

УДК 556.53: 547.211: 661.249

DOI 10.18522/0321-3005-2016-1-95-100

## О СВЯЗИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СОДЕРЖАНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ГАЗОВ С СУЛЬФИТРЕДУЦИРУЮЩИМИ КЛОСТРИДИЯМИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ РЕК\*

© 2016 г. Ю.А. Федоров, М.А. Морозова, Р.Г. Трубник

Федоров Юрий Александрович – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле Южного федерального университета, ул. Зорге, 40, г. Ростов-на-Дону, 344090, e-mail: fedorov@sfedu.ru

Морозова Марина Александровна – старший научный сотрудник, лаборатория болезней водных биоресурсов и объектов аквакультуры, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21/в, г. Ростов-на-Дону, 344002, e-mail: morozova.q@mail.ru

Трубник Роман Геннадьевич – аспирант, кафедра физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле Южного федерального университета, ул. Зорге, 40, г. Ростов-на-Дону, 344090, Россия, e-mail: truroman@sfedu.ru

Fedorov Yurii Aleksandrovich – Doctor of Geographical Science, Professor, Head of the Department of Physical Geography, Ecology and Environment, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: fedorov@sfedu.ru

Morozova Marina Aleksandrovna – Senior Researcher, Laboratory of Fish Diseases and Aquaculture, Azov Scientific Research Institute of Fisheries, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: morozova.q@mail.ru

Trubnik Roman Gennad'evich – Post-Graduate Student, Department of Physical Geography, Ecology and Environment, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: truroman@sfedu.ru

На основании собственных данных оригинальных исследований донных отложений малых рек рассмотрена связь сульфитредуцирующих клостридий (*Clostridium perfringens*, *C. sporogenes*) со значениями pH и Eh, концентрацией метана и сероводорода. Построены регрессионные модели зависимости численности сульфитредуцирующих клостридий от уровней вышеперечисленных показателей. Получены относительно невысокие статистически достоверные значения коэффициента корреляции, что обусловлено влиянием различных факторов и процессов, которые затуманивают тесноту связи. Наличие этой связи указывает на возможное участие сульфитредуцирующих клостридий в образовании метана и сероводорода в аквальных ландшафтах.

**Ключевые слова:** сульфитредуцирующие клостридии, донные отложения, сероводород, метан, Восточный Донбасс, санитарно-показательные микроорганизмы.

Based on own data of the original research of bottom sediments small rivers was shows the connection between sulfite-reducing clostridia (*Clostridium perfringens*, *C. sporogenes*) with the values of pH and Eh, methane and hydrogen sulphide. The regression models dependence between the number of sulfite-reducing clostridia and above listed indicators were created. Relatively low correlation coefficients were obtained presumably due to the influence of different factors and processes that can to obscure the connection closeness. These relations point out the possible participation of sulfite-reducing clostridia in the generation of methane and hydrogen sulphide in aquatic landscapes.

**Keywords:** sulphite-reducing clostridia, bottom sediments, hydrogen sulfide, methane, Eastern Donbass, sanitary-indicatory microorganisms.

Исследования проводились на малых реках Восточного Донбасса (таблица, рис. 1). Данный регион является основной угольной сырьевой базой Юга России. Для подобных территорий характерна сложная экологическая обстановка, выраженная в мощном техногенном давлении на все без исключения компоненты природных ландшафтов. Подземные и поверхностные воды под воздействием агрессивных в геохимическом отношении шахтных вод в

значительной степени подвержены изменениям физико-химической обстановки. По данным [1, 2], впервые была установлена четкая обратная гиперболическая связь между содержанием сульфатных ионов и значениями pH в подземных и шахтных водах. Известно, что маслянокислые бактерии из р. *Clostridium*, сбраживают различные углеводы, осуществляют в водных экосистемах важнейший этап анаэробного распада органического вещества

\*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 16-05-00976.

