



## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткие сообщения / Brief reports

Оригинальная статья / Original article

УДК 579.266.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-179-184

### РЕГУЛЯЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ СУЛЬФАТРЕДУКТОРОВ В АКТИВНОМ ИЛЕ АЭРОТЕНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗОНИРОВАНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ

<sup>1</sup>Диана Н. Агасиева\*, <sup>1</sup>Вячеслав В. Головинов,

<sup>1</sup>Алина Ю. Шолуха, <sup>1</sup>Анна В. Полякова, <sup>2</sup>Елена В. Вильсон

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии  
имени Иванковского Д.И., Ростов-на-Дону, Россия, nitocrida@mail.ru

<sup>2</sup>Ростовский государственный строительный университет,  
Ростов-на-Дону, Россия

**Резюме. Цель.** Чрезмерный рост сульфатредукторов в аэротенках свидетельствует о преобладании анаэробных условий в активном иле, вследствие чего ухудшаются процессы аэробного окисления органического вещества сточных вод, и снижается качество очищенной воды в целом. До недавнего времени озон применяли в процессах водоподготовки как сильнейший окислитель, с тем, чтобы производить дезинфекцию сточных вод. Однако наибольший интерес вызывает озонирование в малых дозах, которое не приводит к тотальной гибели всех бактерий сообщества, а лишь корректирует численность и микробиологические процессы.

**Методы.** Посевы произведены были классическими микробиологическими методами. Учет сульфатредукторов проводили по методу наиболее вероятного числа. Учет дегидрогеназной активности проводили по классическому методу Гюнтера. **Результаты.** В статье приведены экспериментальные исследования по влиянию озонирования в малых дозах на численность сульфатредуцирующих микроорганизмов активного ила аэротенка городских очистных сооружений. Описаны возможные корректирующие действия, направленные на регуляцию процессов сульфатредукции в активном иле. **Выводы.** Установлено влияние озонирования в низких концентрациях на сульфатредуцирующие бактерии активного ила. Показано повышение дегидрогеназной активности с применением озонирования.

**Ключевые слова:** сульфатредукция, сульфатредуцирующие бактерии, аэротенк, активный ил, озонирование, озон.

**Формат цитирования:** Агасиева Д.Н., Головинов В.В., Шолуха А.Ю., Полякова А.В., Вильсон Е.В. Регуляция численности сульфатредукторов в активном иле аэротенка с применением озонирования в малых дозах // Юг России: экология, развитие. 2017. Т.12, N4. С.179-184. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-179-184

### REGULATION OF NUMBER OF SULFATE-REDUCING BACTERIA IN ACTIVATED SLUDGE UNDER THE OZONATION IN LOW DOSES

<sup>1</sup>Diana N. Agasieva\*, <sup>1</sup>Vyacheslav V. Golovinov,

<sup>1</sup>Alina Yu. Sholukha, <sup>1</sup>Anna V. Polyakova, <sup>2</sup>Elena V. Vilson

<sup>1</sup>Southern Federal University, Academy of biology and biotechnology  
named after D.I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, Russia, nitocrida@mail.ru

<sup>2</sup>Rostov State University of Civil Engineering, Rostov-on-Don, Russia

**Abstract. Aim.** Excessive growth of sulfate reducing bacteria in aeration tanks indicates the prevalence of anaerobic conditions in activated sludge, as a result of which the processes of aerobic oxidation of organic matter of wastewater deteriorate and the quality of treated water in general decreases. Until recently, ozone was used in water treatment as the active oxidizer, only to disinfect sewage. However, the hot interest is ozonation in low doses, which



does not lead to total extinction in microbiological cenosis, but only corrects the number of bacteria and microbiological processes in sludge. **Methods.** In this research were applied classical microbiological cultural methods and enumeration of sulfate-reducing bacteria under most probable number method. Dehydrogenase activity were measured by Gunter technique. **Results.** This paper discusses about impact of ozonation in low doses to quantity of sulfure reducing bacteria in activated sludge. Describes possible corrective actions aimed at regulating the processes of sulfate reduction in activated sludge. **Conclusions.** The effect of ozonation in low doses on sulfate-reducing bacteria in active sludge has been established. The increase of dehydrogenase activity with the use of ozonation has been demonstrated.

