

УДК: 628.31:628.543:579.68

EDN: [YBMOBG](https://www.edn.net/YBMOBG)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-2-0301-0312>



## Перспективы изучения химического состава и микробиологического пейзажа сточных вод предприятий

Э. А. Аухадиева, Г. Р. Аллаярова, Е. Е. Зеленковская, М. В. Курилов,  
Р. А. Даукаев, Л. Г. Гизатуллина

*ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия*

**Аннотация.** Целью работы был мониторинг качественного состава сточных вод предприятий г. Уфы. Исследование показало, что сточные воды некоторых предприятий являются загрязненными по содержанию взвешенных веществ, нефтепродуктов, ионов аммония, ХПК. Выявлена значимая корреляция между ХПК и БПК, БПК и содержанием фосфат-ионов, БПК и содержанием ионов аммония, величиной рН и содержанием ионов аммония. Соотношение между показателями ХПК и БПК позволяет судить о составе сточных вод и является подсказкой при подборе наиболее оптимального метода очистки. Несущественная разница между данными параметрами указывает на целесообразность применения биологической очистки, ведь чем больше органики, тем выше показатели БПК. Значительное превышение ХПК, по сравнению с БПК, указывает на большое содержание стойких органических соединений, которые трудно подвергаются биохимическому взаимодействию, и в этом случае правильнее будет использование физико-химических способов очистки. В пробах выделены и идентифицированы грамотрицательные условно-патогенные бактерии семейства Enterobacteriaceae – *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* sp., *Citrobacter* sp., бороться с которыми эффективнее и экологически безопаснее методом ультрафиолетового обеззараживания. Проведенный мониторинг может стать хорошей опорой при подборе наиболее оптимального метода очистки сточных вод.

**Ключевые слова:** сточные воды, ХПК (химическое потребление кислорода), БПК (биохимическое потребление кислорода), взвешенные вещества, нефтепродукты, ионы аммония, фосфат-ионы, патогенные микроорганизмы.

**Для цитирования:** Аухадиева, Э. А., Аллаярова, Г. Р., Зеленковская, Е. Е., Курилов, М. В., Даукаев, Р. А., & Гизатуллина, Л. Г. (2023). Перспективы изучения химического состава и микробиологического пейзажа сточных вод предприятий. *Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 3(2), 0301–0312. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-2-0301-0312>

## Prospects for studying the chemical composition and microbiological landscape of wastewater of enterprises

E. A. Aukhadieva, G. R. Allayarova, E. E. Zelenkovskaya, M. V. Kurilov,  
R. A. Daukaev, L. G. Gizatullina

*Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology,  
Ufa, Russian Federation*

**Abstract.** The aim of the work was to monitor the qualitative composition of wastewater from enterprises in the city of Ufa. The study showed that the waste waters of some enterprises are polluted by the content of suspended solids, oil products, ammonium ions, COD. A significant correlation was found between COD and BOD, BOD and the content of phosphate ions, BOD and the content of ammonium ions, pH value and the content of ammonium ions. The ratio between the COD and BOD indicators allows one to judge the composition of wastewater and is a hint when choosing the most optimal treatment method. An insignificant difference between these parameters indicates the feasibility of using biological treatment, because the more organic matter, the higher the BOD. A significant excess of COD, compared with BOD, indicates a high content of persistent organic compounds that are difficult to biochemically interact, and in this case, it would be more correct to use physicochemical purification methods. Gram-negative conditionally pathogenic bacteria of the Enterobacteriaceae family – *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* sp., *Citrobacter* sp., were isolated and identified in the samples, which are more effective and environmentally safe to fight with the ultraviolet disinfection method. The monitoring carried out can become a good support in the selection of the most optimal wastewater treatment method.

**Keywords:** wastewater, COD (chemical oxygen demand), BOD (biochemical oxygen demand), suspended solids, petroleum products, ammonium ions, phosphate ions, pathogens.