и служат главными предшественниками сульфатредукторов и метаногенов [3]. В работах [4, 5] впервые на ограниченном материале была предпринята попытка рассмотреть связь физико-химических параметров и содержания восстановленных газов с сульфитредуцирующими кластридиями. В настоящей работе представлено расширенное и углубленное исследование, выполненное нами *in situ*, что отличает его от ранее выполненных экспериментов в лабо-

раторных условиях по изучению связи значений водородного показателя сточных вод с численностью *E. coli*. Это обстоятельство, а также то, что данные микроорганизмы, по мнению авторов [6], могут участвовать в образовании метана и сероводорода в аквальных ландшафтах, и послужили основанием для проведения оригинальных экспериментальных исследований на малых реках и водоемах Восточного Донбасса.

### Результаты исследования донных отложений малых рек и водоемов Восточного Донбасса

№ станции	Место отбора проб	Горизонты, см	Eh, мВ	pH	CH <sub>4</sub> , мкг/г	H <sub>2</sub> S, мг/г	Сульфитр. кластридии, тыс. КОЕ/г
1	Устье р. Грушевки, х. Веселый (N 47°27'18,5" / E 39°59'37,6")	0–2	–11,7	7,67	7,60	0,72	10
		2–5	–93,5	7,66	4,67	0,9	100
		5–10	–120,0	7,81	2,12	1,49	100
		10–15	–123,0	7,84	1,50	1,73	10
		15–20	–141,6	7,72	1,11	2,16	0,5
2	Отстойник шахты «Южная» (N 47°41'25,4" / E 40°08'05,3")	0–2	–116,0	7,27	0,44	2,03	2,5
		2–5	–288,0	7,37	0,25	2,89	2,9
		5–10	–315,0	7,38	0,50	2,62	14
4	Артемовское водохранилище, г. Шахты (N 47°45'45,9" / E 40°17'41,2")	0–2	–50,0	7,45	9,33	1,08	90
		2–5	–113,0	7,55	12,1	0,77	1
		5–10	–50,0	7,59	14,8	0,49	9
		10–15	–135,0	7,80	21,2	0,52	4
		15–20	–170,0	7,58	16,4	0,21	1
5	Отстойник шахты «Аютинская» (N 47°38'53,9" / E 40°10' 36,8")	0–2	+103,0	7,65	0,10	<0,005	0,2
		2–5	+201,0	7,68	0,16	<0,005	1
		5–10	+204,0	7,32	0,15	<0,005	8,5
		10–15	+186,0	7,60	0,15	<0,005	1,3
		15–20	+162,0	7,37	0,22	<0,005	1
		20–25	+146,7	7,55	0,27	<0,005	1
6	Устье р. Аюты (N 47°34'00" / E 40°06'49,9")	0–2	–125,0	7,66	0,04	2,30	2
		2–5	–245,0	7,52	0,40	3,08	4,2
		5–10	–251,0	7,51	0,47	2,72	5,5
		10–15	–286,0	7,35	0,51	2,57	6
		15–20	–235,0	7,50	0,81	2,70	2,4
		20–25	–240,0	7,46	1,05	2,63	100
7	р. Глубокая, севернее г. Каменска-Шахтинского (N 48°25'42,4" / E 40°16'35,4")	0–2	–210,0	7,71	21,8	2,180	9000
		2–5	–225,5	7,60	26,8	2,210	450
		5–10	–161,0	7,60	12,9	2,130	650
		10–15	–171,0	7,55	9,36	1,840	450
		15–20	–170,0	7,59	10,2	1,890	30

Кластридии (лат. Clostridium) – грамположительные спорообразующие анаэробные бактерии, мета-

болически весьма разнообразны, широко распространены в природе, оптимальная температура для

роста 10–65 °С. Согласно определителю Берджи [7], этот род содержит более 100 видов сапрофитных и патогенных бактерий. К р. *Clostridium* относится группа сульфитредуцирующих бактерий, которые примерно на 90 % представлены видом *Clostridium perfringens* (от лат. *perfringo* – «потрясающий, прорывающий») [8]. Споры различных штаммов *C. perfringens* могут значительно отличаться друг от друга по термоустойчивости, отдельные штаммы выдерживают кипячение до 6 ч, менее термостойкие погибают через 15–60 мин [9].

