

Журавлёв П.В.¹, Хуторянина И.В.¹, Марченко Б.И.²

Барьерная роль очистных сооружений канализации в отношении санитарно-показательных и патогенных бактерий, паразитарных агентов на примере южной зоны России

¹ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора, 344010, Ростов-на-Дону, Россия;²ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России, 344006, Ростов-на-Дону, Россия

Введение. С санитарно-эпидемиологической точки зрения наибольший практический интерес представляют хозяйственно-бытовые сточные воды, составляющие более 80% от объёма всего водоотведения. Попадающие в канализацию инфекционные агенты не погибают самостоятельно. Задача очистных сооружений канализации состоит в предотвращении возможного распространения через воду кишечных и паразитарных инфекций.

Цель работы — изучение эффективности работы очистных сооружений канализации в отношении патогенных и санитарно-показательных бактерий и возбудителей паразитозов.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись микробные и паразитарные сообщества хозяйственно-бытовых сточных вод очистных сооружений канализации ряда городов Ростовской области. В работе использованы стандартные микробиологические методы исследования согласно МУ 2.1.5.800-99 и методы санитарно-паразитологических исследований сточных вод, изложенные в МУК 4.2.2661-10, а также авторские методики (МР № ФЦ/4022).

Результаты. Поступающие на очистные сооружения канализации сточные воды изучаемых городов имеют высокую степень обсеменённости по всем бактериологическим и паразитологическим показателям. В то же время интенсивность загрязнения сточных вод по этим показателям для городских стоков находилась в пределах, предусмотренных МУ 2.1.5.800-99. Показана динамика процесса обеззараживания на этапах очистных сооружений канализации. При нормальном функционировании систем очистки сточная вода полностью освобождается от сальмонелл. Видовой состав возбудителей паразитозов в сточных водах, прошедших этапы очистки, так же как и поступающих, на всех территориях практически идентичен.

Заключение. Исследования показали, что при соблюдении технологии водообработки очистных сооружений канализации сточная вода практически соответствует нормативным документам по бактериологическим показателям. В то же время показана низкая эффективность в отношении дезинвазии и дегельминтизации.

Ключевые слова: бактерии; паразитарные агенты; обеззараживание; очистные сооружения канализации

Для цитирования: Журавлёв П.В., Хуторянина И.В., Марченко Б.И. Барьерная роль очистных сооружений канализации в отношении паразитов, санитарно-показательных и патогенных бактерий на примере южной зоны России. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(10): 1070-1076. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1070-1076>

Для корреспонденции: Журавлёв Пётр Васильевич, доктор мед. наук, зав. лаб. санитарной микробиологии водных объектов и микробной экологии человека ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора, 344010, Ростов-на-Дону. E-mail: pithegreat@yandex.ru

Участие авторов: Журавлёв П.В. — концепция и дизайн исследования, обработка материала, статистическая обработка, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Хуторянина И.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Марченко Б.И. — статистическая обработка, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила 16.04.2021 / Принята к печати 28.09.2021 / Опубликована 28.09.2021

Petr V. Zhuravlev¹, Irina V. Khutoryanina¹, Boris I. Marchenko²

The barrier role of sewage treatment plants in relation to sanitary-indicative and pathogenic bacteria, parasitic agents on the example of the southern zone of Russia

¹Rostov Scientific Research Institute of Microbiology and Parasitology, Rostov-on-Don, 344106, Russian Federation;²Southern Federal University, 344006, Rostov-on-Don, Russian Federation

Introduction. From the sanitary and epidemiologic point of view the economic and household sewage making more than 80% of the volume of all water disposal is of the greatest practical interest. The infectious agents getting to the sewerage do not perish independently. The problem of treatment facilities of the sewerage consists of prevention of possible distribution through water of intestinal and parasitic infections.

Aim of the study. To investigate the overall efficiency of sewage treatment facilities in relation to pathogenic and sanitary indicator bacteria and pathogens of parasitic diseases.

Materials and methods. The object of the study was microbial and parasitic communities of household waste water from sewage treatment plants in a number of cities in the Rostov region. In work standard microbiological methods of research according to MU 2.1.5.800-99 and the methods of sanitary and parasitological researches of sewage stated in MUK 4.2.2661-10 and also author's techniques (No. FTs/4022 MR) are used

Results. The sewage of the studied cities arriving on sewage treatment plants has high degree of contamination on all bacteriological and parasitological indicators. At the same time intensity of pollution of sewage on these indicators for city drains was in the limits provided by MU 2.1.5.800-99. Dynamics of decontamination process at stages of sewage treatment facilities is shown. During normal operation of treatment systems, waste water is completely freed from salmonella. The species composition of parasitosis pathogens in wastewater that underwent the treatment stages, as well as those arriving, was almost identical in all territories.

Conclusion. Researches have shown that at respect for technology of water processing of treatment facilities of the sewerage waste water practically corresponds to normative documents on bacteriological indicators. At the same time, the low performance concerning disinvasion and deworming is shown.

Keywords: bacteria; parasitic agents; disinfecting; treatment facilities of the sewerage

For citation: Zhuravlev P.V., Khutoryanina I.V., Marchenko B.I. The barrier role of sewage treatment plants in relation to parasites and sanitary-indicative and pathogenic bacteria on the example of the southern zone of Russia. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(10): 1070-1076. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1070-1076> (In Russ.)