**For citation:** Aukhadieva, E. A., Allayarova, G. R., Zelenkovskaya, E. E., Kurilov, M. V., Daukaev, R. A., & Gizatullina, L. G. (2023). Prospects for studying the chemical composition and microbiological landscape of wastewater of enterprises. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 3(2), 0301–0312. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-2-0301-0312>

---

### ВВЕДЕНИЕ

Согласно статистике, в поверхностные водоемы Республики Башкортостан ежегодно сбрасывается около 300 млн. м<sup>3</sup> загрязненных сточных вод, и лишь одна десятая часть, перед спуском в реки, очищается до установленных нормативов [1]. Серьезный вклад в загрязнение природных вод вносят некоторые заводы, сельхозпредприятия, судоходство, жилищно-коммунальный комплекс. Сточные воды, которые не представляется возможным повторно использовать, например, в промышленности, для орошения полей и для других целей, допускается отводить в водные объекты лишь после очистки. В литературе приведено много инновационных предложений по способам очистки сточной воды с предприятий. Например, для

избавления от солей тяжелых металлов воды с гальванических предприятий рекомендуется очищать ее с помощью сточных вод пищевого производства с дальнейшим отстаиванием и обработкой на электрофлотаторе [2]. Сточные воды со спиртзаводов предлагается очищать с применением установки аэробной очистки [3]. Из-за недостаточной очистки в них развиваются микроорганизмы, в том числе и патогенные, сине-зеленые водоросли, наблюдается цветение водоемов, изменяются биоценозы, может произойти даже смена сукцессий. Химические вещества (тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты и др.) тоже оказывают очень большое влияние на водных обитателей. Также загрязняется вода на водозаборах [4]. Поэтому качество воды рек и водоемов представляет серьезную экологическую проблему.

Цель исследования – мониторинг качественного состава сточных вод предприятий г. Уфы. Объектами исследований явились, соответственно, образцы сточных вод предприятий.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В образцах сточных вод определено содержание взвешенных веществ, ионов аммония, фосфат-ионов, нефтепродуктов, ХПК (химического потребления кислорода), БПК (биохимического потребления кислорода), уровень pH, а также микробиологические показатели по аттестованным методикам [5-12]. Стандартная статистическая обработка полученных данных проведена с помощью программ MS Excel и Statistica 21,0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

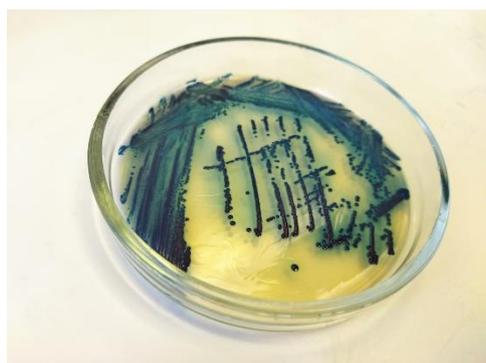
Определены физико-химические показатели сточных вод: содержание взвешенных веществ, ионов аммония, фосфат-ионов, нефтепродуктов, ХПК (химического потребления кислорода), БПК (биохимического потребления кислорода), уровень pH (Таблица 1).

Таблица 1. Физико-химические показатели исследованных вод.

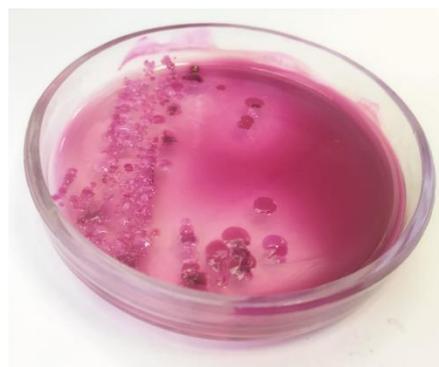
Table 1. Physical and chemical indicators of the investigated waters.

