

УДК [579+54]:628.1/3(476.2)“2013–2016”

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД, ОТОБРАННЫХ ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ГОМЕЛЯ И ГОМЕЛЬСКОГО РАЙОНА В ПЕРИОД С 2013 ПО 2016 ГОД

Е. И. ДЕГТЯРЕВА

кандидат биологических наук, доцент
Гомельский государственный медицинский университет

Е. М. НАУМЕНКО

Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного
здоровья

В. В. СОТНИКОВА

студент лечебного факультета
Гомельский государственный медицинский университет

В. С. ВОЛЧЕК

студент лечебного факультета
Гомельский государственный медицинский университет

В статье представлены данные ретроспективного анализа микробиологического и химического состава сточных вод, отобранных из коллекторов, расположенных на территории города Гомеля и Гомельского района в период с 2013 по 2016 год.

В связи с фактически не изменяющимся количеством положительных проб воды, отобранной из коллекторов исследуемого региона, можно говорить о неизменном источнике фекального загрязнения в период с 2013 по 2016 год.

Установлено, что микробиологический и химический состав сточных вод в данном регионе является небезопасным для здоровья населения (в особенности, детей), проживающего на исследуемой территории, поэтому использование данной воды для любой цели не рекомендовано.

Ключевые слова: сточные воды, Гомель, Гомельский район, микробиологический состав, химический состав.

Введение

Водные объекты, располагающиеся на территории города Гомеля и Гомельского района, являются основными источниками воды для населения данного региона. На водные объекты исследуемой территории оказывается сильное антропогенное влияние, в основном за счет сточных вод, которые ежедневно впадают в реку Сож (основной водный объект города Гомеля и Гомельского района).

В водных экосистемах, в том числе и в сточных водах, микробиота является интегрирующим звеном и с высокой скоростью реагирует на изменение условий окружающей среды, служит показателем качества воды и состояния экосистемы в целом.

Цель исследования: дать оценку микробиологическому и химическому составу сточных вод, отобранных для исследования на территории города Гомеля и Гомельского района.

© Дегтярева Е. И., 2019

© Науменко Е. М., 2019

© Сотникова В. В., 2019

© Волчек В. С., 2019

Объект исследования. Материалы и методы

Исследования проводились на базе УЗ “Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и охраны здоровья”. В период с 2013 по 2016 год с целью отбора проб воды осуществлялись многократные выезды к коллекторам города Гомеля и Гомельского района с целью изучения их гигиенического состояния на основании наличия и количества содержащейся микробиоты, а также химического состава.

Отбор проводился со среднего горизонта с учетом требований асептики. Перед посевом пробы тщательно, без образования пены, перемешивали не менее 30 секунд и фламбировали край емкости. Исследуемые пробирки и чашки маркировали. Новые порции воды для анализа тщательно перемешивали.

Перед посевом раствор для разведения (физиологический) разливали по 9 мл в пробирки с соблюдением правил стерильности. Затем, в первую пробирку с 9 мл раствора вносили 1 мл анализируемой воды. При этом наконечник не должен быть опущен ниже поверхности воды, чтобы избежать смывание бактерий с наружной стороны. Другой стерильной пипеткой или дозатором тщательно перемешивали содержимое пробирки, отбирали из нее 1 мл и переносили в чашку Петри, что соответствовало посеву 0,1 мл анализируемой воды. Другой стерильной пипеткой делали посев 1 мл из второй пробирки, что соответствовало посеву 0,01 мл анализируемой воды. В случаях высокого уровня загрязнения воды разбавление продолжали аналогично, каждый раз меняя пипетку или наконечник. Время от момента приготовления разведения и заливки питательным агаром не должно превышать 30 минут [1].

Микробиологическую чистоту воды, принятой для исследования, определяли при помощи фуксин-сульфитной среды Эндо. Пробы, которые дали положительный результат, далее исследовали при помощи лактозной питательной среды для подтверждения способности ферментировать лактозу до кислоты и газа.

Стоит отметить, что сточные воды не имеют нормированных показателей чистоты.

В ходе исследований учитывались следующие показатели: количество проведенных исследований, положительные исследования, количество проб, положительные пробы.

Количество проведенных исследований – исследования, проведенные со всеми поступившими образцами.