Исследованием данных микроорганизмов занимаются ученые, специализирующиеся в различных областях наук. В медицинской и ветеринарной практике проводится диагностика клостридиозов. Наиболее известные из них – *C. botulinum* (возбудитель ботулизма), *C. tetani* (возбудитель столбняка), *C. septicum*, *C. perfringens* тип А, *C. oedematiens*, *C. novyi* (возбудители газовой гангрены), *C. difficile*, *C. perfringens* тип А (псевдомембранозного колита), *C. difficile* (антибиотикоассоциированных диарей), *C. perfringens* тип А (некротического энтерита, пищевой токсикоинфекции).

Жизнедеятельность клостридий осуществляется в анаэробных условиях и сопровождается выработкой токсинов, ферментов и белков, которые определяют газообразование и некроз в тканях, а также общее токсическое влияние на организм человека [10], животных [11] и гидробионтов [12]. В санитарной микробиологии определяют уровни микро-

биологической безопасности и контаминации сульфитредуцирующими клостридиями пищевой продукции, продовольственного сырья, воды и почвы [13]. Так, одним из показателей свежего фекального загрязнения почвы является высокое содержание вегетативных форм *C. perfringens* [14]. Существуют работы, в которых различные виды клостридий рассматриваются как перспективный субстрат для получения таких соединений, как этанол, бутанол, биоводород и др. [15].

### Материал и методы

В период с 8 по 9 октября 2014 г. состоялась экспедиция, в ходе которой было отобрано 30 проб донных отложений на 7 станциях, расположенных в пределах малых рек и водоемов Восточного Донбасса (рис. 1). Пробы отобраны от 1 до 2 м от берега, на глубине до 1 м.

Отбор проб донных отложений производился с помощью специально сконструированной трубки из пластика с заостренными краями и поршнем для выдавливания керна [16].

Опробованы горизонты 0–2, 2–5, 5–10, 10–15 и 15–20 см на станциях № 1, 4 и 7; на станции № 5, 6 – также в слое 20–25 см; станция № 2 – только горизонты 0–2, 2–5, 5–10 см. В этих же горизонтах отложений определены величины Eh, pH, концентрации H<sub>2</sub>S и CH<sub>4</sub>, и КОЕ/г сульфитредуцирующих клостридий.

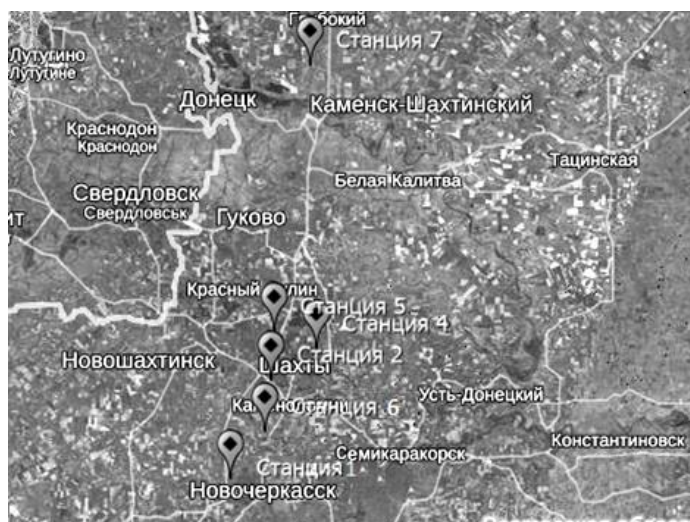


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб

Величины Eh и pH в донных осадках измерены с помощью электродов портативного рН-метра-иономера «Экотест-2000». Определение содержания метана и сероводорода в донных отложениях