Наименование показателя	Значение показателя	Медиана	Допустимая норма
рН, ед. рН	7,2-8,6	7,9	6-9
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	66,9-1304,0	149	Не более 300
БПК, мг/дм <sup>3</sup>	103-340	110	Не более 300
ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	16-752	239	Не более 500
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,62-49,89	1,5	Не более 8
Ионы аммония, мг/дм <sup>3</sup>	0,50-96,0	11	Не более 2
Фосфат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	0,63-11,20	2,7	Не более 12

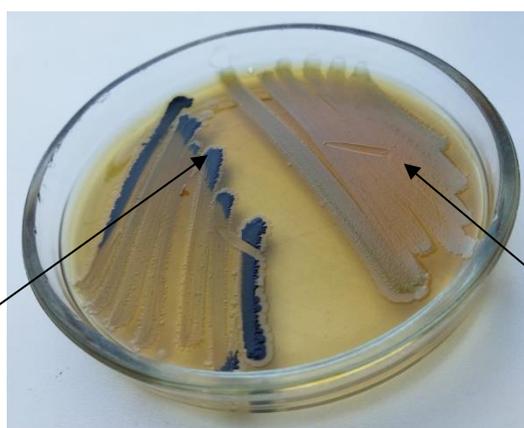
В результате исследования водных стоков были выделены и идентифицированы грамотрицательные бактерии. Это *Escherichia coli* (в 14 образцах воды), *Klebsiella pneumoniae* (в 9 образцах), *Salmonella* sp. (в 8 образцах), *Citrobacter* sp. (в 6 образцах) (рис. 1).



*E. coli*



*Klebsiella pneumoniae*



*Salmonella* sp.

*Citrobacter* sp.

Рисунок 1. Рост на питательных средах выделенных условно-патогенных микроорганизмов.

Figure 1. Growth of isolated opportunistic microorganisms on nutrient media.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Большая часть стоков г. Уфы (около 90%) – это хозяйственно-бытовые стоки, остальная часть идет с промпредприятий. По полученным данным (таблица) видно, что сточные воды некоторых предприятий относятся к загрязненным. Так, величина рН во всех пробах находится в допустимых для сбрасывания пределах, однако, по некоторым показателям, выявлено превышение: по содержанию взвешенных веществ в 4 раза, ХПК – в 1,5 раза, нефтепродуктов – в 6, ионов аммония – в 48 раз, в единичных образцах есть незначительное превышение норматива по показателю БПК. Знание концентрации некоторых веществ позволяет рассчитать кинетику окисления и подобрать наиболее оптимальный способ очистки [13]. Например, величина БПК позволяет оценить содержание легкоокисляющихся органических веществ. При недостатке кислорода в сточных водах интенсифицируется процесс образования сероводорода. Чем меньше скорость движения сточных вод, тем выше вероятность выпадения взвешенных веществ в осадок, тем быстрее происходит их загнивание и, как следствие, уменьшается содержание растворенного кислорода, увеличивается БПК, появляются сероводород, метан и другие газы [14]. Соотношение между показателями ХПК и БПК позволяет судить о составе сточных вод и является подсказкой при подборе наиболее оптимального метода очистки. Несущественная разница между данными параметрами указывает на целесообразность применения биологической очистки, ведь чем больше органики, тем выше показатели БПК. А вот значительное превышение ХПК, по сравнению с БПК, указывает на большое содержание стойких органических соединений, которые трудно подвергаются биохимическому взаимодействию, и в этом случае правильнее будет использование физико-химических способов очистки.

Для выявления возможных закономерных связей между исследованными показателями был применен корреляционный анализ по Пирсону (рис.2), который показал сильную значимую корреляцию между такими показателями, как ХПК и БПК ( $r=0,982$  при  $p=0,0001$ ), БПК и содержанием фосфат-ионов ( $r=0,831$  при  $p=0,005$ ), БПК и содержанием ионов аммония ( $r=0,693$  при  $p=0,0001$ ), величиной рН и содержанием ионов аммония ( $r=0,697$  при  $p=0,046$ ).