**Keywords:** sulfate-reducing process, sulfate-reducing bacteria, aeration tank, activated sludge, ozonation, ozon.

**For citation:** Agasieva D.N., Golovinov V.V., Sholukha A.Yu., Polyakova A.V., Vilson E.V. Regulation of number of sulfate-reducing bacteria in activated sludge under the ozonation in low doses. *South of Russia: ecology, development.* 2017, vol. 12, no. 4, pp. 179-184. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-179-184

## ВВЕДЕНИЕ

В разрушении огромного количества органического вещества, поступающего из бытовых стоков, принимает участие колоссальное количество прокариотических и эукариотических организмов, однако до 90% всех органических веществ минерализуется за счет жизнедеятельности различных эколого-трофических групп бактерий, которые обладают широким спектром гидролитических ферментов. Основную роль в редукции азотсодержащей органики сточных вод, конечно, играют бактерии цикла азота, однако не малая роль отводится также бактериям цикла серы. Для аэробных процессов, происходящих в аэротенках важно качественное и количественное соотношение различных группировок микроорганизмов, в том числе и анаэробов, присутствующих в очистных сооружениях [1; 2].

Экология сульфатредуцирующих микроорганизмов чрезвычайно разнообразна. Они встречаются как в иловых отложениях водоемов, так и в свободноплавающем виде, в геотермальных источниках, в почве различных типов, в торфяниках, а также ши-

роко представлены в очистных сооружениях различного профиля и в нефтяных скважинах, где они образуют обрастания на трубах и способствуют их коррозии [3-5].

Чрезмерный рост сульфатредукторов в аэротенках свидетельствует о преобладании анаэробных условий в активном иле, вследствие чего ухудшаются процессы аэробного окисления органического вещества сточных вод, и снижается качество очищенной воды в целом. До недавнего времени озон применяли в процессах водоподготовки как сильнейший окислитель, с тем, чтобы производить дезинфекцию сточных вод. Однако наибольший интерес вызывает озонирование в малых дозах, которое не приводит к тотальной гибели всех бактерий сообщества, а лишь корректирует численность и микробиологические процессы [6]. В связи с этим, **целью** исследования являлось изучить действие озонирования в малых дозах с возможностью интенсификации процессов аэробного окисления органического вещества и снижению численности сульфатредуцирующих микроорганизмов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили интегральные пробы активного ила, полученные на станции аэрации города Ростова-на-Дону полученные в весенний, летний и осенний периоды с 2014 по 2016 год включительно. В зимний период пробы не отбирали, в силу того, что это наименее активный период жизнедеятельности микроорганизмов открытых экологических систем. Пробы отбирали в аэротенке после механической очистки стоков в пятилитровые емкости. После доставки образцов в лаборато-

рию проводилось восстановление физико-химических параметров активного ила. Были применены аэраторы аквариумного типа с диспергаторами газа, благодаря которым воздух подавался по всей высоте столба отобранных проб, таким образом, активный ил перемешивался и насыщался кислородом. Восстановление физико-химических параметров в пробах активного ила проходило в течение часа, после чего из опытных установок отбирались интегральные пробы для проведения дальнейших исследований.



Для озонирования в работе использовался лабораторный озонатор типа LF-V7, который подавал в систему фиксированное количество озона в единицу времени. Количество озона в газовой смеси, подаваемой в систему устанавливали посредством газоанализатора озона Медозон-254/5 [7]. Количество поглощенного озона в системе рассчитывали по расчетам и рекомендациям А.А. Цхе и А.А. Луканина [7]. Уровень растворенного кислорода и температуры в системах измерялся при помощи кислородомера (оксиметра) Марк-302Э. Показатели кислотности среды в экспериментальных сосудах фиксировали при помощи рН-метра Hanna instruments HI8314.