For correspondence: Petr V. Zhuravlev, MD, PhD, DSci., head. lab. Sanitary Microbiology of Water Bodies and Human Microbial Ecology, Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology, 344010, Rostov-on-Don. E-mail: pitthegreat@yandex.ru

Information about authors:

Zhuravlev P.V., <https://orcid.org/0000-0002-8196-3882> Khutoryanina I.V., <https://orcid.org/0000-0001-7665-6549> Marchenko B.I., <https://orcid.org/0000-0001-6173-329X>

Contribution: Zhuravlev P.V. – research concept and design, material processing, statistical processing, text writing, editing; Khutoryanina I.V. – research concept and design, material collection and processing, statistical processing, text writing; Marchenko B.I. – statistical processing, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: April 16, 2021 / Accepted: September 28, 2021 / Published: October 31, 2021

Введение

Мониторинг качества воды поверхностных водоисточников за последние десятилетия показал постепенное ухудшение её санитарно-микробиологических и санитарно-паразитологических показателей, что связано с массивным сбросом в водоёмы неочищенных и недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых, промышленных и сельскохозяйственных сточных вод, содержащих большое количество микроорганизмов, в том числе патогенных бактерий, вирусов и паразитарных агентов [1–3].

В районе выпуска сточных вод формируется бактериальный фон, что вместе с большим количеством органических соединений, служащих дополнительным источником питания для жизнедеятельности микрофлоры, создаёт непосредственную эпидемическую опасность распространения острых кишечных инфекций (ОКИ) [4].

При несоблюдении режима хлорирования в водный объект сбрасываются сточные воды, содержащие большое количество микрофлоры (в том числе и инфекционных агентов), что нарушает количественные соотношения между индикаторными и патогенными бактериями, при этом отмечается селекция хлоростойчивых штаммов [5].

Установлено, что патогенные бактерии могут встречаться и в сточных водах, подвергающихся очистке [6–9]. Так, по данным сотрудников ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» (в настоящее время ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» ФМБА России), при выпуске сточных вод города Читы в реку Ингода при обеззараживании, не соответствовавшем гигиеническим требованиям, в сточных водах соотношение колиформных бактерий и сальмонелл составляло $10^8:10^2$ КОЕ/100 мл. При обработке указанных вод сальмонеллы оказались полностью устойчивыми к соединениям хлора, в то же время уровень грамтрицательных бактерий снизился на 4 порядка, и соотношение стало $10^4:10^2$ КОЕ/100 мл. Попадание в водоём такого стока (не дехлорированного) привело к гибели сапрофитной водной микрофлоры и нарушению процессов самоочищения. В связи с этим на протяжении свыше 200 км (более трёхсуточного пробега воды) выделялись индикаторные и патогенные микроорганизмы. Кроме того, зарегистрировано разномножение сальмонелл при полном отмирании наиболее чувствительных индикаторов – ТКБ, *E. coli*, энтерококков. Индексы сальмонелл и ОКБ практически сравнялись: $10:10^2$ КОЕ/100 мл [10].

Необходимо отметить, что бактерии, поступающие в водоёмы со сточными водами, зачастую обладают резистентностью к отдельным антибиотикам, а иногда и множественной лекарственной устойчивостью. Установлено, что сточные воды содержат значительное количество антибиотикоустойчивых штаммов бактерий [11, 12].

Со стороны современной науки и практики поставлены следующие задачи очистки городских сточных вод, обеспеченные специально разработанными инженерными технологиями и методами расчёта:

- 1) удаление грубодисперсных примесей, песка, плавающих веществ;
- 2) удаление органических загрязнений;
- 3) удаление соединений азота и фосфора;
- 4) обеззараживание очищенных вод;
- 5) обработка осадков сточных вод. В этом большое воздействие на неё оказывала санитарно-гигиеническая наука [13].

Со сточными водами, поступающими в канализацию от различных видов человеческой деятельности, происходят различные изменения физико-химических и биологических свойств. По происхождению сточные воды подразделяют на 3 группы: производственные, бытовые и атмосферные [14].

Несомненный интерес с санитарно-эпидемиологической и практической точки зрения представляют хозяйственно-бытовые сточные воды, составляющие более 80% от объёма всего водоотведения. Остальные 20% составляют сельскохозяйственные, производственные, ливневые, дренажные и другие стоки. В каждой из категорий имеются свои «загрязняющие компоненты, требующие соответствующего подхода к очистке» [15].

Объём сточных вод, сбрасываемых в открытые водные объекты, составляет более 55 км^3 , при этом «полноценную очистку проходит лишь 11% из-за отсутствия очистных сооружений или малоэффективной их работы» [16].

Хозяйственно-бытовые сточные воды отличаются значительным бактериальным и паразитарным загрязнением. Из патогенных микроорганизмов встречаются возбудители желудочно-кишечных и других заболеваний, большое число яиц гельминтов [17, 18].

Это связано с тем, что человек ежедневно выделяет $4,48 \cdot 10^{12}$ микробных тел. Общая численность сапрофитных микроорганизмов сточных вод «может достигать $4,48 \cdot 10^7$ КОЕ/мл, количество бактерий группы кишечной палочки – 10^8 КОЕ/л» [19]. Интенсивность контаминации сточных вод яйцами гельминтов и цистами патогенных кишечных простейших «колеблется от единиц до сотен экз./л и зависит от заражённости людей и животных, сезона и времени суток, степени канализования населённых мест» [20–22]. Известно, что даже в неэпидемический период в хозяйственно-бытовых сточных водах могут находиться патогенные кишечные бактерии, вирусы и паразитарные агенты в связи с поступлением в канализацию экскрементов людей или недостаточно обеззараженных сточных вод инфекционных больных и т. д. [23–25].

Цель работы – изучение эффективности работы очистных сооружений канализации в условиях южной зоны Российской Федерации в отношении патогенных и санитарно-показательных бактерий и возбудителей паразитозов.

Материалы и методы

В качестве санитарно-показательных бактерий определяли общие колиформные бактерии (ОКБ) и термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), как представитель патогенных энтеробактерий – сальмонеллы, а также паразитарные патогены.

Исследования на наличие санитарно-показательных микроорганизмов в водных объектах проводили в соответствии с МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов» и МУ 2.1.5.800-99 «Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод».