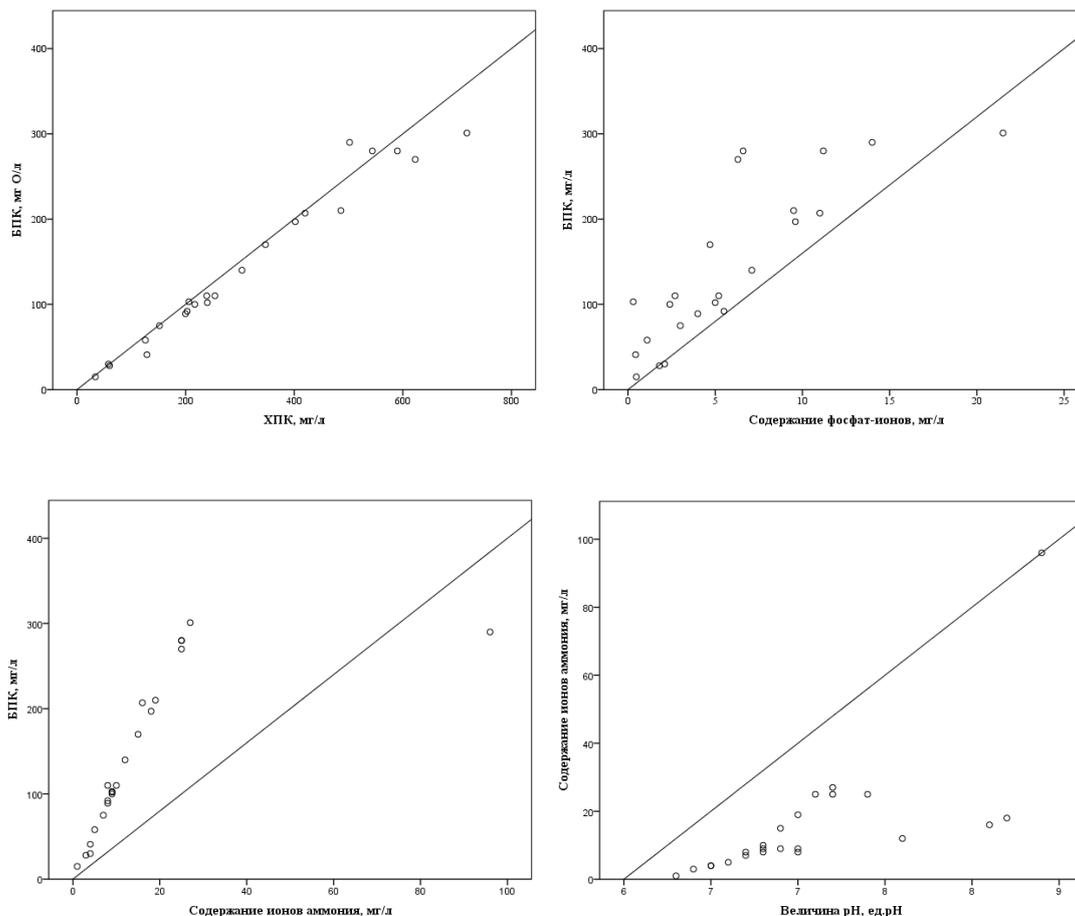


Рисунок 2. Корреляционная зависимость физико-химических показателей сточной воды.

Figure 2. Correlation dependence of physical and chemical indicators of waste water.

Эти закономерности легко можно объяснить. Так, например, в зависимости от величины рН воды растворенный аммиак и ионы аммония находятся в состоянии динамического равновесия, при низких его значениях доминирует форма аммиака, а при высоких начинают преобладать ионы аммония. Величина БПК зависит от содержания в воде фосфора и азота, потому что они служат питательными веществами для микроорганизмов. Также величина БПК всегда меньше ХПК, ведь лишь часть органических веществ, которые разлагаются до углекислого газа и воды под действием окислителей, может окисляться растворенным в воде кислородом.

