп моноспецифических кроличьих против типовых штаммов холерных вибрионов O2-O84 серогрупп в реакции слайд-агглютинации [14–16]. Подготовка материала для ПЦР-анализа проводилась согласно МУ 1.3.2569-09 «Организация работы лабораторий, использующих методы амплификации нуклеиновых кислот при работе с материалом, содержащим микроорганизмы I–IV групп патогенности». ПЦР-генотипирование исследуемых штаммов проводили по набору 14 генов-мишеней: ген RS-элемента (*rstA*); ген острова патогенности VPI – структурной единицы токсин-корегулируемых пилей *tcpA*; гены острова патогенности VPI-2 (*int* – «верхний краевой» фрагмент острова, ген нейраминидазы *nanH* и «нижний краевой» фрагмент *vce*); гены цитотоксического кластера RTX (*rtxA* – 5'-концевой участок гена высокомолекулярного цитотоксина; последовательность, кодирующая его ACD-домен, продукт которого вызывает деполиме-

Таблица 1. Река Дон, правый берег, Державинский спуск

№ п/п	Месяц Год	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
		средняя t° С воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя t° С воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя t° С воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя t° С воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя t° С воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1
1	2013	19,7	0	0	22,6	50	0	25,6	50	25	23,2	75	0	17,6	50	0
2	2014	19,5	0	0	22	100	0	22,5	100	0	26	100	0	18,4	60	0
3	2015	16	0	0	23,3	60	0	24,1	50	14,3	23	100	0	21	50	0
4	2016	19,7	66	0	25,2	80	0	26	83	0	24,5	100	0	18,8	33	0
5	2017	15	20	0	20,8	25	0	22,4	80	0	25	100	0	19,5	100	0

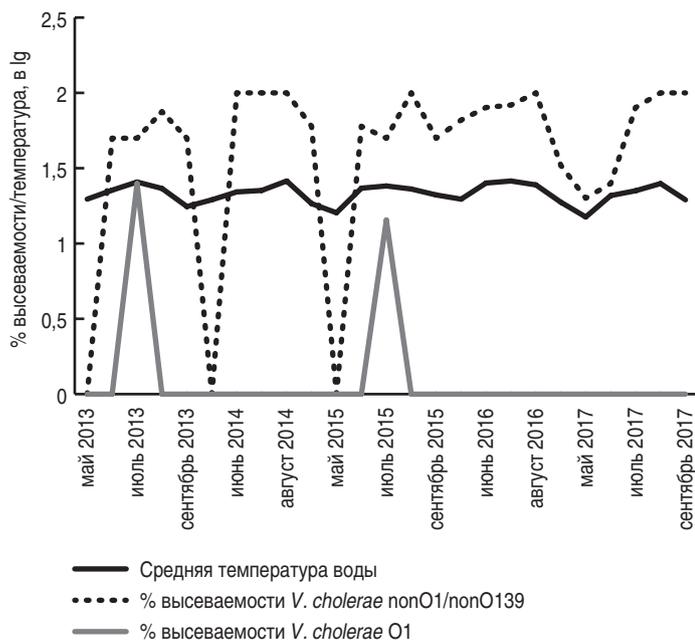


Рис. 1. Динамика выделения штаммов *V. cholerae* O1 и nonO1/nonO139 серогрупп из р. Дон, правый берег Державинский спуск с 2013 г. по 2017 г.