После того, как прошло восстановление физико-химических параметров в активном иле, а именно были зафиксированы следующие показатели:  $pH=7\pm 0,2$ ;  $[O_2] = 2,2\pm 0,2$ ;  $ОВП = 122\pm 3$ , проводили отбор проб на микробиологический посев и проводили озонирование. Концентрации выбрали равные 0,05 и 0,1 мг/л растворенного озона. Озон вводили в экспериментальную систему каждый час в течение четырех часов. Микробиологические посевы производились классическими методами с применением жидкой среды Таусона. Учет сульфатредукторов проводили по методу наиболее вероятного числа по количеству проросших пробирок [8]. Все микробиологические посевы и измерения проводили в пяти повторностях.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом исследовательском этапе для определения общей сезонной динамики, были получены количественные характери-

стики активного ила по показателю сульфатредуцирующих микроорганизмов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Численность сульфатредуцирующих бактерий в активном иле очистных сооружений г. Ростова-на-Дону

Table 1

#### Population of sulfate-reducing bacteria in activated sludge of Rostov-on-Don waste water treatment plant

Наиболее вероятное число микроорганизмов Most probable number of microorganisms		
Период отбора Selection period	кл/мл активного ила Cells per ml activated sludge	кл/г абсолютно сухого активного ила Cells per gr absolutely dry activated sludge
Лето 2015 года Summer 2015	$1,15 \times 10^4$	$3,29 \times 10^6$
Осень 2015 года Autumn 2015	$2,00 \times 10^5$	$4,00 \times 10^7$
Весна 2016 года Spring 2016	< 30 *	< 1875*

\* – признаки роста в исследуемых разведениях отсутствовали

\* – evidence of growth in the studied dilutions was absent

В ходе анализа сезонной динамики микроорганизмов, участвующих в цикле серы в было установлено, что численность групп сульфатредуцирующих бактерий не претерпевает существенных сезонных изменений в 2015 году, количество сульфатредукторов увеличилось на один порядок осенью и составило  $4,00 \times 10^7$  кл/г абс. сух. активного ила. Достаточно высокий количественный показатель сульфатредуцирующих микроорганизмов свидетельствует о высо-

ком содержании органического вещества в системе очистных сооружений, что способствует их бурному развитию. Несмотря на постоянное перемешивание и обогащение кислородом иловой жидкости, в аэротенке все же существуют анаэробные зоны, что делает возможным развитие таких групп как сульфатредуцирующие и денитрифицирующие бактерии.

Исходные сточные воды уже содержат в своем составе большое количество се-



роводорода и сульфатов, что дает преимущество для развития сульфатредуцирующих бактерий уже в трубах водоотведений. Анаэробные условия помогают развиваться внутри канализационных труб, богатых органикой и сульфидами. Что касается количественных показателей весеннего периода 2016 года, следует отметить, что численность исследуемой группы находится на низком уровне. Численность сульфатредуцирующих бактерий определялась методом наиболее вероятного числа, где фиксировался рост в засеянных объемах из конкретных разведений. Признаки роста данной группы отсутствовали во всех повторностях исследуемых разведений, это послужило основанием сделать вывод, что их численность на весенний период фактически менее 30 кл/мл исследуемого активного ила.

Следующим этапом являлось исследование озонирования на сульфатредукторов. Численность бактерий в контрольной пробе составляла 4,0 млн кл/г сухого ила. После озонирования в 0,05 и 0,1 мг/л численности бактерий составили 4,31 и 0,83 млн кл/г. В результате исследования было установлено, что при действии 0,05 мг/л озона численность бактерий по сравнению с контролем возросла на 8%, а в пробах с концентрацией 0,1 мг/л уменьшилась на 79%. Незначительное увеличение сульфатредукторов при действии 0,05 мг/л озона может быть объяснено тем, что в сточной воде произошло накопление более доступных форм соединений серы, которые также могли включиться в метаболизм сульфатредукторов.