Что касается микробиологических показателей, выделенные и идентифицированные в результате исследования водных стоков бактерии (рис. 1) являются условно-патогенными и относятся к семейству *Enterobacteriaceae*. В норме

*E. coli* обитает в кишечнике млекопитающих, в том числе и человека, и участвует в синтезе витамина К [15], а также предотвращает развитие патогенных микроорганизмов [16-17], но при попадании в другие органы или полости тела может вызвать патологии. Штаммы *E. coli* являются важным индикатором наличия фекальных загрязнений [18-19]. *Klebsiella pneumoniae* часто встречается в почве и поверхностных водах и может стать причиной различных инфекционных заболеваний, таких, как пневмония, инфекции мочевыводящих путей, бактериемия, менингит, сепсис [18]. Некоторые виды *Salmonella* sp. при пероральном контакте являются возбудителями паратифов, брюшного тифа и других сальмонеллёзов [19]. *Citrobacter* sp. также могут обитать в кишечнике человека, при высокой концентрации и снижении иммунитета могут вызвать инфекции мочевыводящих путей, желудочно-кишечного тракта, менингит и сепсис [20]. На водоочистных сооружениях, после проведения механической, биологической, физико-химической очистки, для дезинфекции воды, перед выпуском ее в водоем, все чаще применяется хлорирование, озонирование или ультрафиолетовое облучение. Применение хлорирования из-за риска образования хлорорганических веществ рассматривается, с точки зрения экологии водоемов, как небезопасное. Озон более эффективен не для дезинфекции, а для устранения органических примесей, дающих запах и привкус. Таким образом, особенно действенным и экологически безопасным методом обеззараживания воды является УФ-облучение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование показало, что сточные воды некоторых предприятий являются загрязненными по содержанию взвешенных веществ, нефтепродуктов, ионов аммония, ХПК. Выявлена значимая корреляция между ХПК и БПК, БПК и содержанием фосфат-ионов, БПК и содержанием ионов аммония, величиной рН и содержанием ионов аммония. Несущественная разница между ХПК и БПК указывает на целесообразность применения биологической очистки, ведь чем больше органики, тем выше показатели БПК. А вот значительное превышение ХПК, по сравнению с БПК, указывает на большое содержание стойких органических соединений, которые трудно подвергаются биохимическому взаимодействию, и в этом случае правильнее будет использование физико-химических способов очистки. В пробах выделены и идентифицированы грамотрицательные условно-патогенные бактерии семейства *Enterobacteriaceae* – *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* sp., *Citrobacter* sp., бороться с

которыми эффективнее и экологически безопаснее методом ультрафиолетового обеззараживания. Проведенный мониторинг может стать хорошей опорой при подборе наиболее оптимального метода очистки сточных вод.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Портал [watermagazine.ru](https://watermagazine.ru) <https://watermagazine.ru> (дата обращения: 12.04.2023).
- [2] Сидоренко Т.А. Способ очистки сточных вод от токсичных металлов сточными водами пищевых предприятий. Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2004; 4: 1049.
- [3] Кантемирова А.Н., Дзищоева З.Л. Перспективы изучения аэробного микробного пейзажа сточных вод спиртзавода, с целью обоснования выбора методов очистки сточных вод. Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2015; 5: 5-7.
- [4] Кутковский К.А. Виды сточных вод и основные методы анализа загрязнителей. Молодой ученый. 2013; 9 (56): 119-122.
- [5] ПНД Ф 14.1:2:3.110-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации взвешенных веществ в пробах природных и сточных вод гравиметрическим методом.
- [6] ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ.
- [7] ПНД Ф 14.1:2:4.112-97 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония.
- [8] ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».
- [9] ПНД Ф 14.1:2:4.190-03 Количественный химический анализ вод. Методика измерений бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом с применением анализатора жидкости «Флюорат-02».
- [10] МИ ФР.1.31.2015.20690. Количественный химический анализ природных и сточных вод. Методика измерений биохимического потребления кислорода по изменению давления газовой фазы (манометрический метод).
- [11] ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 Количественный химический анализ вод. Методика измерений pH проб вод потенциометрическим методом.