проводили сотрудники Гидрохимического института (ФГБУ «ГХИ») по общепринятым методикам: метан – парофазным газохроматографическим методом [16, 17], сероводород – фотометрическим

методом с диметилпарафенилендиамином [18]. Обнаружение сульфитредуцирующих клостридий основано на выявлении способности этого микроорганизма на железосульфитном агаре и среде Вильсон – Блер восстанавливать тиосульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) до сульфида натрия ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), который, взаимодействуя с хлорным железом, приводит к образованию аморфного сульфида железа ( $\text{FeS}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), имеющего черный цвет [19].

### Результаты исследования

Результаты исследования приведены в таблице. Анализ данных показал, что на всех станциях в донных отложениях присутствуют споры и вегетативные формы сульфитредуцирующих клостридий. Это свидетельствует не только о высокой их устойчивости во внешней среде, но и о длительном антропогенном прессинге на водоемы и водотоки. Значения pH на станциях отбора проб варьировались от 7,27 до 7,84 и характеризовались как слабощелочные. На всех станциях, кроме № 5 (отстойник шахты «Аютинская»), величины Eh изменялись в пределах от – 315 до – 11,7 мВ, что указывает на доминирование анаэробной обстановки в донных отложениях и благоприятные условия для развития клостридий.

В данной работе нами были построены регрессионные модели зависимости численности сульфитредуцирующих клостридий от гидрохимических показателей (pH, Eh) и уровней содержания метана и сероводорода в донных отложениях. В случае с pH зависимость была прямолинейной (рис. 2), и при коэффициенте корреляции (R), равном, 0,13 ( $p > 0,05$ ), это указывало на слабую и незначительную связь между их количеством и ростом значений водородного показателя.

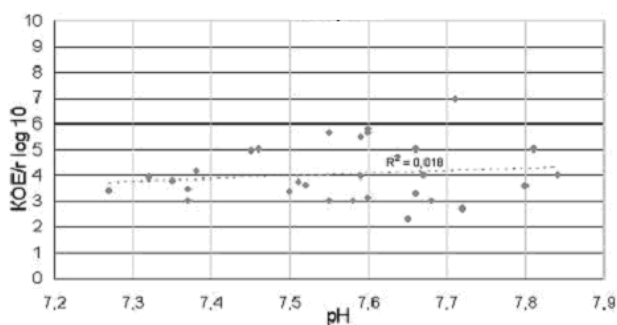


Рис. 2. График зависимости количества сульфитредуцирующих клостридий (KOE/r) от pH

Следует отметить, что в работе [20] была установлена значимая связь ( $R = 0,83$ ) ( $p \leq 0,01$ ) между

водородным показателем и численностью *E. coli* в сточных водах свинофермы.

Обратная прямолинейная зависимость между количеством клостридий и окислительно-восстановительным потенциалом характеризовалась (рис. 3) как средняя и значимая ( $R = 0,39$ ) ( $p < 0,05$ ).

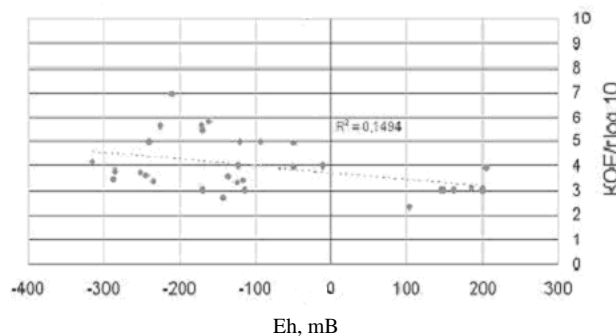


Рис. 3. График зависимости сульфитредуцирующих клостридий (KOE/r) от Eh

Метан и сероводород являются главными восстановленными газами водных экосистем, формирующихся в основном вследствие протекания в донных отложениях сложных метаболических процессов [21, 22].