Напротив, снижение их при действии 0,1 мг/л показывает, что эта физиологическая группировка неспособна существовать в среде с накоплением свободных радикалов. Высокая численность сульфатредукторов на сооружениях очистки также является неблагоприятной по той причине, что сульфатредукторы способствуют накоплению в среде различных соединений серы, в результате их деятельности выделяется большое количество сероводорода, что ухудшает органолептические свойства очищенных вод, а также качество сточной воды на выходе по соответствующим показателям. Следует также отметить, что накопление в системе очистных сооружений различных соединений серы, в том числе восстановленных, может приводить к бурному развитию тионовых бактерий, которое негативно сказывается на качестве очистки и приводит к нитчатому вспуханию активного ила [9].

Конститутивный характер дегидрогеназ, центральное положение которых занимает дегидрирование при биологическом окислении органических веществ, а также относительная простота методов определения активности дегидрогеназ, обусловили широкое применение дегидрогеназной активности как для оценки состояния экосистемы промышленных илов, так и для токсичности сточных вод [10]. Дегидрогеназы являются внутриклеточными ферментами [1], поэтому целесообразным было выражать их удельную активность. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Удельная активность дегидрогеназ активного ила при озонировании в малых дозах  
(мг восстановленного формазана /г абсолютно сухого активного ила)

Table 2

Specific activity of active sludge dehydrogenases in ozonation in low doses  
(mg of reduced formazan /g of absolutely dry activated sludge)

Контроль / Control	0,05 мг/л озона 0,05 mg ozone per liter	0,1 мг/л озона 0,1 mg ozone per liter
972,14±2,67	1066,80±1,20	1134,70±1,89

После проведения озонирования в варианте с дозой 0,05 мг/л зафиксировали повышение активности на 9%, а в варианте с концентрацией 0,1 мг/л – на 17%. При этом окислительно-восстановительный потенциал также повышается до 155±5 мВ по сравнению с контрольными значениями (122±2). Данный факт позволяет сделать вывод, что с

применением озонирования повышается уровень дегидрогеназной активности в активном иле, а равновесие в системе очистки смещается в сторону аэробных процессов, что, несомненно, положительно сказывается на работе микробиоценоза активного ила в целом.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложность процесса очистки сточных вод связана с чрезвычайно высоким разнообразием загрязняющих веществ, входящих в состав сточных вод. Не всегда микробиоценоз способен справляться с возникающим в аэротенке дисбалансом по определенным показателям. Необходимо разрабатывать относительно дешевые и быстрые методы корректировки микробиологических

процессов, происходящих в активном иле. Одним из методов как раз и может быть озонирование в низких концентрациях. Таким образом, в результате исследования было показана возможность применения озонирования в малых концентрациях для регуляции численности сульфатредуцирующих микроорганизмов, а так же для интенсификации аэробных процессов в активном иле.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Duine J.A., Frank J., Berkhout M.P.J. NAD-dependent, PQQ-containing methanol dehydrogenase: a bacterial dehydrogenase in a multienzyme complex // *FEBS letters*. 1984. vol. 168. no.2. P. 217–221.
2. Ren H., Ma L., Wang B., Gong H., Yuan Z., & Li Z. Systematic Analysis of the Biochemical Characteristics of Activated Sludge During Ozonation for Lowering of Biomass Production // *Ozone: Science & Engineering*. 2017. vol. 39. iss. 2. P. 80–90. doi: 10.1080/01919512.2016.1268948
3. Брюханов А.Л., Корнеева В.А., Канапатский Т.А., Захарова Е.Е., Менько Е.В., Русанов И.И., Пименов Н.В. Изучение состава сообществ сульфатредуцирующих бактерий в аэробных водах и зоне Хемоклина Черного моря с использованием метода FISH // *Микробиология*. 2011. Т. 80, N1. С. 112–120.
4. Okabe S., Itoh T., Satoh H., Watanabe Y. Analyses of Spatial Distributions of Sulfate-Reducing Bacteria and their Activity in Aerobic Wastewater Biofilms // *Applied and Environmental Microbiology*. 1999. vol. 65. no. 11. P. 5107–5116.
5. Loto C.A. Microbiological corrosion: mechanism, control and impact – a review // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. Vol.92, iss. 9-12. P. 4241–4252. doi: 10.1007/s00170-017-0494-8
6. Huang C., Shi Y., Sheng Zh., Gamal El-Din M., Liu Ya. Characterization of microbial communities during