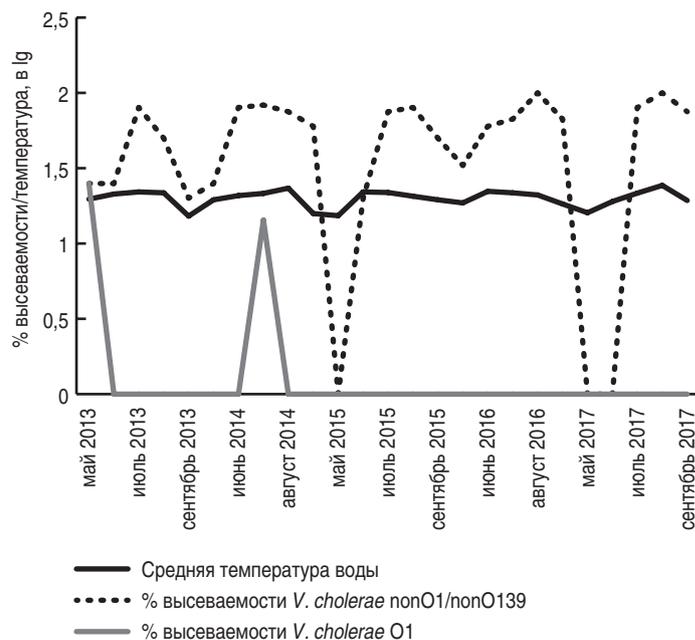


Рис. 2. Динамика выделения штаммов *V. cholerae* O1 и nonO1/nonO139 серогрупп из р. Темерник, Ботанический сад у моста с 2013 г. по 2017 г.

ризацию и ковалентное связывание актлина в клетках кишечника; *rtxC* – ген предполагаемого активатора токсина RtxA); ген структурной единицы маннозочувствительных пилей адгезии *mshA*; кластеры генов контакт-зависимых систем секреции третьего типа – T3SS (*vcsN2*, *vspD*), шестого типа – T6SS (*vgrG3*), а также ее ключевого эффектора ACD-VgrG1, который является «двойником» и возможным предшественником ACD-RtxA и обладает такой же актин-связывающей активностью; ген термостабильного (*stn/sto*) токсина [17–19].

Результаты и обсуждение

В результате ретроспективного анализа за пятилетний период (с 2013 по 2017 гг.) температуры ($t^{\circ}\text{C}$) воды в р. Дон установили, что минимальная среднесезонная температура зафиксирована в 2017 г. – $20,5 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$; а максимальная в 2016 г. – $22,8 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$. Нами установлено увеличение температуры в августе 2017 г. на $1,8^{\circ}\text{C}$ по сравнению с 2013 г. (от $23,2^{\circ}\text{C}$ в 2013 г. до 25°C в 2017 г.) и сентябре на $1,9^{\circ}\text{C}$ (от $17,6^{\circ}\text{C}$ – 2013 г. до $19,5^{\circ}\text{C}$ –

2017 г.). Наибольшую среднюю температуру наблюдали в августе 2014 г. (26°C).

В этот же период в р. Темерник средняя температура в период мониторинговых исследований (май–сентябрь) была более стабильной, однако также отмечен рост температурных показателей в августе ($24,8 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$) и сентябре 2017 г. ($19,3 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$), что на $2,5^{\circ}\text{C}$ и $4,1^{\circ}\text{C}$ выше по сравнению с этим же месяцами в 2013 г. ($22,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ и $15 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ соответственно).

При проведении ретроспективного анализа результатов исследований воды на контаминацию холерными вибрионами поверхностных водоемов г. Ростова-на-Дону установили, что процент выделения штаммов *V. cholerae* nonO1/nonO139 в реке Дон в мае 2016 г. составил 66%, в 2017 г. – 20%, тогда как в 2013, 2014, 2015 гг. в мае *V. cholerae* nonO1/nonO139 не выделяли. В августе–сентябре 2017 г. процент выделения холерных вибрионов составил 100%, а в этот же период 2013 г. всего 75% (август) и 50% в сентябре (табл. 1). Аналогичную картину наблюдали в ходе мониторинга за этот же период в реке Темерник (табл. 2). Однако следует отметить, что в мае при температуре 15°C отмечено выделение

Таблица 2. Река Темерник, Ботанический сад, у моста

№ п/п	Месяц Год	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
		средняя $t^{\circ}\text{C}$ воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя $t^{\circ}\text{C}$ воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя $t^{\circ}\text{C}$ воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя $t^{\circ}\text{C}$ воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1	средняя $t^{\circ}\text{C}$ воды	% высеваемости <i>V. cholerae</i> nonO1/O139	% высеваемости <i>V. cholerae</i> O1
1	2013	19,7	25	25	21,3	25	0	22	80	0	21,7	50	0	15,2	20	0
2	2014	19,5	25	0	20,8	80	0	21,5	83	14,3	23,3	75	0	15,8	60	0
3	2015	15,3	0	0	22	20	0	21,8	75	0	20,6	80	0	19,5	50	0
4	2016	18,6	33	0	22,2	60	0	21,7	67	0	21	100	0	18,3	67	0
5	2017	16	0	0	19	0	0	21,6	80	0	24,3	100	0	19,3	75	0

