

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ОСНОВНЫХ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

А. В. АРЕФЬЕВ¹, Р. Б. ГУЛИЕВ¹, Е. Е. МАЙОРОВ², В. Б. КОЦКОВИЧ³,
В. П. ПУШКИНА³, М. В. ХОХЛОВА⁴

¹ Университет при Межпарламентской ассамблее ЕвразЭС,
194044, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: majorov_ee@mail.ru

² Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики,
190103, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
190000, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, 197198, Санкт-Петербург, Россия

Показана актуальность исследования оптических свойств дезинфицирующих веществ посредством спектрофотометрии. Приведена структурная схема спектрофотометра, работающего в ультрафиолетовом диапазоне длин волн. Даны технико-эксплуатационные характеристики спектрофотометра. Получены спектральные зависимости коэффициента пропускания альдегидов (формальдегид, глютаровый альдегид), спиртов (этиловый, изопропиловый), надуксусной кислоты, 30%-ной перекиси водорода. Выявлены спектральные максимумы прозрачности в коротковолновой области ультрафиолетового диапазона, которые приходились на $\lambda = 230, 250, 285, 300, 330, 340$ нм („плечи“ в спектре $T(\lambda)$). На длинноволновой границе рабочего спектрального диапазона ($\lambda \geq 400$ нм) все спектры монотонно сходились с учетом погрешности измерений T .

Ключевые слова: спектрофотометр, коэффициент пропускания, дезинфицирующее вещество, длина волны излучения, спектр, полихроматор

Введение. В современной медицине, пищевой промышленности, оптическом приборостроении для обработки различных поверхностей (полимерных, смольных, каучуковых, металлических) и пр. [1, 2] широко используются такие дезинфицирующие вещества, как альдегиды, бисфенолы, бигуаниды, спирты (этанол), надуксусная кислота и перекись водорода.

На производстве для контроля процесса обработки поверхностей объектов активно применяются спектральные приборы и системы [3, 4]. Работа их основана на получении оптических параметров контролируемых веществ.

Использование спектрофотометрии требует точных количественных данных по оптическим свойствам как исходных образцов, так и их водных растворов, включая показатель поглощения, пропускания или отражения [5, 6]. В настоящий момент такие данные неполны, противоречивы и в доступной научной литературе носят оценочный характер [7, 8].

Поэтому целью настоящей работы явилось исследование основных дезинфицирующих веществ посредством предложенного спектрофотометра, работающего в ультрафиолетовой области спектра.

Метод и объекты исследования. В работе исследовались оптические свойства следующих дезинфицирующих веществ: альдегиды (формальдегид, глютаровый альдегид), спирты (этиловый, изопропиловый), надуксусная кислота, 30%-ная перекись водорода.

Представленные объекты исследования используются для обработки различных по составу поверхностей [9—14], все рассмотренные средства переданы для исследований фармацевтической компанией „БиоХимЭкспо“.

Для исследования спектров пропускания образцов в ультрафиолетовом диапазоне длин волн использован спектрофотометр, представленный на рис. 1 и 2.