Регрессионные модели зависимости количества сульфитредуцирующих клостридий от уровней содержания метана и сероводорода в донных отложениях отражают следующее: показана статистически достоверная зависимость между количеством клостридий и концентрацией сероводорода, коэффициент корреляции (r) составил 0,36 ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 4), а также установлены средние значения коэффициента корреляции ( $R = 0,52$ ) ( $p < 0,01$ ) между количеством сульфитредуцирующих клостридий и концентрацией метана в пробах (рис. 5).

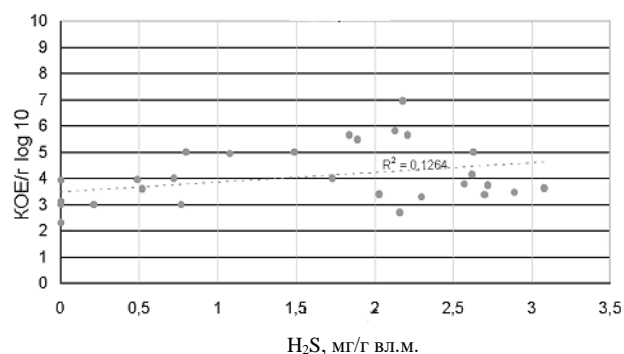


Рис. 4. График зависимости сульфитредуцирующих клостридий (KOE/r) от  $\text{H}_2\text{S}$

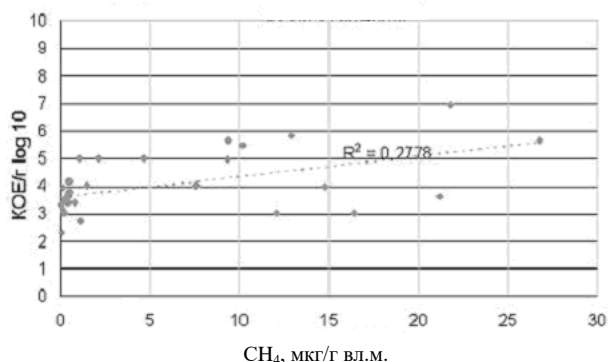


Рис. 5. График зависимости сульфитредуцирующих клостридий (КОЕ/г) от  $\text{CH}_4$

Таким образом, впервые выполненные натурные исследования на водотоках и водоемах показали, что численность сульфитредуцирующих клостридий в донных осадках имеет тенденцию к возрастанию с ростом значений pH. Наличие выраженной связи между количеством клостридий, метаном и сероводородом указывает на возможное участие сульфитредуцирующих клостридий в образовании метана и сероводорода в аквальных ландшафтах, что позволяет по-новому осмыслить метаболический цикл данных газов в донных отложениях и сульфидных лечебных грязях пресноводных и морских экосистем, находящихся в зоне антропогенного влияния.

Относительно невысокие значения корреляции могут указывать на возможное влияние других факторов и процессов (например, низких температур, активности микроорганизмов), влияние которых затушевывает тесноту связи. Само же наличие сульфитредуцирующих клостридий в донных отложениях водных объектов Восточного Донбасса свидетельствует об антропогенном воздействии, например, хозяйственно-бытовых сточных и шахтных вод.