В связи с тем, что эпидемический потенциал воды в основном определяется количественным содержанием микроорганизмов, способных вызывать заболевания, проводили количественный анализ исследуемых бактерий титрационным методом с использованием неингибирующих и умеренно ингибирующих сред подрашивания, в соответствии с разработанными нами МР № 01-19/98-17 «Усовершенствованный метод обнаружения энтеробактерий и неферментирующих грамотрицательных микроорганизмов в объектах водной среды».

Для выделения и количественного учёта сальмонелл использовали магниевую среду и разработанную нами «Питательную среду для накопления сальмонелл, готовую к применению» (РНС) с дальнейшим пересевом на плотные дифференциально-элективные среды, используемые на втором и третьем этапах исследования, согласно методическим рекомендациям «Использование готовой к применению питательной среды для выделения сальмонелл из водных объектов» (Ростов-на-Дону, 2012). На среду РНС имеются: патент № 2312136 от 10.12.2007 г. [26]; разрешение Росздрава на производство и использование на территории РФ (приказ от 29.09.2009 г. № 7606-Пр/09 г.); регистрационное удостоверение № ФСР 2009/05759 от 29.09.2009 г.

При санитарно-паразитологическом исследовании сточных вод дополнительно использовали методы, изложенные в МУК 4.2.2661-10 «Методы санитарно-паразитологических исследований» и МУ 3.2.1756-03 «Эпидемиологический надзор за паразитарными болезнями», а также при изучении воды поверхностных водных объектов использовали методы, изложенные в МУК 4.2.2314-08 «Методы санитарно-паразитологического анализа воды. Методические указания» и МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов».

Эффективность дезинвазии (Эдез.) сточных вод определяли по упрощённой формуле:

$$\text{Эдез.} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где X_1 – количество жизнеспособных яиц гельминтов, выявленных до очистки; X_2 – количество жизнеспособных яиц гельминтов, выявленных после очистки.

Эффективность дегельминтизации (Эдег.) сточных вод определяли по упрощённой формуле:

$$\text{Эдег.} = \frac{X_3 - X_4}{X_3} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где X_3 – общее количество яиц гельминтов, выявленных до очистки; X_4 – общее количество яиц гельминтов, выявленных после очистки.

Оценку качества воды поверхностных водных объектов и сточных вод ОСК по санитарно-бактериологическим и санитарно-паразитологическим показателям проводили в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней», СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к ис-

пользованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения», МУ 2.1.5.800-99 «Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод».

В ходе работы в период 2005–2017 гг. выполнено 1560 санитарно-бактериологических и санитарно-паразитологических исследований хозяйственно-бытовых сточных вод городов Ростова-на-Дону (более 1 млн жителей), Азова (82 тыс. жителей) и Цимлянска (15 тыс. жителей) на разных этапах очистки.

В Ростове-на-Дону точками отбора являлись приёмная камера, лоток после первичных отстойников, лоток после биореактора и канал очищенной воды; в Азове – приёмная камера, лоток после первичных отстойников, лоток после вторичных отстойников и канал очищенной воды; в Цимлянске – приёмная камера и после хлораторной камеры.

Результаты

Бактериальное загрязнение

Перед проведением цикла исследований по изучению эффективности работы систем очистных сооружений выполнена проверка сред накопления, представленных в МУ 2.1.5.800-99 и разработанных авторами: для санитарно-показательных (ОКБ и ТКБ) это лактозо-пептонная среда и среда накопления энтеробактерий (по МР № 01-19/98-17), для выделения сальмонелл – магниевая среда и среда РНС.

Исследования показали, что разработанные авторами среды накопления бактерий обладают большей чувствительностью по сравнению со средами, представленными в нормативных документах (табл. 1). Поэтому в дальнейшей работе использованы среды накопления, разработанные в Ростовском НИИ микробиологии и паразитологии.

Поступающие на ОСК сточные воды изучаемых городов имеют высокую степень обсеменённости по изучаемым показателям (ОКБ, ТКБ, сальмонеллы). В то же время интенсивность загрязнения сточных вод по этим показателям для городских стоков находилась в пределах, предусмотренных МУ 2.1.5.800-99 (табл. 2).

Эпидемический потенциал воды определяется наличием инфекционных агентов, которыми могут являться патогенные энтеробактерии – сальмонеллы.

Исследование сточной воды канализации г. Ростова-на-Дону при использовании среды РНС, показало, что сальмонеллы присутствовали во всех пробах (100%) при использовании магниевой среды – в 84,4%. При этом средний индекс сальмонелл составил $6015,6 \pm 1310,2$ КОЕ/1000 на среде РНС и $802,2 \pm 193,9$ КОЕ/1000 – на магниевой среде (различия между количественным содержанием сальмонелл в 1000 мл исследуемой воды существенны и статистически достоверны: $t = 1,9$; $p < 0,05$).

При исследовании канализационных стоков г. Азова положительными на сальмонеллы оказались 100% проб с применением среды РНС и 83,3% проб – магниевой. Средний индекс сальмонелл составил $1380,6 \pm 459,5$ КОЕ/1000 при использовании среды РНС и $265,3 \pm 82,7$ КОЕ/1000 – магниевой среды (различия между количественным содержанием сальмонелл в 1000 мл исследуемой воды существенны и статистически достоверны: $t = 2,7$; $p < 0,001$).

В сточной воде г. Цимлянска с помощью среды РНС сальмонеллы выделялись в 76,7%, с применением магниевой среды – в 63,3%. Средний индекс сальмонелл при использовании среды РНС составил $873,4 \pm 217,8$ КОЕ/1000 и $94,7 \pm 23,3$ КОЕ/1000 – магниевой среды (различия между количественным содержанием сальмонелл в 1000 мл исследуемой воды существенны и статистически достоверны: $t = 1,7$; $p < 0,01$).

Сальмонеллёзный пейзаж был представлен бактериями разных сероваров, где преобладали сальмонеллы групп В и С, из выделенных штаммов наиболее часто встречались *S. typhimurium*, *S. london*, *S. essen* и *S. enteritidis*.