Таблица 3. ПЦР-характеристика нетоксигенных штаммов *V. cholerae* O1, выделенных в г. Ростове-на-Дону

№ п/п	№ штамма, год выделения, водоем	RS1,	VPI-I		VPI-2			RTX			T6SS		T3SS		<i>mshA</i>	<i>stn/sto</i>
		RS2 <i>rstA</i>	<i>tcpA</i>	<i>int</i>	<i>nan H</i>	<i>vce</i>	<i>rtxC</i>	<i>acd-rtxA</i>	<i>acd-vgrG1</i>	<i>pbd-vgrG3</i>	<i>vasK</i>	<i>vcsN2</i>	<i>vspD</i>			
1	№ 65(19430), 2013, р. Темерник	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	
2	№ 204 (19434), 2013, р. Дон	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	
3	№ 90 (19764), 2015, р. Дон	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	

V. cholerae nonO1/nonO139. В сентябре при понижении температуры до 19,5°C в реке Дон и 19,3°C в реке Темерник сохранялся высокий процент высеваемости холерных вибрионов nonO1/nonO139 серогрупп – 100% и 75% соответственно.

В ходе мониторинговых исследований поверхностных водоемов установили, что пик выделения штаммов холерных вибрионов nonO1/nonO139 серогрупп происходил в интервале температур от 22,0 ± 0,3°C до 26,0 ± 0,7°C (р. Дон) (рис. 1) и от 21,6 ± 0,5°C до 24,8 ± 1,3°C в р. Темерник (рис. 2).

Холерные вибрионы nonO1/nonO139 серогрупп известны как возбудители острых кишечных инфекций (ОКИ) [14, 20–22]. Будучи лучше приспособленными к персистенции в объектах окружающей среды (в сравнении с изолятами *V. cholerae* O1), штаммы холерных вибрионов nonO1/nonO139, даже в условиях умеренного климата, возможно, могут служить природными резервуарами генов факторов патогенности, которые могут передаваться другим холерным вибрионам [23].

Проводя сравнительный анализ полученных результатов серологической идентификации с данными 2013–2017 гг., были отмечены незначительные изменения в составе серогрупп вибрионов, циркулирующих в воде поверхностных водоемов г. Ростова-на-Дону, а именно: если по результатам серотипирования штаммов, выделенных в 2013 г., в г. Ростове-на-Дону повторялись штаммы O16, O53, O67, O76 серогрупп, то в 2017 г. из этих рек наряду с сохранением доминирующего положения представителей O16 и O76 серогрупп, культуры O53 и O67 серогрупп не выделялись [12, 24–26].

Следует отметить, что наряду с ежегодным выделением из воды исследуемых точек *V. cholerae* nonO1/nonO139 отмечены единичные случаи обнаружения холерных вибрионов O1 серогруппы. Так, в р. Дон в июле 2013 г. был изолирован штамм *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa *ctxAB-tcpA*- при температуре воды 25,6 ± 0,5°C, в 2015 г. из этой точки выделен штамм *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa *ctxAB-tcpA*- при температуре 24,3 ± 0,7°C. В р. Темерник в 2013 г. изолирован штамм *V. cholerae* O1 El Tor Ogawa *ctxAB-tcpA*- при температуре воды 19,8 ± 0,9°C, а в 2014 г. – *V. cholerae* O1 El Tor Inaba *ctxAB+tcpA+* (температура 21,1 ± 0,3°C). Р.В.Писановым и соавт. при проведении ПЦР-генотипирования изолированных штаммов холерных вибрионов установлено, что токсигенный штамм содержал гены кластеров RS1, RS2, островов патогенности VPI-I и VPI-II, кластеров системы секреции шестого типа и ген маннозочувствительных пилей адгезии (*mshA*). Гены кластера системы секреции третьего типа и ген термостабильного токсина (*stn/sto*) не выявлены [27].

Что касается нетоксигенных штаммов холерных вибрионов, то структура их генома была более вариабельна. Все

нетоксигенные штаммы содержали гены кластера системы секреции третьего типа (T3SS). Гены кластера RS1, острова патогенности VPI-I, а также ген структурной единицы маннозочувствительных пилей адгезии (*mshA*) выявлены не были. Гены острова VPI-II, кластера RTX, системы секреции шестого типа, а также ген термостабильного токсина (*stn/sto*) были обнаружены в различных сочетаниях (табл. 3).