#### Литература

1. Гриненко В.А., Федоров Ю.А. Исследования взаимосвязи изотопного состава серы сульфатов с химическим составом шахтных вод Восточного Донбасса // Водные ресурсы. 1990. № 6. С. 152–161.
2. Федоров Ю.А. Стабильные изотопы и эволюция гидросферы. М., 1999. 370 с.
3. Дзюбан А.Н. Маслянокислые бактерии, относящиеся к роду *Clostridium*, в донных отложениях внутренних водоемов разного типа // Микробиология. 2005. Т. 74, № 1. С. 119–125.
4. Федоров Ю.А., Морозова М.А., Трубник Р.Г. Клостридии: распределение, связь с гидрохимическими показателями, метаном и сероводородом в водных объектах Восточного Донбасса // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: ма-

- териалы науч. конф. с междунар. участием Ч. 1. Ростов н/Д., 8–10 сентября 2015 г. Ростов н/Д., 2015. С. 270–274.
5. Дмитрик Л.Ю., Трубник Р.Г., Афанасьев К.А., Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А. Экспедиционные исследования малых рек и водоемов Восточного Донбасса в 2014–2015 годах // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. Ростов н/Д., 2015. С. 137–139.
6. Трубник Р.Г., Федоров Ю.А., Морозова М.А. Распределение сульфитредуцирующих клостридий в донных отложениях водных объектов Восточного Донбасса и их связь с гидрохимическими показателями // Актуальные проблемы наук о Земле: сб. тр. науч. конф. студентов и молодых ученых с междунар. участием Ростов н/Д., 2015. С. 247–250.
7. Определитель бактерий Берджи: в 2 т. Т. 2 / пер. с англ.; под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита и др. М., 1997. 368 с.
8. Пученкова С., Виннов А. Сульфитредуцирующие клостридии в упакованной рыбной продукции // Продовольства индустрия АПК. 2011. № 5 (13). С. 32–34.
9. Пилипенко И.В. *Clostridium perfringens*: характеристика, биологическое действие, индикация в пищевых продуктах // Технологический аудит и резервы производства. 2015. № 2/4 (22). С. 4–8.
10. Былова Н.А., Кафарская Л.И., Черная З.А. Роль *Cl. difficile* в развитии системного воспаления у часто госпитализирующихся пациентов с ХСН // Сердечная недостаточность. 2011. Т. 12, № 1. С. 31–35.
11. Шевченко А.А., Черных О.Ю., Шевченко Л.В. [и др.] Диагностика клостридиозов животных. Краснодар, 2013. 36 с.
12. Морозова М.А., Федоров Ю.А. Роль сульфитредуцирующих клостридий в патологии у рыб // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2015. № 1. С. 60–66.
13. Guran H.S., Vural A., Erkan M.E. The prevalence and molecular typing of *Clostridium perfringens* in ground beef and sheep meats // J. of Consumer Protection and Food Safety. 2014. Vol. 9. P. 121–128.
14. Руководство по медицинской микробиологии. Общая и санитарная микробиология / под ред. А.С. Лабинской, Е. Г. Волиной. М., 2008. 1080 с.
15. Regestein L., Doerr E. W., Staaden A., Rehmann L. Impact of butyric acid on butanol formation by *Clostridium pasteurianum* // Bioresource Technology. 2015. Vol. 196. P. 153–159.
16. Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А., Хромов М.И. Метан в воде и донных отложениях устьевой области Северной Двины (Белое море) // Океанология. 2010. Т. 50, № 4. С. 534–547.
17. Федоров Ю.А., Тамбиева Н.С., Гарькуша Д.Н., Хорошевская В.О. Метан в водных экосистемах. Ростов н/Д.; М., 2005. 329 с.
18. РД 52.24.525-2011. Массовая доля сульфидной серы в донных отложениях. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с N, N-ди-метил-п-фенилендиамином. Росгидромет (ГУ ГХИ). 2011. 26 с.
19. ГОСТ 10444.9-88. Продукты пищевые. Метод определения *Clostridium perfringens*.
20. McLaughlin M.R., Brooks J.P., Adeli A. Temporal flux and spatial dynamics of nutrients, fecal indicators, and zoonotic pathogens in anaerobic swine manure lagoon water // Water Research. 2012. Vol. 46. P. 4949–4960.