Эффективность работы очистных сооружений канализации (ОСК) определяли согласно нормативам, изложенным

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная оценка выделения санитарно-показательных микроорганизмов и патогенных энтеробактерий (сальмонелл) из сточной воды с применением сред накопления согласно МУ 2.1.5.800-99 и авторских сред накопления

Comparative assessment of sanitary-indicative microorganisms and pathogenic enterobacteria (Salmonella) isolation from wastewater using liquid media in accordance with MU 2.1.5.800-99 and author's liquid media

Дата отбора Sampling date	Место отбора Sampling site	С применением сред накопления, With the use of accumulation media					
		согласно МУ 2.1.5.800-99 in accordance with MU 2.1.5.800-99			разработанных авторами developed by the authors		
		Индексы КОЕ/100 Indices CFU/100		Сальмонеллы, НВЧ/1000 Salmonella, HCV/1000	Индексы КОЕ/100 Indices CFU/100		Сальмонеллы, НВЧ/1000 Salmonella, HCV/1000
		общие колиформные бактерии common coliform bacteria	термотолерантные колиформные бактерии thermotolerant coliform bacteria		общие колиформные бактерии common coliform bacteria	термотолерантные колиформные бактерии thermotolerant coliform bacteria	
Интенсивность загрязнения сточных вод по микробиологическим показателям согласно МУ 2.1.5.800-99 The intensity of wastewater pollution according to microbiological indicators according to MU 2.1.5.800-99		10 ⁵ –10 ⁷	–	10 ³ –10 ⁴	10 ⁵ –10 ⁷	–	10 ³ –10 ⁴
14.03.2005	До очистки / Before cleaning	2 • 10 ⁷	7 • 10 ⁶	62	2 • 10 ⁸	7 • 10 ⁷	620
	После очистки / After cleaning	24	21	Н/о (n.d.)	240	70	Н/о (n.d.)
21.03.2005	До очистки / Before cleaning	2 • 10 ⁸	7 • 10 ⁸	90	2 • 10 ⁹	7 • 10 ⁸	120
	После очистки / After cleaning	Н/о (n.d.)	Н/о (n.d.)	Н/о (n.d.)	Н/о (n.d.)	Н/о (n.d.)	Н/о (n.d.)
28.03.2005	До очистки / Before cleaning	2 • 10 ⁸	7 • 10 ⁶	6	2 • 10 ⁸	7 • 10 ⁷	500
	После очистки / After cleaning	1.3	1.3	Н/о (n.d.)	7	1.3	Н/о (n.d.)
04.04.2005	До очистки / Before cleaning	7 • 10 ⁷	7 • 10 ⁷	Н/о (n.d.)	7 • 10 ⁷	7 • 10 ⁷	700
	После очистки / After cleaning	0.6	0.6	Н/о (n.d.)	0.6	0.6	Н/о (n.d.)

Примечание. Здесь и в табл. 2: Н/о – не обнаружено.

Note. Here and in Table 2: n.d. – not detected.

Таблица 2 / Table 2

Интенсивность загрязнения городских сточных вод по микробиологическим показателям за весь период наблюдения (средние значения)
The intensity of urban wastewater pollution by microbiological indicators for the entire observation period (average values)

Период, годы Period, years	Место отбора Selection location	Индексы КОЕ/100 Indices CFU/100		Сальмонеллы, НВЧ/1000 Salmonella, HCV/1000
		общие колиформные бактерии common coliform bacteria	термотолерантные колиформные бактерии thermotolerant coliform bacteria	
<i>Ростов-на-Дону / Rostov-on-Don</i>				
2005–2006	До очистки / Before cleaning	131186894 ± 37611485	112413752 ± 34727226	6704 ± 1824
	После очистки / After cleaning	48 ± 14	14 ± 2	Н/о (n.d.)
2009–2010	До очистки / Before cleaning	192418246 ± 56782505	18371544 ± 3746308	5528 ± 1426
	После очистки / After cleaning	773 ± 86	140 ± 33	Н/о (n.d.)
2015–2016	До очистки / Before cleaning	251544386 ± 61189276	133856317 ± 38153843	5814 ± 1485
	После очистки / After cleaning	542 ± 16	320 ± 71	Н/о (n.d.)
<i>Азов / Azov</i>				
2005–2006	До очистки / Before cleaning	96417311 ± 31526914	17306511 ± 2814146	1472 ± 311
	После очистки / After cleaning	424 ± 88	75 ± 18	Н/о (n.d.)
2012–2013	До очистки / Before cleaning	122264056 ± 43819347	48247652 ± 12170486	1353 ± 327
	После очистки / After cleaning	264 ± 54	134 ± 37	Н/о (n.d.)
2016–2017	До очистки / Before cleaning	233792456 ± 64508712	87451317 ± 24927286	1317 ± 256
	После очистки / After cleaning	77 ± 26	52 ± 14	Н/о (n.d.)
<i>Цимлянск / Tsimlyansk</i>				
2006–2007	До очистки / Before cleaning	14307963 ± 4572244	4727154 ± 1251487	1015 ± 324
	После очистки / After cleaning	2725 ± 834	524 ± 118	Н/о (n.d.)
2010–2012	До очистки / Before cleaning	11236425 ± 2563814	7518226 ± 1947385	784 ± 214
	После очистки / After cleaning	1347536 ± 352837	635812 ± 204636	472 ± 136
2015–2016	До очистки / Before cleaning	24421783 ± 711864	13382754 ± 4215378	820 ± 246
	После очистки / After cleaning	4538427 ± 869573	714354 ± 225733	633 ± 215

Таблица 3 / Table 3

Динамика процесса обеззараживания на этапах ОСК в городах Ростове-на-Дону и Азове

Dynamics of the decontamination process at the stages of the sewage treatment facilities in cities of Rostov-on-Don and Azov