В.Д.Кругликовым и соавт. (2018) установлено, что нетоксигенные штаммы холерных вибрионов O1 с вышеуказанным набором генов ранее обнаруживались на данной территории, что, по нашему мнению, может свидетельствовать, с одной стороны, о персистентном потенциале нетоксигенных штаммов с таким набором генов, а с другой стороны, о благоприятных климато-географических условиях поверхностных водоемов Ростова-на-Дону [17]. Выделение холерных вибрионов O1 серогруппы различной токсигенности происходило в том же температурном диапазоне, что и холерных вибрионов nonO1/nonO139 серогрупп (от 19,8 ± 0,9°C до 25,2 ± 1,1°C) (табл. 1, 2).

Заключение

Таким образом, на основании проведенного ретроспективного анализа выявлена связь между повышением среднемесячной температуры воды поверхностных водоемов и процентом выделения штаммов *V. cholerae*. Следует отметить, что единичные случаи выделения токсигенных штаммов *V. cholerae* O1 происходили в таком же температурном диапазоне, при котором были обнаружены нетоксигенные штаммы холерных вибрионов O1 и холерные вибрионы nonO1/nonO139. Приведенные нами данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения влияния температуры поверхностных водоемов на персистенцию холерных вибрионов в нашем регионе в связи с неблагоприятным прогнозом по холере в мире, возможностью заноса токсигенных и потенциально опасных штаммов из эпидемически неблагополучных стран.

Литература

1. Панов ВД, Лурье ПМ, Ларионов ЮА. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону, 2006, 488 с.
2. World Health Organization. 2016.
3. Climate change 2014. Available at: [http://Inter-Governmental Panel on Climate Change \(IPCC\)](http://Inter-Governmental Panel on Climate Change (IPCC)).
4. Okeanrasters for analysis of climate and environment. Available at: <http://www.oracle.ugent.be>
5. Merrow C, Smith MJ, Silander JA. A practical guide to Maxent for modeling species, 383 distributions: what is does, and why inputs and settings matter. *Ecography*. 2013;36:1058-69.