Количество проб – исследования, проведенные на подозрительных и положительных образцах, выявленных отбором из общих исследований, проведенных на всех поступивших образцах.

Положительные исследования – количество исследований от общего количества, давших положительную реакцию (наличие колоний на среде Эндо).

Положительные пробы – количество исследований, из числа положительных, давших положительный результат при исследовании в реакции кислота/газ.

Кроме того, был произведен расчет удельного веса (процента) положительных исследований и проб от общего количества, соответственно.

Полученные экспериментальные данные статистически обработаны и в статье представлены в виде цифр, таблиц и графиков.

Результаты исследований и их анализ

Изучение микробиологического и химического состава сточных вод города Гомеля и Гомельского района в период с 2013 по 2016 год

Результаты проведенного исследования по изучению микробиологического и химического состава сточных вод представлены в таблицах 1–2 и на рисунках 1–2.

Таблица 1 – Микробиологическое состояние сточной воды города Гомеля и Гомельского района в период с 2013 по 2016 год

Показатель/ Год	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год
Количество исследований, шт.	294	418	519	418
Количество положительных исследований, шт.	79	88	81	79
Удельный вес положительных исследований, %	43,4	21,1	15,6	18,9
Количество проб, шт.	170	182	220	193
Количество положительных проб, шт.	44	54	52	49
Удельный вес положительных проб, %	25,9	29,7	23,6	25,4

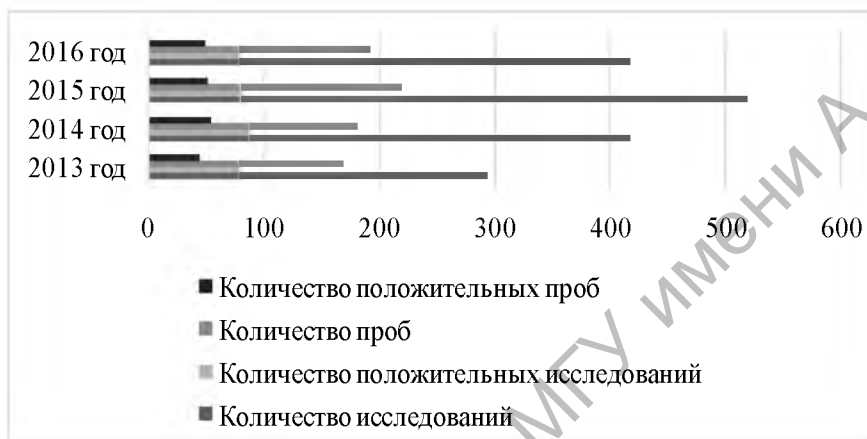


Рис. 1. Динамика изменения количества исследований и проб, а также их положительных результатов, проведенных со сточными водами города Гомеля и Гомельского района в период с 2013 по 2016 год

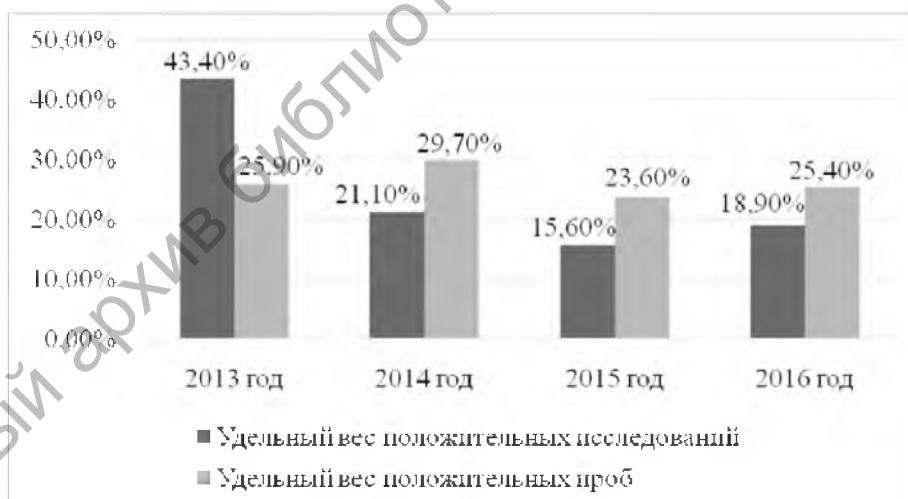


Рис. 2. Динамика изменения удельного веса исследований и проб, проведенных со сточными водами города Гомеля и Гомельского района в период с 2013 по 2016 год