Этап очистки Treatment steps	Степень очистки, % Treatment rate, %		
	колиформные бактерии coliform bacteria		сальмонеллы salmonella
	общие common	термотолерантные thermotolerant	
<i>Ростов-на-Дону</i> <i>Rostov-on-Don</i>			
Первичные отстойники Primary settling tanks	67.7	79.3	97.7
Биореактор Bioreactor	98.2	99.98	99.4
Канал очищенной воды Purified water channel	99.9998	99.9999	100
<i>Азов</i> <i>Azov</i>			
Первичные отстойники Primary settling tanks	72.3	78.8	98.1
Вторичные отстойники Secondary settling tanks	97.8	98.3	99.7
Канал очищенной воды Purified water channel	99.99	99.99	100

в МУ 2.1.5.800-99, где по микробиологическим показателям критериями оценки качества обеззараживания сточных вод, отводимых в водные объекты, являются индикаторные микроорганизмы (ОКБ и ТКБ), паразитарные патогены и возбудители кишечных инфекций – сальмонеллы.

Исследования показали, что качество сточной воды после прохождения комплекса очистки не всегда соответствовало установленным критериям по бактериологическим показателям, что связано с временными нарушениями работы одного или нескольких звеньев системы очистки ОСК.

Сточная вода после обработки на ОСК соответствовала МУ 2.1.5.800-99 в Ростове-на-Дону в период 2005–2006 гг., в Азове в 2015–2016 гг. (табл. 2).

Следует подчеркнуть, что качество очищенных и обеззараженных сточных вод по нормируемому санитарно-бактериологическим показателям в большинстве случаев лишь незначительно превышало установленные нормативы: в Ростове-на-Дону это период 2009–2010 и 2015–2016 гг., в Азове 2005–2006 и 2012–2013 гг., в Цимлянске 2006–2007 гг. (см. табл. 2). В то же время сточная вода после прохождения ОСК по нормируемым бактериологическим показателям (ОКБ, ТКБ и сальмонеллы) соответствовала требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

В Цимлянске в периоды 2010–2012 и 2015–2016 гг. очищения и обеззараживания сточной воды после прохождения ОСК практически не наблюдалось, в том числе и сальмонелл (см. табл. 2). Это было связано с неполным функционированием технологического процесса водообработки из-за нерабочего состояния биофильтров в системе очистных сооружений канализации.

В сточной воде, прошедшей обработку на ОСК городов Ростова-на-Дону и Азова, патогенные энтеробактерии (сальмонеллы) не регистрировались (см. табл. 2).

Анализ процесса обеззараживания на этапах водообработки ОСК городов Ростова-на-Дону и Азова показал степень важности каждого рассматриваемого этапа технологического процесса очистки. Также следует отметить схожую динамику снижения количества санитарно-показательных микроорганизмов (ОКБ и ТКБ) и патогенных энтеробактерий (сальмонелл) в процессе очистки сточной воды на ОСК вышеуказанных городов (табл. 3).

Паразитарное загрязнение

Исследования поступающих на очистные сооружения канализации сточных вод дают возможность оценить их обсеменённость с точки зрения дальнейшего попадания на технологические этапы очистки и наличия паразитарной нагрузки на ОСК. Кроме того, видовой состав выявляемых возбудителей паразитозов ориентировочно отражает ситуацию по заболеваемости населения кишечными паразитами, а также поражённость животных кишечными гельминтозами, возбудители которых попадают в сточные воды, поступающие на очистку как с фекально-хозяйственными стоками, так и с ливневыми (поверхностный сток с сельхозтерриторий).

Так, обсеменённость сточных вод до проведения этапов очистки в некоторых городах Ростовской области, а именно Ростове-на-Дону, Азове, Цимлянске, в среднем составила 77%. Конкретно по территориям доля положительных проб была следующая: 64,3% – в Ростове-на-Дону, 100% – в Азове и 66,7% – в Цимлянске.

Средний показатель жизнеспособности паразитарных патогенов, выявленных в сточных водах, поступающих на очистку в изучаемом регионе, составил 75,8%. Интенсивные показатели контаминации составляли в экземплярах на 1 л стоков в среднем 2,5 экз./л.

Видовой состав возбудителей представлен преимущественно яйцами аскарид, токсокар, власоглава, остриц, дифиллоботриума, в единичных случаях встречались цисты лямблий.

По полученным данным можно сделать вывод о наличии заболеваемости населения, паразитарной нагрузке на очистных сооружениях канализации, а также о необходимости принятия мер по дезинвазии и дегельминтизации сточных вод.

Анализ результатов санитарно-паразитологических исследований сточных вод, прошедших очистку на очистных сооружениях канализации, показал следующее.

Доля положительных проб составляла в среднем 56,6%, но динамика выявляемости паразитарных патогенов в сточных водах после очистки не равномерна на разных территориях: в Ростове-на-Дону – 47,6%, в Азове – 22,2%, а в Цимлянске – 100%.

При санитарно-паразитологических исследованиях важно не только обнаружение паразитарных агентов, но и определение их жизнеспособности. Так, оценка сточных вод после очистки, сбрасываемых в поверхностные водоёмы, производится в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», где нормирование проводится по критерию отсутствия жизнеспособных яиц и личинок гельминтов.

В связи с вышеизложенным оценку очищенным сточным водам дают по наличию или отсутствию нестандартных проб (проб с жизнеспособными паразитарными агентами, то есть не соответствующих нормативным документам).

Доля нестандартных проб на изученных очистных сооружениях канализации составляла: в Ростове-на-Дону – 4,7%, в Азове – 22,2%, в Цимлянске – 100%. Высокая обсеменённость жизнеспособными паразитарными агентами сточных вод после очистки на ОСК г. Цимлянска демонстрирует отсутствие методов дезинвазии и дегельминтизации данных субстратов, а следовательно, и возможность загрязнения объектов окружающей среды паразитарными агентами.