6. Домнин СГ, Корсак МН, Короленко МИ. К оценке возможных негативных последствий влияния изменений климата на здоровье населения России. Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. 2008;4(349):44-5.
7. Escobar L, Ryan SJ, Stewart-Ibarra AM, Finkelstein JL, King CA, Qiao H, Polhemus ME. A global map of suitability for coastal *Vibrio cholerae* under current and future climate conditions. *Acta Trop.* 2015 Sep;149:202-11. DOI: 10.1016/j.actatropica.2015.05.028
8. Chowdhury FR, Nur Z, Hassan N, von Seidlein L, Dunachie S. Pandemics, pathogenicity and changing molecular epidemiology of cholera in the era of global warming. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2017 Mar 7;16(1):10. DOI: 10.1186/s12941-017-0185-1
9. Глобальное потепление. Причины изменения глобального климата. 2011. Доступно по: <http://worldclime.ru>
10. Глобальный климат и почвенный покров России. 2018. Доступно по: <http://www.donnews.ru>.
11. СП 3.1.1.2521-09: Профилактика холеры. Общие требования к эпидемиологическому надзору за холерой на территории Российской Федерации: Санитарные правила. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2009, 35 с.
12. Титова СВ, Кругликов ВД, Ежова МИ, Водопьянов АС, Архангельская ИВ, Водопьянов СО, Москвитина ЭА. 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(263):39-41.
13. Левченко ДА, Кругликов ВД, Архангельская ИВ, Ежова МИ. 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.
14. Методические указания МУК 4.2.2218-07: Лабораторная диагностика холеры: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2007, 87 с.
15. Кругликов ВД, Ломов ЮМ, Авдеева ЕП, Монахова ЕВ, Ежова МИ, Архангельская ИВ, и др. Серологическое типирование и генотипическая характеристика холерных вибрионов не O1/не O139 серогрупп, выделенных из воды поверхностных водоемов и стоков Ростова-на-Дону в 2003–2008 гг. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2010;2:3-8.
16. Авдеева ЕП. Совершенствование метода серологической идентификации холерных вибрионов не O1/не O139 серогрупп. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. 2006, 23 с.
17. Кругликов ВД, Левченко ДА, Водопьянов АС, Непомнящая НБ. ПЦР-генотипирование нетоксигенных штаммов холерных вибрионов как один из подходов их актуализации в плане эпиднадзора за холерой. Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2018;2:28-35. DOI: 10.18565/epidem.2018.2.28-35
18. Левченко ДА, Кругликов ВД, Водопьянов АС, Непомнящая НБ. Патент на изобретение № 2665542 «Способ идентификации нетоксигенных штаммов холерных вибрионов O1 серогруппы с помощью ПЦР для выделения генетических детерминант» от 30.08.2018 г.
19. Левченко ДА, Кругликов ВД, Водопьянов АС, Титова СВ, Архангельская ИВ, Непомнящая НБ, Ежова МИ. ГИС: возможности анализа данных фено- и генотипирования холерных вибрионов O1 Эль Тор, изолированных из водных объектов окружающей среды на территории Российской Федерации. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2016;6:19-25.
20. Dutta D, Chowdhury G, Pazhani GP, Guin S, Dutta S, Ghosh S, et al. *Vibrio cholerae* Non-O1, Non-O139 Serogroups and Cholera-like Diarrhea, Kolkata, India. *Emerg Infect Dis.* 2013 Mar;19(3):464-7. DOI: 10.3201/eid1903.121156
21. Монахова ЕВ, Архангельская ИВ. Холерные вибрионы неO1/неO139 серогрупп в этиологии острых кишечных инфекций: современная ситуация в России и в мире. Проблемы особо опасных инфекций. 2016;2:14-23. DOI: 0.21055/0370-1069-2016-2-14-23
22. Ottaviani D, Leoni F, Rocchegiani E, Santarelli S, Masini L, Di Trani V, et al. Prevalence and virulence properties of *Vibrio cholerae* non-O1 non-139 strains isolated from seafood and clinical samples in Italy. *Int J Food Microbiol.* 2009 Jun 1;132(1):47-53. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.03.014
23. Титова СВ, Монахова ЕВ, Архангельская ИВ, Писанов РВ, Непомнящая НБ. Природные популяции холерных вибрионов как резервуар генов факторов патогенности. Здоровье населения и среда обитания. 2016;5(278):45-7.
24. Архангельская ИВ, Ежова МИ, Кругликов ВД, Левченко ДА. Серологическая идентификация холерных вибрионов неO1/неO139 серогрупп, выделенных в результате мониторинга водных экосистем Ростовской области с 1999 по 2016 годы. Материалы совещания специалистов Роспотребнадзора. Вып. 30. Ростов-на-Дону, 2017, с. 89-92.
25. Смоликова ЛМ, Сомова АГ, Мединский ГМ, Воронежская ЛГ, Серовары НАГ-вибрионов, выделенные из воды открытых водоемов. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 1979;23(3):306-312.
26. Авдеева ЕП, Мазрухо БЛ, Воронежская ЛГ, Цедова ЭГ, Монахова ЕВ, Михась НК, и др. Особенности циркуляции различных по происхождению холерных вибрионов неO1/неO139 серогрупп. Эпидемиология и инфекционные болезни. 2006;2:19-22.
27. Писанов РВ, Ежова МИ, Монахова ЕВ, Черкасов АВ, Краснов ЯМ, Водопьянов АС, и др. Особенности структуры генома токсигенного штамма *Vibrio cholerae* El Tor Инаба, выделенного в Ростове-на-Дону. Проблемы особо опасных инфекций. 2015;2:63-7.