21. Федоров Ю.А., Гриненко В.А., Устинов В.И. Особенности фракционирования изотопов серы и кислорода сульфатов озера Большой Тамбукан // Геохимия. 2004. № 1. С. 111–115.
22. Федоров Ю.А., Потапов Е.Г., Данилов С.Р., Салов Г.В. Особенности динамики гидрологических параметров, гидрохимических, биогеохимических показателей и компонентов рапы и сульфидной грязи оз. Большой Тамбукан // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2002. Юбилейный выпуск. С. 72–76.
10. Bylova N.A., Kafarskaya L.I., Chernaya Z.A. Rol' Cl. difficile v razvitií sistemnogo vospaleniya u chasto hospitaliziruyushchikhsya patsientov s KhSN [The role Cl. difficile in the development of systemic inflammation among frequently hospitalized patients with heart failure]. *Serdechnaya nedostatochnost'*, 2011, vol. 12, no 1, pp. 31-35.
11. Shevchenko A.A., Chernykh O.Yu., Shevchenko L.V. i dr. *Diagnostika klostridiozov zhivotnykh* [Diagnostics of klostridioz among animals]. Krasnodar, 2013, 36 p.
12. Morozova M.A., Fedorov Yu.A. Rol' sul'fitredutsiruyushchikh klostridii v patologii u ryb [The role of sulfite-reducing clostridia in the pathology of fishes]. *Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki*, 2015, no 1, pp. 60-66.
13. Guran H.S, Vural A., Erkan M.E. The prevalence and molecular typing of Clostridium perfringens in ground beef and sheep meats. *J. of Consumer Protection and Food Safety*, 2014, vol. 9, pp. 121-128.
14. *Rukovodstvo po meditsinskoj mikrobiologii. Obshchaya i sanitarnaya mikrobiologiya* [Manual of medical microbiology. General and sanitary microbiology]. Ed. A.S. Labinskaya, E.G. Volina. Moscow, 2008, 1080 p.
15. Regestein L., Doerr E. W., Staaden A., Rehmann L. Impact of butyric acid on butanol formation by Clostridium pasteurianum. *Bioresource Technology*, 2015, vol. 196, pp. 153-159.
16. Gar'kusha D.N., Fedorov Yu.A., Khromov M.I. Metan v vode i donnykh otlozheniyakh ust'evoi oblasti Severnoi Dviny (Beloe more) [The methane in water and bottom sediments of the Northern Dvina mouth area (White Sea)]. *Okeanologiya*, 2010, vol. 50, no 4, pp. 534-547.
17. Fedorov Yu.A., Tambieva N.S., Gar'kusha D.N., Khorohevskaya V.O. *Metan v vodnykh ekosistemakh* [The methane in aquatic ecosystems]. Rostov-on-Don, Moscow, 2005, 329 p.
18. *Massovaya dolya sul'fidnoi sery v donnykh otlozheniyakh. Metodika vypolneniya izmerenii fotometricheskim metodom s N, N-di-metil-p-fenilendiaminom* [Mass fraction of sulphate sulfur in bottom sediments. The technique of measurement photometric method with N, N-di-methyl-p-phenylenediamine]. Certificate, no 52.24.525-2011. Rosgidromet (GU GKHI). 2011, 26 p.
19. *Produkty pishchevye. Metod opredeleniya Clostridium perfringens* [Food products. Method for the determination of Clostridium perfringens]. Certificate, no 10444.9-88.
20. *McLaughlin M.R., Brooks J.P., Adeli A.* Temporal flux and spatial dynamics of nutrients, fecal indicators, and zoonotic pathogens in anaerobic swine manure lagoon water. *Water Research*, 2012, vol. 46, pp. 4949-4960.
21. Fedorov Yu.A., Grinenko V.A., Ustinov V.I. Osobennosti fraktsionirovaniya izotopov sery i kisloroda sul'fatov ozera Bol'shoi Tambukan [Features fractionation of sulfur and oxygen isotopes at lake sulfates Big Tambukan]. *Geokhimiya*, 2004, no 1, pp. 111-115.
22. Fedorov Yu.A., Potapov E.G., Danilov S.R., Salov G.V. Osobennosti dinamiki gidrologicheskikh parametrov, gidrokhimicheskikh, biogeochemicheskikh pokazatelei i komponentov rapy i sul'fidnoi gryazi oz. Bol'shoi Tambukan [Features of dynamics of hydro-geological parameters, hydrochemical, biogeochemical indicators and brine components and sulphide mud lake Large Tambukan]. *Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki*, 2002, anniversary issue, pp. 72-76.