- [12] МУК 4.2.188-04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов.
- [13] Новожилов О.Е., Жакевич М.О. Методика расчета сооружений биологической очистки сточных вод с нитри-денитрификацией. В сборнике: Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2015». Труды научного конгресса. 2015; 1: 184-187.
- [14] Вавилов В.Е., Дзиминскайте О.Ч., Жакевич М.О. Газовая коррозия самотечных канализационных коллекторов. В сборнике: Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2015». Труды научного конгресса. 2015; 1: 179-181.
- [15] Meganathan R. Biosynthesis of Menaquinone (Vitamin K<sub>2</sub>) and Ubiquinone (Coenzyme Q): a Perspective on Enzymatic Mechanisms. *Vitamins and hormones*. 2001; 61: 173-218. doi: 10.1016/s0083-6729(01)61006-9.
- [16] Hudault S., Guignot J., Servin A.L. *Escherichia coli* strains colonising the gastrointestinal tract protect germfree mice against *Salmonella typhimurium* infection. *Gut*. 2001; 49(1): 47-55. doi:10.1136/gut.49.1.47.
- [17] Reid G., Howard J., Gan B.S. Can bacterial interference prevent infection? *Trends Microbiol*. 2001; 9 (9): 424-428.
- [18] Struve C., Kroghfelt K.A. Pathogenic potential of environmental *Klebsiella pneumoniae* isolates. *Environmental Microbiology*. 2004; 6 (6): 584-590. doi: 10.1016/s0966-842x(01)02132-1.
- [19] Литусов Н.В., Козлов А.П. Сальмонеллы. Иллюстрированное учебно-методическое пособие. 2012: 51.
- [20] Drelichman V., Band J.D. Bacteremias due to *Citrobacter diversus* and *Citrobacter freundii*. Incidence, risk factors, and clinical outcome. *Archives of Internal Medicine*. 1985; 145: 1808–1810.

## REFERENCES

- [21] Portal watermagazine.ru <https://watermagazine.ru> (data obrashcheniya: 12.04.2023).
- [22] Sidorenko T.A. Sposob ochistki stochnyh vod ot toksichnyh metallov stochnymi vodami pishchevyh predpriyatij. *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK. Referativnyj zhurnal*. 2004; 4: 1049 (in Russian).
- [23] Kantemirova A.N., Dziccoeva Z.L. Perspektivy izucheniya aerobnogo mikrobnogo

пейзажа сточных вод спиртзавода, с целью обоснования выбора методов очистки сточных вод. *Новая наука: Современное состояние и пути развития*. 2015; 5: 5-7 (in Russian).

[24] Kutkovskij K.A. *Vidy stochnyh vod i osnovnye metody analiza zagryaznitelej*. *Molodoy uchenyj*. 2013; 9 (56): 119-122 (in Russian).

[25] PND F 14.1:2:3.110-97. *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod*. *Metodika izmerenij massovoj koncentracii vzveshennyh veshchestv v probah prirodnyh i stochnyh vod gravimetricheskim metodom*.

[26] GOST 33045-2014 *Voda*. *Metody opredeleniya azotsoderzhashchih veshchestv*.

[27] PND F 14.1:2:4.112-97 *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod*. *Metodika izmerenij massovoj koncentracii fosfat-ionov v pit'evykh, poverhnostnyh i stochnyh vodah fotometricheskim metodom s molibdatom ammoniya*.

[28] PND F 14.1:2:4.128-98 *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod*. *Metodika izmerenij massovoj koncentracii nefteproduktov v probah prirodnyh, pit'evykh, stochnyh vod fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Flyuorat-02»*.

[29] PND F 14.1:2:4.190-03 *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod*. *Metodika izmerenij bihromatnoj okislyaemosti (himicheskogo potrebleniya kisloroda) v probah prirodnyh, pit'evykh i stochnyh vod fotometricheskim metodom s primeneniem analizatora zhidkosti «Flyuorat-02»*.

[30] MI FR.1.31.2015.20690. *Kolichestvennyj himicheskij analiz prirodnyh i stochnyh vod*. *Metodika izmerenij biohimicheskogo potrebleniya kisloroda po izmeneniyu davleniya gazovoj fazy (manometricheskij metod)*.