References

1. Panov VD, Lur'e PM, Larionov YuA. Klimat Rostovskoi oblasti: vchera, segodnya, zavtra [The Climate of the Rostov Region: Yesterday, Today, Tomorrow]. Rostov-on-Don, 2006, 488 p. (In Russian).
2. World Health Organization. 2016.
3. Climate change 2014. Available at: [http://Inter-Governmental Panel on Climate Change \(IPCC\)](http://Inter-Governmental Panel on Climate Change (IPCC)).
4. Okeanrasters for analysis of climate and environment. Available at: <http://www.oracle.ugent.be>
5. Mellow C, Smith MJ, Silander JA. A practical guide to Maxent for modeling species, 383 distributions: what is does, and why inputs and settings matter. *Ecography.* 2013;36:1058-69.
6. Domnin SG, Korsak MN, Korolenko MI. K otsenke vozmozhnykh negativnykh posledstviy vliyaniya izmenenii klimata na zdorov'e naseleniya Rossii. Analiticheskii vestnik Soveta Federatsii FS RF. 2008;4(349):44-5. (In Russian).
7. Escobar L, Ryan SJ, Stewart-Ibarra AM, Finkelstein JL, King CA, Qiao H, Polhemus ME. A global map of suitability for coastal *Vibrio cholerae* under current and future climate conditions. *Acta Trop.* 2015 Sep;149:202-11. DOI: 10.1016/j.actatropica.2015.05.028
8. Chowdhury FR, Nur Z, Hassan N, von Seidlein L, Dunachie S. Pandemics, pathogenicity and changing molecular epidemiology of cholera in the era of global warming. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2017 Mar 7;16(1):10. DOI: 10.1186/s12941-017-0185-1
9. Global warming. Causes of global climate change. 2011. Available at: <http://worldclime.ru> (In Russian).
10. The global climate and the soil cover of Russia. 2018. Available at: <http://www.donnews.ru>.
11. СП 3.1.1.2521-09: cholera Prevention. General requirements for epidemiological surveillance of cholera in the territory of the Russian Federation: Sanitary regulation. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2009, 35 p. (In Russian).

12. Titova SV, Kruglikov VD, Ezhova MI, Vodopyanov AS, Arkhangelskaya IV, Vodopyanov SO, Moskvitina EA. 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. *Public Health and Life Environment*. 2015;2(263):39-41. (In Russian).
13. Levchenko DA, Kruglikov VD, Arkhangelskaya IV, Ezhova MI. 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. *Bulletin of Perm University. Biology*. 2017;1:112-7. (In Russian).
14. Methodical Instructions of MUK 4.2.2218-07: Laboratory diagnostics of cholera: Methodical instructions. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2007, 87 p. (In Russian).
15. Kruglikov VD, Lomov YuM, Avdeeva EP, Monakhova EV, Ezhova MI, Arkhangelskaya IV, et al. Serotyping and genotypic characteristic of *Vibrio Cholerae* non-O1/non-O139 serogroups isolated from water of surface basins and sewages of Rostov on-Don city in 2003–2008. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2010;2:3-8. (In Russian).
16. Avdeeva EP. Sovershenstvovanie metoda serologicheskoi identifikatsii kholernykh vibriionov ne O1/ne O139 serograpp. Diss. 2006, 23 p. (In Russian).
17. Kruglikov VD, Levchenko DA, Vodopyanov AS, Nepomnyashchaya NB. PCR genotyping of non-toxigenic *Vibrio Cholerae* strains as one of approaches to their actualization in terms of epidemiological surveillance of cholera. *Epidemiology and Infectious Diseases. Current Items*. 2018;2:28-35. DOI: 10.18565/epidem.2018.2.28-35 (In Russian).
18. Levchenko DA, Kruglikov VD, Vodopyanov AS, Nepomnyashchaya NB. Patent for the invention № 2665542 "Method of identifying non-toxigenic strains of *V. cholerae* O1 serogroup by PCR for the selection of genetic determinants" 30.08.2018 (In Russian).
19. Levchenko DA, Kruglikov VD, Vodopyanov AS, Titova SV, Arkhangelskaya IV, Nepomnyashchaya NB, Ezhova MI. 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. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2016;6:19-25. (In Russian).
20. Dutta D, Chowdhury G, Pazhani GP, Guin S, Dutta S, Ghosh S, et al. *Vibrio cholerae* Non-O1, Non-O139 Serogroups and Cholera-like Diarrhea, Kolkata, India. *Emerg Infect Dis*. 2013 Mar;19(3):464-7. DOI: 10.3201/eid1903.121156
21. Monakhova EV, Arkhangelskaya IV. Cholera Vibrios of nonO1/nonO139 Serogroups in Etiology of Acute Intestinal Infections: Current Situation in Russia and Around the World. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2016;2:14-23. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-2-14-23 (In Russian).
22. Ottaviani D, Leoni F, Rocchegiani E, Santarelli S, Masini L, Di Trani V, et al. Prevalence and virulence properties of *Vibrio cholerae* non-O1 non-139 strains isolated from seafood and clinical samples in Italy. *Int J Food Microbiol*. 2009 Jun 1;132(1):47-53. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.03.014
23. Titova SV, Monakhova EV, Arkhangelskaya IV, Pisanov RV, Nepomnyashchaya NB. Natural populations of *vibrio cholerae* as a reservoir of virulence-associated genes. *Public Health and Life Environment*. 2016;5(278):45-7. (In Russian).
24. Arkhangelskaya IV, Ezhova MI, Kruglikov VD, Levchenko DA. Serological identification of *V. cholerae* nonO1/nonO139 serogroups identified in the result of monitoring aquatic ecosystems of the Rostov region from 1999 to 2016. *Proceedings of the meeting of specialists of Rospotrebnadzor*. Issue 30. Rostov-on-Don, 2017, pp. 89-92. (In Russian).
25. Smolikova LM, Somova AG, Medinskii GM, Voronezhskaya LG. Serovary NAG-vibriionov, vydelenyie iz vody otkrytykh vodoemov. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 1979;23(3):306-312. (In Russian).
26. Avdeyeva YeP, Mazrukho BL, Voronezhskaya LG, Tsedova EG, Monakhova YeV, Mikhas NK, et al. The specific features of originally different *Vibrio cholerae* non O1/non O139 serogroups. *Epidemiology and Infectious Diseases*. 2006;2:19-22. (In Russian).
27. Pisanov RV, Ezhova MI, Monakhova EV, Cherkasov AV, Krasnov YaM, Vodopyanov AS, et al. Peculiarities of Genome Structure of Toxigenic *Vibrio cholerae* El Tor Inaba Strain, Isolated from a Surface Water Body in the Territory of Rostov-on-Don in 2014. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2015;2:63-7. (In Russian).