- start-up of integrated fixed-film activated sludge (IFAS) systems for the treatment of oil sands process-affected water (OSPW) // *Biochemical Engineering Journal*. 2017. vol. 122. P. 123–132. doi: 10.1016/j.bej.2017.03.003
7. Цхе А.А., Хан В.А., Мышкин В.Ф., Колесников В.П., Вильсон Е.В., Почуев Ю.Н., Луканин А.А. Предозонирование – как средство интенсификации процессов биологической очистки сточных вод // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. N87. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predozoneirovanie-kak-sredstvo-intensifikatsii-protseessov-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod> (дата обращения 05.11.2016).
8. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
9. Adonadaga M.-G., Ampadu B., Martienssen M. Effect of Sludge Loading and Dissolved Oxygen Concentration on Proliferation of *Thiothrix* and *Eikelboom* Types 1851 and 0041 in Activated Sludge Wastewater Treatment Plants // *International Journal of Applied*. 2016. vol. 6. no.4. P. 8–13.
10. Гюнтер Л.И. Применение метода определения дегидрогеназной активности ила (ДАИ) для исследования и контроля аэротенков // *Научн. тр. АКХ*. 1976. N23. С.10–12.

## REFERENCES

1. Duine J.A., Frank J., Berkhout M.P.J. NAD-dependent, PQQ-containing methanol dehydrogenase: a bacterial dehydrogenase in a multienzyme complex. *FEBS letters*. 1984. vol. 168. no.2. pp. 217–221.
2. Ren H., Ma L., Wang B., Gong H., Yuan Z., & Li Z. Systematic Analysis of the Biochemical Characteristics of Activated Sludge During Ozonation for Lowering of Biomass Production. *Ozone: Science & Engineering*. 2017. vol. 39. iss. 2. pp. 80–90. doi: 10.1080/01919512.2016.1268948
3. Bryukhanov A.L., Korneeva V.A., Kanapatskii T.A., Zakharova E.E., Men'ko E.V., Rusanov I.I., Pimenov N.V. Investigation of the sulfate-reducing bacterial community in the aerobic water and chemocline zone of the Black Sea by the fish technique. *Mikrobiologiya [Microbiology]*. 2011. vol. 80. no. 1. pp 108–116.
4. Okabe S., Itoh T., Satoh H., Watanabe Y. Analyses of Spatial Distributions of Sulfate-Reducing Bacteria and their Activity in Aerobic Wastewater Biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*. 1999. vol. 65. no. 11. pp. 5107–5116.
5. Loto C.A. Microbiological corrosion: mechanism, control and impact – a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. Vol.92, iss. 9-12. pp. 4241–4252. doi: 10.1007/s00170-017-0494-8
6. Huang C., Shi Y., Sheng Zh., Gamal El-Din M., Liu Ya. Characterization of microbial communities during start-up of integrated fixed-film activated sludge (IFAS) systems for the treatment of oil sands process-affected water (OSPW). *Biochemical Engineering Journal*. 2017. vol. 122. pp. 123–132. doi: 10.1016/j.bej.2017.03.003
7. Ckhe A.A., Han V.A., Mishkin V.F., Kolesnikov V.P., Vilson E.V., Pochuev U.N. [Preozonization as a biological wastewater treatment intensification method]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013, no. 87. (In Russian) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/predozoneirovanie-kak-sredstvo-intensifikatsii-protseessov-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod>





sredstvo-intensifikatsii-protssesov-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod (accessed 05.11.2016)