Таблица 4 / Table 4

Эффективность дезинвазии и дегельминтизации сточных вод на ОСК городов Ростовской области**Efficiency of wastewater disinfection and deworming at the sewage treatment facilities of Rostov region cities**

Территория Name of the territory	Эффективность, % The effectiveness, %	
	дегельминтизации deworming	дезинвазии disinvasion
Ростов-на-Дону Rostov-on-Don	68.4	70.0
Азов Azov	66.7	78.5
Цимлянск Tsimlyansk	16.7	0

Интенсивные показатели контаминации составляли в среднем 1 экз./л, что значительно меньше, чем в сточных водах до очистки, и может свидетельствовать о наличии дегельминтизации на этапах очистки.

Видовой состав возбудителей паразитозов в сточных водах, прошедших этапы очистки, так же как и поступающих, на всех территориях практически идентичен. Выявлены были преимущественно яйца токсокар, аскарид, власоглавов.

Опираясь на полученные нами данные, можно определить эффективность работы ОСК по паразитарным показателям: эффективность дезинвазии и дегельминтизации (табл. 4).

Полученные данные свидетельствуют о недостаточном обеспечении безопасности по паразитологическим показателям выходящих с очистных сооружений канализации сточных вод. Отсутствие дезинвазии и низкая степень дегельминтизации сточных вод на ОСК г. Цимлянска, так же как и при бактериологических исследованиях, может быть объяснена нарушениями технологических процессов очистки на изучаемом объекте и возможным отсутствием мероприятий по инактивации паразитарных агентов.

Обсуждение

Проведено изучение одной из важнейших задач ОСК, которой является обеззараживание сточных вод, что служит предотвращением возможного распространения через воду кишечных и паразитарных инфекций.

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о высокой степени контаминации бактериями и паразитами городских сточных вод Ростова-на-Дону (10^8), Азова (10^7-10^8) и Цимлянска (10^6-10^7). В то же время уровень обсеменённости патогенными (сальмонеллы) и санитарно-показательными микроорганизмами (ОКБ, ТКБ), выделенными из сточных вод, поступающих на ОСК изучаемых городов, был примерно одинаков и укладывался в пределы, предусмотренные МУ 2.1.5.800-99. Наши результаты согласуются с данными Шайхутдиновой А.А. [21], а также Буньковой Е.А. и Евтюхиной К.С. [25].

Продоланная работа по изучению эффективности обработки и обеззараживания сточных вод показала, что при стандартном наборе сооружений ОСК и соблюдении технологического процесса на этапах очистки наблюдается снижение количества ОКБ и ТКБ до значений, установленных МУ 2.1.5.800-99. При этом степень очистки достигает 99,9998% по ОКБ и 99,9999% по ТКБ. Это также совпадает с данными Шайхутдиновой А.А. [21] и Буньковой Е.А. и Евтюхиной К.С. [25], где степень очистки сточных вод составляет 99,9% по ОКБ и ТКБ.

Исследование динамики обеззараживания на этапах очистки в г. Ростове-на-Дону и г. Азове за весь период наблюдения и в г. Цимлянске за 2006–2007 гг. показало схожесть результатов по очищению сточной воды от микроорганизмов.

Изучение видового состава возбудителей паразитозов в изучаемых нами сточных водах ОСК Ростовской области показало высокую степень сходства с материалами Юсупхужаева А.М. [24] (ОСК г. Ташкента) и Болатчиева К.Х. и соавт. [23] (Карачаево-Черкесская Республика), где неочищенные хозяйственно-бытовые сточные воды также содержат яйца аскарид, власоглава, карликового цепня, остриц.

По данным Хроменковой Е.П. с соавт. [18], на ОСК ряда территорий юга России ситуация по контаминации сточных вод и качеству их очистки схожа с материалами, изложенными в данной статье. Так, в Республике Адыгея доля положительных проб составляла 53,1%, а доля нестандартных – 18,7%, в Карачаево-Черкесской Республике – 5,1 и 3,26%, в Астраханской области – 9,9 и 3,57% соответственно.

Хроменкова Е.П. и соавт. [20] также отмечают, что на всех территориях полученные показатели эффективности дегельминтизации и дезинвазии на изученных ОСК колебались со значительным разбросом между ними. По Республике Адыгея эффективность дегельминтизации на ОСК составляла в разные годы наблюдения от 33,3 до 55,6%, средний показатель – 43,1%. В отдельные периоды на некоторых ОСК отмечались факты полного отсутствия эффекта дегельминтизации или дезинвазии.

По сведениям Юсупхужаева А.М. [24], эффективность дегельминтизации сточной воды зависит от времени её отстаивания. Автор отмечает, что при оптимальном периоде отстаивания эффективность дегельминтизации достигает 78%. В очищенной сточной воде также содержатся яйца гельминтов: 15–30 в 1 м³.

Аналогичные показатели приводят Болатчиев К.Х. и соавт. [23]. В Карачаево-Черкесской Республике на изученных ОСК эффективность дегельминтизации колебалась от 0 до 75%, средний показатель 36,7%, а эффективность дезинвазии – от 0 до 68,8%, средний показатель 37,2%. Также авторы отмечают, что ни в какой из периодов наблюдения стопроцентный эффект дегельминтизации на ОСК не отмечен.

Приведённые выше данные схожи с информацией, изложенной в публикации, и свидетельствуют о достоверности представленных результатов, а также о сложной эпидемиологической ситуации, связанной с недостаточной очисткой сточных вод и возможным риском дальнейшего распространения микробных и паразитарных патогенов в окружающей природной среде.

Заключение

1. В современных условиях обеззараживание городских сточных вод превратилось в комплексную проблему: её необходимо рассматривать с учётом эпидемиологической, гигиенической, экологической, экономической и технологической составляющих.

2. Установлено, что при нормальном функционировании комплекса водообработки ОСК качество сточной воды по бактериологическим показателям соответствует нормативным документам.