[31] PND F 14.1:2:3:4.121-97 *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod*. *Metodika izmerenij rN prob vod potenciometricheskim metodom*.

[32] MUK 4.2.188-04. *Metody kontrolya*. *Biologicheskie i mikrobiologicheskie faktory*. *Sanitarno-mikrobiologicheskij i sanitarno-parazitologicheskij analiz vody poverhnostnyh vodnyh ob"ektov*.

[33] Novozhilov O.E., Zhakevich M.O. *Metodika rascheta soouruzhenij biologicheskoy ochistki stochnyh vod s nitri-denitrifikaciej*. *V sbornike: Mezhdunarodnyj nauchno-promyshlennyj forum «Velikie reki'2015»*. *Trudy nauchnogo kongressa*. 2015; 1: 184-187 (in Russian).

[34] Vavilov V.E., Dziminskajte O.CH., Zhakevich M.O. *Gazovaya korroziya samotechnyh kanalizacionnyh kollektorov*. *V sbornike: Mezhdunarodnyj nauchno-promyshlennyj forum «Velikie reki'2015»*. *Trudy nauchnogo kongressa*. 2015; 1: 179-181 (in Russian).

[35] Meganathan R. *Biosynthesis of Menaquinone (Vitamin K<sub>2</sub>) and Ubiquinone (Coenzyme*

- Q): a Perspective on Enzymatic Mechanisms. Vitamins and hormones. 2001; 61: 173-218.
- [36] Hudault S., Guignot J., Servin A.L. Escherichia coli strains colonising the gastrointestinal tract protect germfree mice against Salmonella typhimurium infection. Gut. 2001; 49(1): 47-55.
- [37] Reid G., Howard J., Gan B.S. Can bacterial interference prevent infection? Trends Microbiol. 2001; 9 (9): 424-428.
- [38] Struve S., Krogfelt K.A. Pathogenic potential of environmental Klebsiella pneumoniae isolates. Environmental Microbiology. 2004; 6 (6): 584-590.
- [39] Litusov N.V., Kozlov A.P. Sal'monelly. Illyustrirovannoe uchebno-metodicheskoe posobie. 2012: 51 (in Russian).
- [40] Drelichman V., Band J.D. Bacteremias due to Citrobacter diversus and Citrobacter freundii. Incidence, risk factors, and clinical outcome. Archives of Internal Medicine. 1985; 145: 1808–1810.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Аухадиева Эльвира Ахатовна**, младший научный сотрудник ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия  
e-mail: [phytoufa@yandex.ru](mailto:phytoufa@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-6793-6992>

**Elvira Aukhadieva**, Junior Researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

**Аллаярова Гузель Римовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия  
e-mail: [guzel-all@mail.ru](mailto:guzel-all@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-0838-3598>

**Guzel Allayarova**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

**Зеленковская Евгения Евгеньевна**, младший научный сотрудник ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия  
e-mail: [ufa.lab@yandex.ru](mailto:ufa.lab@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7682-2703>

**Evgenia Zelenkovskaya**, Junior Researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

**Курилов Михаил Викторович**, младший научный сотрудник ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия  
e-mail: [ufa.lab@yandex.ru](mailto:ufa.lab@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-2818-1558>

**Mikhail Kurilov**, Junior Researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

**Даукаев Рустем Аскарлович**, кандидат биологических наук, заведующий химико-аналитическим отделом ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

e-mail: [ufa.lab@yandex.ru](mailto:ufa.lab@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-0421-4802>

**Rustem Daukaev**, Candidate of Biological Sciences, Head of the Chemical Analytical Department of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

**Гизатуллина Лилия Галиевна**, биолог ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

e-mail: [ufa.lab@yandex.ru](mailto:ufa.lab@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-6593-2704>

**Liliya Gizatullina**, biologist, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

*Статья поступила в редакцию 06.06.2023; одобрена после рецензирования 17.06.2023; принята к публикации 20.06.2023.*

*The article was submitted 06.06.2023; approved after reviewing 17.06.2023; accepted for publication 20.06.2023.*