Согласно данным, представленным в таблице 1 и на рисунке 1, количество отбираемых проб из источников сточных вод с каждым годом возрастало в сравнении с предыдущим (в 2013 г. – 284 проведенных исследования, в 2015 г. – 519). Однако количество положительных проб практически не изменялось и в среднем составило 26,15%. Данное обстоятельство вероятнее всего объясняется тем, что сточные воды ежегодно имеют одни и те же источники фекального загрязнения.

Таблица 2 – Химический состав сточных вод города Гомеля и Гомельского района в период с 2013 по 2016 год

Показатель Исследуемый год	Средняя концентрация			
	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год
Железо, мг/дм ³	1,210	9,038	1,522	1,724
Марганец, мг/дм ³	0,036	0,076	0,113	0,053
Алюминий, мг/дм ³	0,354	0,465	0,251	0,600
БПК 5, мгО ₂ /дм ³	22,808	1,870	20,162	8,000
АПАВ, мг/дм ³	0,433	0,339	0,222	0,282
Азот аммонийный, мг/дм ³	10,63	0,224	7,635	6,282
Азот нитратов, мг/дм ³	5,500	7,535	13,005	9,377
Азот нитритов, мг/дм ³	0,073	0,009	0,082	0,006
Водородный показатель (рН)	7,648	7,767	7,729	7,628
Взвешенные вещества, мг/дм ³	5,236	7,522	8,450	8,656
Кадмий, мг/дм ³	0,000	-	0,000	-
Кобальт, мг/дм ³	-	-	0,000	-
Медь, мг/дм ³	0,001	-	0,007	0,006
Молибден, мг/дм ³	-	-	0,000	-
Нефтепродукты	0,423	1,028	0,216	0,680
Никель, мг/дм ³	0,000	-	0,000	-
Нитраты, мг/дм ³	43,340	5,266	0,852	4,727
Нитриты, мг/дм ³	0,025	-	0,424	0,393
Ортофосфаты и полифосфаты, мг/дм ³	2,569	0,370	2,405	0,170
Свинец, мг/дм ³	-	-	0,000	-
Сульфаты, мг/дм ³	18,428	40,544	49,446	30,201
Сухой остаток, мг/дм ³	354,985	267,394	417,030	266,591
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,133	0,041	3,730	2,379
Фториды, мг/дм ³	-	-	-	0,351
ХПК, мгО ₂ /дм ³	148,667	125,784	71,034	153,905
Хлориды, мг/дм ³	38,593	31,925	507,653	111,809
Хром, мг/дм ³	0,000	-	0,000	-
Цинк, мг/дм ³	0,336	-	0,035	0,100
Итого проведено исследований	615	480	696	714

Согласно данным, представленным в таблице 2, следует, что, наибольшую значимость среди всех изученных химических соединений как факторов, загрязняющих сточные воды, представляют следующие: железо, биологическое потребление кислорода, “азотистая триада”, взвешенные вещества, ортофосфаты / полифосфаты, сульфаты, сухой остаток, химическое потребление кислорода и хлориды.

1. Железо

В природных водах может содержаться железо в разных формах. Чаще всего встречается двух- и трехвалентное железо. Содержание железа в воде выше 1-2 мг Fe /дм³ значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вязущий

вкус, и делает воду малоприспособленной для использования даже в технических целях. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и сельскохозяйственными стоками.

Повышенное содержание железа в воде создает благоприятные условия для развития *железобактерий*. Эти микроорганизмы образуют ветвящиеся колонии, которые осложняют работу гидротехнических сооружений. Продукты жизнедеятельности железобактерий являются канцерогенами. Железобрастания внутри труб – идеальная среда для развития кишечной палочки, гнилостных бактерий, различных других микроорганизмов. Все это ухудшает химические и бактериологические показатели воды [2].

Согласно данным, приведенным в таблице 2, следует, что наибольшая концентрация железа наблюдалась в 2014 г. (9,038 мг/дм³), наименьшая – в 2013 г. (1,210 мг/дм³). Наиболее вероятно, что высокие концентрации железа в сточных водах наблюдаются по причине того, что Гомель является крупным промышленным городом Республики Беларусь.