## References

1. Grinenko V.A., Fedorov Yu.A. Issledovaniya vzaimosvyazi izotopnogo sostava sery sul'fatov s khimicheskim sostavom shakhtnykh vod Vostochnogo Donbassa [Researches the relationship of the isotopic composition of sulfate sulfur with chemical composition mine waters of the Eastern Donbass]. *Vodnye resursy*, 1990, no 6, pp. 152-161.
2. Fedorov Yu.A. *Stabil'nye izotopy i evolyutsiya gidrosfery* [Stable isotopes and the evolution of the hydrosphere]. Moscow, 1999, 370 p.
3. Dzyuban A.N. Maslyanokislye bakterii, odnosyashchiesya k rodu Clostridium, v donnykh otlozheniyakh vnutrennikh vodoemov raznogo tipa [Butyric acid bacteria belonging to the genus of Clostridium, in bottom sediments of inland waters bodies different types]. *Mikrobiologiya*, 2005, vol. 74, no 1, pp. 119-125.
4. Fedorov Yu.A., Morozova M.A., Trubnik R.G. [Clostridium: distribution, relations with hydrochemical indicators, methane and hydrogen sulfide in the water objects of Eastern Donbass]. *Sovremennyye problemy gidrokhimii i monitoringa kachestva poverkhnostnykh vod* [Modern problems of hydrochemistry and monitoring of surface water quality]. Proceedings of the scientific conference. P. 1. Rostov-on-Don, 8-10 September 2015. Rostov-on-Don, 2015, p. 270-274.
5. Dmitrik L.Yu., Trubnik R.G., Afanas'ev K.A., Gar'kusha D.N., Fedorov Yu.A. [Expeditionary researches of small rivers and reservoirs of Eastern Donbass in 2014-2015]. *Ekologicheskie problemy. Vzgl'yad v budushchee* [Environmental problems. A look into the future]. Coll. tr. VII Intern. scientific-practical. conf. Rostov-on-Don, 2015, pp. 137-139.
6. Trubnik R.G., Fedorov Yu.A., Morozova M.A. [Distribution of sulphite-reducing clostridia in bottom sediments of the Eastern Donbass water bodies and their connection to hydrochemical indicators]. *Aktual'nye problemy nauk o Zemle* [Actual problems of Earth Sciences]. Coll. tr. scientific conf. students and young scientists with intern. participation. Rostov-on-Don, 2015, pp. 247-250.
7. *Opredelitel' bakterii Berdzhii* [The determinant of bacteria Burgi]. Vol. 2. Transl. from Engl. Ed. J. Holt, N. Krieg, P. Snit. Moscow, 1997, 368 p.
8. Puchenkova S., Vinnov A. Sul'fitredutsiruyushchie klostridii v upakovannoi rybnoi produktsii [Sulphite-reducing clostridia in packaged fish products]. *Prodovol'cha industriya APK*, 2011, no 5 (13), pp. 32-34.
9. Pilipenko I.V. Clostridium perfringens: kharakteristika, biologicheskoe deistvie, indikatsiya v pishchevykh produktakh [Clostridium perfringens: characteristic, biological action, the indication in foods]. *Tekhnologicheskii audit i rezervy proizvodstva*, 2015, no 2/4 (22), pp. 4-8.