8. Netrusov A.I., ed. *Praktikum po mikrobiologii* [Microbiology practice manual]. Moscow, Academy Publ., 2005, 608 p. (In Russian)

9. Adonadaga M.-G., Ampadu B., Martienssen M. Effect of Sludge Loading and Dissolved Oxygen Concentration on Proliferation of *Thiothrix* and Eikelboom

Types 1851 and 0041 in Activated Sludge Wastewater Treatment Plants // International Journal of Applied. 2016. vol. 6. no. 4. pp. 8–13.

10. Gunter L.I. Application of the method for determination of dehydrogenase activity of silt (DAS) for the study and control of aerotanks. Nauchnye trudy AKKh [Scientific Works of the Academy of Public Utilities]. 1976, no. 23. pp. 10–12.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### Принадлежность к организации

**Диана Н. Агасиева\*** – аспирант кафедры биохимии и микробиологии Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет, 143409, Московская область, г. Красногорск, ул. Ленина 28, кв. 114, тел.: +79854382524, e-mail: nitocrida@mail.ru

**Вячеслав В. Головинов** – магистрант кафедры биохимии и микробиологии Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.

**Алина Ю. Шолуха** – студент кафедры биохимии и микробиологии Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.

**Анна В. Полякова** – к.б.н., доцент кафедры биохимии и микробиологии Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.

**Елена В. Вильсон** – к.т.н., доцент кафедры водоснабжение и водоотведение, Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.

### Критерии авторства

Диана Н. Агасиева – отбирала материал для исследований, составляла общий обзор литературных данных по исследуемой проблеме, переводила иностранную литературу, проводила микробиологические посевы и учеты результатов, подготовила рукопись к печати. Вячеслав В. Головинов и Алина Ю. Шолуха – готовили необходимые для исследований реактивы, питательные среды и вспомогательные материалы, участвовали в отборах проб, проводили микробиологические посевы. Анна В. Полякова – составляла общий обзор литературных данных по исследуемой проблеме, анализировала полученные данные. Елена В. Вильсон – составляла общий обзор литературных данных по исследуемой проблеме, проводила расчеты, анализировала полученные данные. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.06.2017  
Принята в печать 28.07.2017

## AUTHORS INFORMATION

### Affiliations

**Diana. N. Agasieva\*** – Postgraduate student of the Department of Biochemistry and Microbiology of the Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, 143409, Moscow Region, Krasnogorsk, 28 Lenina st., apt. 114, tel.: +79854382524; e-mail: nitocrida@mail.ru

**Vyacheslav V. Golovinov** – Master of Biochemistry and Microbiology, Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia.

**Alina Y. Sholukha** – Student of the Department of Biochemistry and Microbiology of the Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia.

**Anna V. Polyakova** – Candidate of biological sciences, Associate Professor at the Department of Biochemistry and Microbiology of the Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia.

**Elena V. Vilson** – Candidate of engineering sciences, Associate Professor at the Department of Water Supply and Sanitation, Rostov State University of Civil Engineering, Rostov-on-Don, Russia.

### Contribution

Diana N. Agasieva was responsible for the collection of materials for the study, made an overview of the literature sources on the problem, translated foreign literature, conducted microbiological analysis and made records on the results; prepared the manuscript for publication. Vyacheslav V. Golovinov, Alina Yu. Sholukha prepared research reagents necessary for the study as well as the nutrient media and auxiliary materials; participated in sampling and conducted microbiological planting. Anna V. Polyakova made a general overview of the literature data on the problem, analyzed the data. Elena V. Vilson made a general overview of the literature data on the problem under study, carried out calculations and analyzed the data. All authors are equally responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issues.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 03.06.2017  
Accepted for publication 28.07.2017