2. Биохимическое потребление кислорода (БПК 5)

БПК является одним из важнейших критериев уровня загрязнения водоема органическими веществами, он определяет количество легкоокисляющихся органических загрязняющих веществ в воде.

Особенностью биохимического окисления органических веществ в воде является сопутствующий ему процесс нитрификации, искажающий характер потребления кислорода.

Нитрификация протекает под воздействием особых нитрифицирующих бактерий – *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* и др. Эти бактерии обеспечивают окисление азотсодержащих соединений, которые обычно присутствуют в загрязненных природных и некоторых сточных водах, и тем самым способствуют превращению азота сначала из аммонийной в нитритную, а затем и нитратную формы.

В поверхностных водах величина БПК 5 колеблется в пределах от 0,5 до 5,0 мг/л; она подвержена сезонным и суточным изменениям, которые, в основном, зависят от изменения температуры и от физиологической и биохимической активности микроорганизмов. Весьма значительны изменения БПК 5 природных водоемов при загрязнении сточными водами [3], что обуславливает актуальность исследования.

Согласно данным, приведенным в таблице 2, следует, что наибольшее количество БПК 5 наблюдалось в 2013 г. (22,808 мг О₂/дм³). Наименьшее значение данного показателя наблюдалось в 2014 г. (1,870 мг О₂/дм³).

3. “Азотистая триада”

Важным показателем загрязнения воды является так называемая “азотистая триада” (аммиак, нитриты и нитраты). При обнаружении данных веществ (в особенности при большой окисляемости воды), что наблюдалось в 2013, 2015 и 2016 гг., можно точно сказать, что вода загрязнена органическими веществами животного происхождения.

Аммиак является начальным продуктом гниения, а, следовательно, его присутствие в воде говорит о свежем органическом загрязнении. Нитриты указывают на давность загрязнения водоема, так как для того, чтобы прошла начальная стадия минерализации аммиака, необходимо некоторое время. Нитраты – конечный продукт минерализации органических веществ, а, следовательно, их присутствие – это показатель более давнего загрязнения источника водоснабжения. Следовательно, наличие только их, без высокой БПК 5, и остальных показателей “азотистой триады” может говорить о безопасности воды.

Эти обстоятельства позволяют дифференциально подходить к оценке биологического загрязнения воды. Так, если в воде был обнаружен только аммиак, а при повторном анализе его там не оказалось, то можно сделать вывод о прекратившемся загрязнении воды. Если одновременно с аммиаком обнаруживаются соли азотистой или азотной кислоты, то это указывает на явное неблагополучие водоисточника.

Следует учитывать, что аммонийные соли встречаются иногда в чистых, преимущественно подземных водах как результат восстановления селитры, содержащейся в почве.

Содержание в воде солей азотной кислоты представляет самостоятельный интерес. Потребление воды, богатой нитратами, вызывает у детей грудного и дошкольного возраста тяжелое заболевание, выражающееся в патологических явлениях со стороны слизистых оболочек глаз, губ и кожных покровов (посинение), кишечника и иногда сердечно-сосудистой системы. Главным признаком заболевания является появление в крови метгемоглобина: нитраты под влиянием микрофлоры переходят в нитриты, которые, всасываясь в кровь, ведут к образованию метгемоглобина, наличие последнего уменьшает в той или иной степени снабжение тканей кислородом [4].

Содержание таких веществ “азотистой триады”, как азот аммонийный и нитраты, согласно данным, приведенным в таблице 2, было максимально в 2013 г. (10,630 и 43,340 мг/л, соответственно), нитритов – в 2015 (0,424 мг/л). Это говорит о том, что в исследуемый период времени (2013–2016 гг.) данный водоисточник является неблагоприятным (одновременное присутствие солей азотной кислоты и аммиака (азота аммонийного)).

4. Взвешенные вещества

Сточные воды являются сложной неоднородной системой, содержащей загрязнения различного характера. Вещества представлены в растворимом и нерастворимом, органическом и неорганическом виде. Концентрация соединений бывает различной, в частности, органические загрязнения в бытовых стоках представлены в виде белков, углеводов, жиров и продуктов биологической переработки. Кроме того, стоки содержат довольно крупные примеси – отходы растительного происхождения, такие как бумага, тряпки, волосы и синтетические вещества. Неорганические соединения представлены ионами фосфатов, в состав которых может входить азот, кальций, магний, калий, сера и другие соединения.