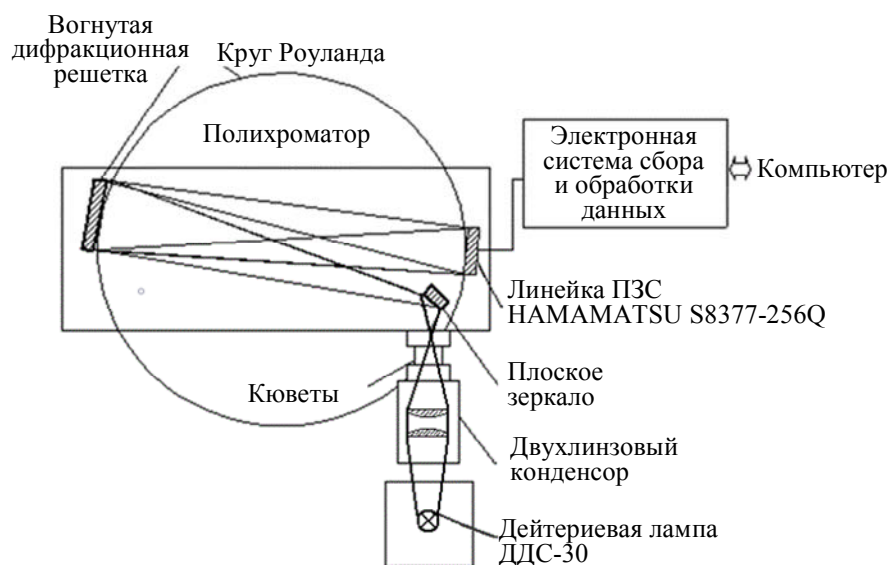


Рис. 1

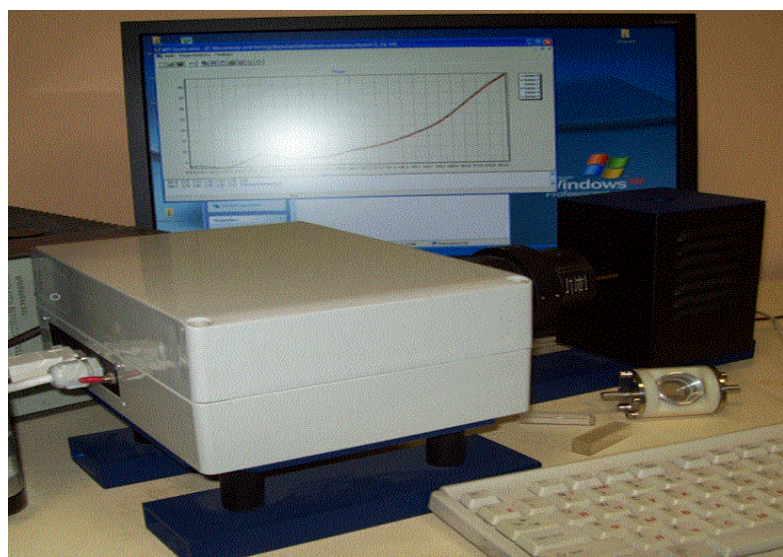


Рис. 2

В состав спектрофотометра входят осветитель, узел спектроанализатора на основе полихроматора, электронная система сбора, обработки и вывода данных измерений [15—19]. В осветителе использована дейтериевая лампа ДДС-30 со стандартным блоком питания, излучение от которой через двухлинзовый кварцевый конденсор (кварцевое стекло КУ-1) и кварцевую жидкостную кювету с исследуемой пробой передается на входную щель полихроматора. Входная щель полихроматора представляет собой отверстие диаметром 0,3 мм. Используются стандартные кюветы с длиной прохода 2 или 10 мм. Кюветы установлены непосредственно после излучателя в „широком“ пучке излучения, что позволило снизить систематическую погрешность измерений пропускания из-за рефракции света в заполненных кюветах, расположенных в сходящихся лучах вблизи входной щели полихроматора. Таким образом, прибор обеспечивает возможность измерения коэффициента пропускания.

В полихроматоре блока спектрометра использована классическая вогнутая нарезная дифракционная решетка с радиусом кривизны $r = 62,5$ мм и постоянной 600 штр/мм [18, 19]. Спектр формируется на круге Роуланда диаметром 130 мм и регистрируется ПЗС-линейкой НАМАМАТСУ S8377-256Q [14, 19].

Электронная система сбора и обработки данных и прилагаемое программное обеспечение позволяют выводить результаты измерений в виде графиков, числовых массивов, а также производить хранение и распечатку данных.

Технико-эксплуатационные характеристики прибора:

- рабочий спектральный диапазон — 200—400 нм;
- предел спектрального разрешения — 3 нм;
- погрешность калибровки шкалы длин волн — не выше 2 нм;
- погрешность измерения коэффициента пропускания — не более 1 %;
- время регистрации одного спектра — 25 мс;
- питание от сети 220 В, 50 Гц;
- передача данных через порт RS 232;
- габаритные размеры — 700×250×180 мм.

Экспериментальные результаты. Спектральные зависимости коэффициента пропускания (T) дезинфицирующих веществ представлены на рис. 3: 1 — дистиллированная вода, 2 — этиловый спирт, 3 — изопропиловый спирт, 4 — формальдегид, 5 — глютаровый альдегид, 6 — надуксусная кислота, 7 — перекись водорода. При исследовании выявлена разная пропускная способность образцов. Максимальные значения поглощения получены для спиртов, в частности, этилового и изопропилового (2, 3). Плечи этих кривых находились на длинах волн 285 и 300 нм (0,78 и 0,69 о.е.). УФ-спектры этих веществ похожи друг на друга.

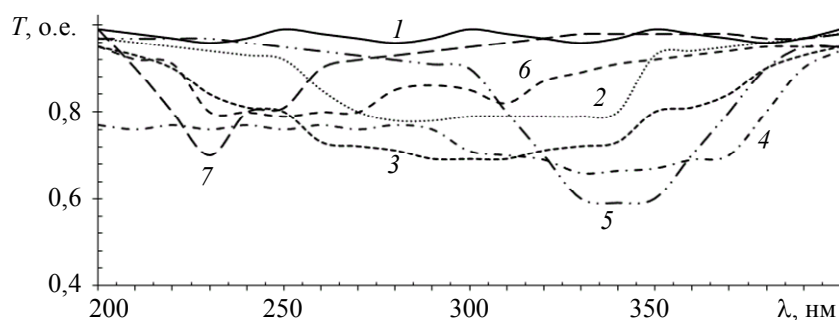


Рис. 3

Максимальные значения поглощения формальдегида и глютарового альдегида (0,66 и 0,60 о.е.) найдены на 330 и 340 нм (4, 5). Спектральные зависимости этих материалов по форме различались, по-видимому, это связано с химическим составом образцов.