Информация об авторах:

Меньшикова Елена Аркадьевна, кандидат биологических наук, руководитель группы экологии холерных вибрионов лаборатории микробиологии холеры ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора
 Адрес: 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40
 Телефон: (863) 240-9108
 E-mail: super.monika2007@yandex.ru

Архангельская Ирина Викторовна, научный сотрудник лаборатории микробиологии холеры ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора
 Адрес: 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40
 Телефон: (863) 240-9108
 E-mail: irina070769@mail.ru

Левченко Дарья Александровна, научный сотрудник лаборатории микробиологии холеры ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора
 Адрес: 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40
 Телефон: (863) 240-9108
 E-mail: dasha26091987@hotmail.com

Кругликов Владимир Дмитриевич, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией микробиологии холеры ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора
 Адрес: 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40
 Телефон: (863) 240-7908
 E-mail: vdkru58@mail.ru

Титова Светлана Викторовна, кандидат медицинских наук, директор института ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора
 Адрес: 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40
 Телефон: (863) 240-7908
 E-mail: titova_sv@antiplague.ru

Миронова Анна Витальевна, лаборант группы экологии холерных вибрионов лаборатории микробиологии холеры ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора
 Адрес: 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40
 Телефон: (863) 240-9108
 E-mail: super.monika2007@yandex.ru

Information about authors:

Elena A. Menshikova, PhD (Biology), head of group ecology of *Vibrio cholerae* microbiology laboratory, Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor
 Address: 117/40 M. Gor'kogo str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
 Phone: (863) 240-9108
 E-mail: super.monika2007@yandex.ru

Irina V. Arkhangelskaya, researcher of the laboratory of microbiology, Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor
 Address: 117/40 M. Gor'kogo str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
 Phone: (863) 240-9108
 E-mail: irina070769@mail.ru

Darya A. Levchenko, researcher of the laboratory of microbiology, Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor
 Address: 117/40 M. Gor'kogo str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
 Phone: (863) 240-9108
 E-mail: dasha26091987@hotmail.com

Vladimir D. Kruglikov, MD, PhD, DSc, head of the laboratory of microbiology of cholera, Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor
 Address: 117/40 M. Gor'kogo str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
 Phone: (863) 240-7908
 E-mail: vdkru58@mail.ru

Svetlana V. Titova, MD, PhD, director of Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor
 Address: 117/40 M. Gor'kogo str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
 Phone: (863) 240-7908
 E-mail: titova_sv@antiplague.ru

Anna V. Mironova, laboratory assistant of *V. cholerae* group, laboratory of microbiology of cholera, Rostov-on-Don Antiplague Institute of Rospotrebnadzor
 Address: 117/40 M. Gor'kogo str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
 Phone: (863) 240-9108
 E-mail: super.monika2007@yandex.ru