Содержание взвешенных веществ в сточных водах, согласно данным, приведенным в таблице 2, увеличивается с каждым годом и достигает максимума в 2016 г. (8,656 мг/л).

5. Ортофосфаты / полифосфаты

Главным источником полифосфатов являются современные моющие средства, потому концентрация фосфатов увеличивается с ростом употребления данных средств. Но благодаря работе бактерий, полифосфаты превращаются в годные для потребления ортофосфаты.

Согласно литературным источникам органический фосфор в основном связан с твердыми частицами, а полифосфаты и ортофосфаты присутствуют в растворенном виде [5].

Концентрация ортофосфатов и полифосфатов достигала максимума в 2013 г. (2,569 мг/л), минимума – в 2016 г. (0,170 мг/л) (таблица 2).

6. Сульфаты

Сульфаты присутствуют практически во всех водах. Главным естественным источником сульфатов являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса, а также окисления сульфидов и серы. Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания живых организмов, окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения.

Сульфаты участвуют в круговороте серы. При отсутствии кислорода под действием бактерий они восстанавливаются до сероводорода и сульфидов, которые при появле-

нии в природной воде кислорода снова окисляются до сульфатов. Растения и бактерии извлекают растворенные в воде сульфаты для построения белкового вещества. После отмирания живых клеток в процессе разложения сера протеинов выделяется в виде сероводорода, легко окисляемого до сульфатов в присутствии кислорода.

Повышенные содержания сульфатов ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека – они обладают слабительными свойствами.

Главным источником сероводорода и сульфидов в поверхностных водах являются восстановительные процессы, протекающие при бактериальном разложении и биохимическом окислении органических веществ естественного происхождения и веществ, поступающих в водоем со сточными водами (хозяйственно-бытовыми, предприятий пищевой, металлургической, химической промышленности, производства сульфатной целлюлозы).

Согласно проведенному исследованию (таблица 2) следует, что наибольшая концентрация сульфатов наблюдалась в 2016 г. (30,201 мг/л), наименьшая – в 2013 г. (18,428 мг/л).

7. Химическое потребление кислорода (ХПК)

ХПК – показатель содержания органических веществ в воде, выражается в миллиграммах кислорода (или другого окислителя в пересчете на кислород), пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в литре (1 дм³) воды. Является одним из основных показателей степени загрязнения питьевых, природных и сточных вод органическими соединениями [6].

Согласно данным, приведенным в таблице 2, следует, что наибольшее количество ХПК наблюдалось в 2016 г. (153,905 мг О₂/дм³). Наименьшее значение данного показателя наблюдалось в 2015 г. (71,034 мг О₂/дм³).

8. Сухой остаток

Одним из основных показателей качества питьевой воды является сухой остаток, то есть степень минерализации воды.

Сухой остаток характеризует общую загрязненность сточных вод органическими и минеральными примесями в различных агрегативных состояниях (в мг/л). Определяется этот показатель после выпаривания и дальнейшего высушивания при $t = 105^{\circ}\text{C}$ пробы сточной воды. После прокаливания (при $t = 600^{\circ}\text{C}$) определяется зольность сухого остатка. По этим двум показателям можно судить о соотношении органической и минеральной частей загрязнений в сухом остатке [7].

Данные, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о том, что наибольшее количество сухого остатка наблюдалось в 2015 г. (417,030 мг/л), наименьшее – в 2016 г. (266,591 мг/л).

9. Хлориды

Количество хлоридов в сточных водах не имеет существенного значения ни для физико-химических процессов очистки воды, ни для биохимических. Можно говорить лишь о верхнем пределе концентрации хлоридов, которым определяется возможность существования бактерий. По данным разных исследователей, порог существования микроорганизмов определен в 5000-20000 мг/л хлоридов. Такие высокие концентрации хлоридов в сточных водах города практически не встречаются и наблюдаются лишь в отдельных видах производственных стоков, в частности в стоках нефтехимических производств. В городских стоках концентрация хлоридов находится на уровне 150-300 мг/л.