3. При нарушении работы или в случаях выхода из строя какого-либо звена технологического процесса очистки сточной воды обеззараживания не происходит, что приводит к попаданию патогенных микроорганизмов в открытый водный объект и обуславливает потенциальный риск возникновения бактериальных кишечных инфекций.

4. Результаты проведённых исследований сточных вод ряда ОСК городов Ростовской области показали их низкую эффективность в отношении паразитарных агентов, что свидетельствует о существовании риска распространения паразитарного начала в окружающей среде при рассматриваемых видах загрязнения.

Литература

(п.п. 5, 7, 22 см. References)

1. Рахманин Ю.А. Научно-методические основы изучения, оценки и регламентирования биологических факторов в гигиене окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2010; 89(5): 4–7.
2. Журавлёв П.В., Алешня В.В., Головина С.В., Панасовец О.П., Недачин А.Е., Талаева Ю.Г. и соавт. Мониторинг бактериального загрязнения водоёмов Ростовской области. *Гигиена и санитария*. 2010; 89(5): 33–5.
3. Савилов Е.Д., Анганова Е.В. Микробиологический мониторинг водных экосистем. *Гигиена и санитария*. 2010; 89(5): 56–8.
4. Воробьёва Л.В., Лутай Г.Ф., Кузнецова И.А., Мясников И.О., Чернова Г.И., Радькова Е.А. и соавт. Региональные особенности гигиенической оценки биологического загрязнения поверхностных вод. *Гигиена и санитария*. 2011; 90(1): 34–7.
5. Хроменкова Е.П., Димидова Л.Л., Твердохлебова Т.И., Упырев А.В., Хуторянина И.В. Структура эпидемиологической значимости объектов окружающей среды в санитарной паразитологии. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015; 7: 46–9.
6. Хроменкова Е.П., Твердохлебова Т.И., Димидова Л.Л. Значимость паразитологических критериев безопасности объектов окружающей среды при санитарно-паразитологическом мониторинге. *Дальневосточный журнал инфекционной патологии*. 2015. 29: 91–4.
7. Журавлёв П.В., Алешня В.В., Марченко Б.И. Определение дезинфицирующего действия негашёной извести на микрофлору иловых осадков сточных вод очистных сооружений канализации и животноводческих комплексов. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(5): 483–8. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-483-488>
8. Рахманин Ю.А., Недачин А.Е., Талаева Ю.Г., Загайнова А.В., Артёмова Т.З., Гипп Е.К. Научное обоснование бактериологических критериев оценки качества воды поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения. В кн.: Рахманин Ю.А., ред. *Материалы пленума «Итоги и перспективы научных исследований по проблеме экологии человека и гигиены окружающей среды»*. М.; 2002: 140–61.
9. Журавлёв П.В., Алешня В.В., Панасовец О.П., Казачок И.П., Черногорова Т.Н., Деревякина Е.И. Антибиотикорезистентность бактерий, выделенных из воды открытых водоёмов. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015; (5): 24–6.
10. Билёв А.Е., Жестков А.В., Абдалкин М.Е. О связи распространённости лекарственной устойчивости бактерий со структурой потребления antimicrobных препаратов в Самаре. *Инфекционные болезни*. 2011; (9): 46.
11. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10–2015. «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов»; 2016.
12. Баженов В.И., Эпов А.Н., Канунникова М.А., Носкова И.А. Оптимальное проектирование сооружений со взвешенным активным илом и их автоматизация. *Водоснабжение и канализация*. 2012; (5–6): 42–51.
13. Илюшина В.В. Современные методы очистки сточных вод. *Современная техника и технологии*. 2017; (2). Доступно: <https://technology.snauka.ru/2017/02/12446>
14. Онищенко Г.Г. Эффективное обеззараживание воды – основа профилактики инфекционных заболеваний. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2005; (12–1): 8–12.
15. Лотош В.Е. Утилизация канализационных стоков и осадков. *Ресурсосберегающие технологии*. 2002; (24): 13–5.
16. Хроменкова Е.П., Димидова Л.Л., Думбадзе О.С., Айдинов Г.Т., Шендо Г.Л., Агиров А.Х. и соавт. Оценка потенциального риска загрязнения поверхностных водоёмов возбудителями паразитарных болезней человека. *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*. 2015; (2): 3–5.
17. Гончарук Е.И., Бардов В.Г., Гарковий С.И., Яворский А.П. *Коммунальная гигиена*. Киев: Здоровья; 2006.
18. Хроменкова Е.П., Димидова Л.Л., Думбадзе О.С., Упырев А.В., Хуторянина И.В., Ковалев Е.В. и соавт. Эффективность дегельминтизации и дезинвазии сточных вод на очистных сооружениях канализации Юга России. *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями*. 2015; (15): 334–7.
19. Шайхутдинова А.А., Куksанов В.Ф., Князева А.Н. Исследование эффективности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод города Оренбурга. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017; (4): 240–3.
20. Балтачиев К.Х., Твердохлебова Т.И., Хроменкова Е.П., Димидова Л.Л. Результаты мониторинговых мероприятий за санитарно-паразитологическими показателями сточных вод в Карачаево-Черкесской Республике. *Дальневосточный журнал краевой патологии*. 2017; (33): 46–8.
21. Юсупхужаев А.М. Дегельминтизация сточных вод на очистных сооружениях г. Ташкента. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(3): 34–7.
22. Бунькова Е.А., Евтюхина И.С. Анализ эффективности и перспективы развития системы биологической очистки сточных вод (на примере г. Оренбурга). *Вопросы науки и образования*. 2019; (1): 11–6.