Согласно данным, приведенным в таблице 2, следует, что наибольшие концентрации данный показатель достигал в 2015 г. (507,653 мг/л), наименьшей – в 2014 г. (31,925 мг/л).

Заклучение

• Количество отбираемых проб из коллекторов г. Гомеля и Гомельского района в период с 2013 по 2016 год увеличивалось, однако удельный вес положительных проб оставался практически неизменным, что, вероятно, связано с одним и тем же источником загрязнения.

• По данным химического исследования сточных вод города Гомеля и Гомельского района установлено, что в 2013–2016 гг. наблюдалась наибольшая концентрация следующих химических веществ:

- железо (наибольшая концентрация – в 2014 г., наименьшая – в 2013 г.);
- биологическое потребление кислорода (наибольшее потребление – в 2013 г., наименьшее – в 2014 г.);
- “азотистая триада” (концентрация азота аммонийного и нитратов была максимальной в 2013 г., нитритов – в 2015 г. Минимальные концентрации приведенных веществ наблюдались: для нитритов – в 2014 г., для нитратов – в 2015 г., для нитритов – в 2013 г.);
- взвешенные вещества (концентрация была максимальной в 2016 г., минимальна – в 2013 г.);
- ортофосфаты / полифосфаты (концентрация ортофосфатов и полифосфатов достигала максимума в 2013 г., минимума – в 2016 г.);
- сульфаты (наибольшая концентрация сульфатов наблюдалась в 2016 г., наименьшая – в 2013 г.);
- сухой остаток (наибольшее количество сухого остатка наблюдалось в 2015 г., наименьшее – в 2016 г.);
- химическое потребление кислорода (наибольшее количество ХПК наблюдалось в 2016 г., наименьшее значение данного показателя – в 2015 г.);
- хлориды (наибольшей концентрации данный показатель достиг в 2015 г., наименьшей – в 2014 г.).

Употребление данной воды для любых целей является небезопасным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Сероокая, Т. И.* Санитарно-бактериологический, санитарно-вирусологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов: инструкция по применению / Т. И. Сероокая [и др.]; Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общ. здоровья [и др.]. – Минск, 2009. – 51 с.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / ГУ “Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья”. – Минск. – Режим доступа: <http://gigiena.minsk-region.by/ru/obraz/statyi?id=1064>. – Дата доступа: 09.01.2018.
3. *Муравьев, А. Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А. Г. Муравьев. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Кримас+, 2004. – 248 с.
4. *Азевич, З. Ф.* Руководство к практическим занятиям по определению по методам санитарно-гигиенических исследований: учеб. пособие / З. Ф. Азевич, А. И. Громов, А. А. Галич [и др.]; под ред. Л. Г. Плодуновой. – Москва: Медицина, 1990. – 304 с.: ил.
5. *Клименко, А. И.* Удаление фосфора и процессы энергосбережения при химико-биологической очистке сточных вод / А. И. Клименко. – С. 114–118.
6. *Лурье, Ю. Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. – Москва: Химия, 1984. – С. 73–81.
7. *Комиссаров, А. В.* Методические указания по выполнению лабораторных работ (часть 2) / А. В. Комиссаров. – Орел: ОрелГТУ, 1996.

Поступила в редакцию 29.01.2018 г.

Контакты: elena.degtyarova@tut.by (Дегтярева Елена Ивановна)

Degtyaryova E., Naumenko E., Sotnikova V., Volchek V. CHARACTERISTICS OF WASTEWATER COMPOSITION SELECTED FOR MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL RESEARCH IN GOMEL AND GOMEL DISTRICT FROM 2013 TO 2016.

The article presents the data of a retrospective analysis of the microbiological and chemical composition of sewage taken from reservoirs located in the city of Gomel and Gomel District from 2013 to 2016.

Practically unchanged amounts of positive water samples taken from the wastewater sewers of the region under study allow to state the existence of a constant source of fecal pollution between 2013 and 2016.

It has been established that the microbiological and chemical composition of wastewater in this region is unsafe for the population health (especially children) living in the study area, therefore, the use of this water for any purpose is not recommended.

Keywords: sewage, Gomel, Gomel District, microbiological composition, chemical composition.