References

1. Rakhmanin Yu.A. Scientific-and-methodic bases of the study, assessment, and regulation of biological factors in environmental hygiene. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2010; 89(5): 4–7. (in Russian)
2. Zhuravlev P.V., Aleshnya V.V., Golovina S.V., Panasovets O.P., Nedachin A.E., Talaeva Yu.G., et al. Monitoring of bacterial contamination of water reservoirs in the Rostov region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2010; 89(5): 33–5. (in Russian)
3. Savilov E.D., Anganova E.V. Microbiological monitoring of water ecosystems. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2010; 89(5): 56–8. (in Russian)
4. Vorob'eva L.V., Lutay G.F., Kuznetsova I.A., Myasnikov I.O., Chernova G.I., Rad'kova E.A., et al. The regional features of the hygienic evaluation of biological contamination of superficial waters. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2011; 90(1): 34–7. (in Russian)
5. Dawson D.J., Sartory D.P. Microbiological safety of water. *Brit. Med. Bull.* 2000; 56(1): 74–83. <https://doi.org/10.1258/0007142001902987>
6. Khromenkova E.P., Dimidova L.L., Tverdokhlebova T.I., Upyrev A.V., Khutoryanina I.V. The structure of the epidemiological significance of environmental objects in sanitary parasitology. *Zdorove naseleniya i sreda obitaniya*. 2015; 7: 46–9. (in Russian)
7. Strauch D. Survival of pathogenic microorganisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. *Rev. Sci. Tech.* 1991; 10(3): 813–46. <https://doi.org/10.20506/rst.10.3.565>
8. Khromenkova E.P., Tverdokhlebova T.I., Dimidova L.L. The significance of parasitological criteria of the environmental objects safety in the sanitary-parasitological monitoring. *Dalnevostochnyj zhurnal infeksionnoj patologii*. 2015; 29: 91–4. (in Russian)
9. Zhuravlev P.V., Aleshnya V.V., Marchenko B.I. Determination of the disinfectant action of caustic lime on the microflora of sludge of wastewater of cleaning facilities for sewerage and cattle-breeding complexes. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(5): 483–8. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-483-488> (in Russian)
10. Rakhmanin Yu.A., Nedachin A.E., Talaeva Yu.G., Zagaynova A.V., Artemova T.Z., Gipp E.K. Scientific confirmation of bacteriological criteria for assessing the quality of water from surface sources of centralized drinking water supplies. In: Rakhmanin Yu.A., ed. *Results and Prospects of Research on the Problem of Human Ecology and Environmental Hygiene [Materialy plenuma «Itogi i perspektivy nauchnykh issledovaniy po probleme ekologii cheloveka i gigieny okruzhayushchey sredy»*. Moscow; 2002: 140–61. (in Russian)
11. Zhuravlev P.V., Aleshnya V.V., Panasovets O.P., Kazachok I.P., Chernogorova T.N., Derevyakina E.I. Antibiotic resistance of bacteria isolated from the water of open reservoirs. *Zdorove naseleniya i sreda obitaniya*. 2015; (5): 24–6. (in Russian)
12. Bilev A.E., Zhestkov A.V., Abdalkin M.E. On the relationship between the prevalence of drug resistance of bacteria and the structure of consumption of antimicrobial drugs in Samara. *Infektsionnye bolezni*. 2011; (9): 46. (in Russian)
13. Information and technical reference book on the best available technologies of ITS 10–2015. «Wastewater treatment using centralized drainage systems of settlements, urban districts»; 2016. (in Russian)
14. Bazhenov V.I., Epov A.N., Kanunnikova M.A., Noskova I.A. Optimal design of structures with suspended activated sludge and their automation. *Vodosnabzhenie i kanalizatsiya*. 2012; (5–6): 42–51. (in Russian)
15. Ilyushina V.V. Modern methods of wastewater treatment. *Sovremennaya tekhnika i tekhnologii*. 2017; (2). Available at: <https://technology.snauka.ru/2017/02/12446> (in Russian)
16. Onishchenko G.G. Effective water disinfection is the basis for preventive measures against infectious diseases. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2005; (12–1): 8–12. (in Russian)
17. Lotosh V.E. Utilization of sewerage system drainage and its sludge. *Resursosberegayushchie tekhnologii*. 2002; (24): 13–5. (in Russian)
18. Khromenkova E.P., Dimidova L.L., Dumbadze O.S., Aydinov G.T., Shendo G.L., Agirov A.Kh., et al. Assessment of the potential risk of contamination of surface reservoirs with pathogens of parasitic human diseases. *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*. 2015; (2): 3–5. (in Russian)
19. Goncharuk E.I., Bardov V.G., Garkoviy S.I., Yavorskiy A.P. *Municipal hygiene*. 2006; 792 (in Russian)
20. Khromenkova E.P., Dimidova L.L., Dumbadze O.S., Upyrev A.V., Khutoryanina I.V., Kovalev E.V., et al. Efficacy of dehelminthization and disinfection of sewages at waste treatment plants at the South Russia. *Theory and practice of controlling parasitic diseases*. 2015; 15: 334 – 337. (in Russian)
21. Shaykhutdinova A.A., Kuksanov V.F., Knyazeva A.N. Studies on the effectiveness of household sewage disposal in the city of Orenburg. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017; (4): 240–3. (in Russian)
22. Craun G.F., Nwachuku N., Calderon R.L., Craun M.F. Outbreaks in drinking-water systems, 1991–1998. *J. Environ. Health*. 2002; 65(1): 16–23.
23. Baltachiev K.Kh., Tverdokhlebova T.I., Khromenkova E.P., Dimidova L.L. The results of monitoring activities for the sanitary-parasitological indicators of wastewater in the Karachay-Cherkess republic. *Dal'nevostochnyj zhurnal kraevoy patologii*. 2017; (33): 46–8. (in Russian)
24. Yusupkhudzaev A.M. Dehelminthization of wastewater at treatment plants in Tashkent city. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2014; 93(3): 34–7. (in Russian)
25. Bunkova E.A., Evtyukhina I.S. Analysis of efficiency and prospects of development of the system of biological wastewater treatment (on the example of Orenburg). *Voprosy nauki i obrazovaniya*. 2019; (1): 11–6. (in Russian)