Исследование надуксусной кислоты показывает, что максимум поглощения приходится на длину волны 250 нм, где $T = 0,79$ о.е. (6). Минимальное пропускание 30%-ной перекиси водорода составило 0,70 о.е. (7) на длине волны 230 нм.

Полученная информация о спектрах пропускания этих образцов подтверждает сильную зависимость от длины волны в диапазоне 200—400 нм. По форме спектральные кривые различаются, максимумы поглощения находятся в диапазоне 0,60—0,79 о.е. Спектральные максимумы прозрачности в коротковолновой области ультрафиолетового диапазона приходились на $\lambda = 230, 250, 285, 300, 330, 340$ нм („плечи“ в спектре $T(\lambda)$). На длинноволновой границе рабочего спектрального диапазона ($\lambda \geq 400$ нм) все спектры монотонно сходились и с учетом погрешности измерений T из-за потерь на границах раздела „окно кюветы—исследуемый раствор“ вследствие существенного различия в показателе преломления растворов различного состава были близки к прозрачности кюветы с дистиллированной водой, принятой за эталон, с $T = 100\%$ (1).

Заключение. Данные по оптическим параметрам исследованных образцов могут быть полезны для разработки спектрофотометров, работающих в ультрафиолетовом диапазоне длин волн. На основе полученных экспериментальных данных могут быть уточнены и оптимизированы алгоритмы применения таких приборов и, при необходимости, внесены измене-

ния в их конструкцию, оптоэлектронную схему и программное обеспечение. Результаты работы имеют важное практическое значение для оптического приборостроения, медицины, биологии, химии и пищевой промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов М. И., Калинин И. П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986. 432 с.
2. Браун Д., Флорид А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ. М.: Мир, 1992. 360 с.
3. Зайдель А. Н., Островская Г. В., Островский Ю. И. Техника и практика спектроскопии. М., 1976. 375 с.
4. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970. 855 с.
5. Ландсберг Г. С. Оптика. М.: Наука, 1976. 926 с.
6. Креопалова Г. В., Лазарева Н. Л., Пуряев Д. Т. Оптические измерения. М.: Машиностроение, 1987. 264 с.
7. Казыцына Л. А., Куплетская Н. Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Вышш. шк., 1971. 264 с.
8. Belov N. P., Lapshov S. N., Mayorov E. E., Sherstobitova A. S., Yaskov A. D. Optical properties of black liquor and refractometric methods for monitoring the solid residue concentration in sulfate cellulose production // J. of Applied Spectroscopy. 2012. Vol. 79, N 3. P. 499—502.
9. Belov N. P., Lapshov S. N., Sherstobitova A. S., Yaskov A. D., Maiorov E. E. Optical properties of green liquors and the use of commercial refractometry to monitor or their composition in the production of sulfate cellulose // J. of Optical Technology. 2014. Vol. 81, N 1. P. 39—43.
10. Майоров Е. Е., Прокопенко В. Т., Ушверидзе Л. А. Исследование ультрафиолетового спектрофотометра ($\lambda = 200 \dots 400$ нм) и его компонент // Приборы. 2014. Вып. № 2 (164). С. 10—15.
11. Майоров Е. Е., Машек А. Ч., Цыганкова Г. А., Хайдаров А. Г., Абрамян В. К., Зайцев Ю. Е. Разработка лабораторного спектрофотометра видимой области спектра для контроля жидкофазных сред // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2016. № 8. С. 42—46.
12. Майоров Е. Е., Туровская М. С., Литвиненко А. Н., Черняк Т. А., Дагаев А. В., Пономарев С. Е., Курлов В. В., Катунин Б. Д. Исследование разработанного спектрофотометра для ультрафиолетовой области спектра и его технико-экономическое обоснование // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. № 7. С. 38—43.
13. Майоров Е. Е., Машек А. Ч., Цыганкова Г. А., Писарева Е. А. Исследование оптических свойств черных щелоков рефрактометрическими и спектрофотометрическими методами при производстве сульфатной целлюлозы // Науч. вест. Белгород. гос. ун-та. 2018. Т. 50, № 1. С. 55—63. DOI: 10.18413/2075-4639-2018-50-1-55-63.
14. Майоров Е. Е., Машек А. Ч., Цыганкова Г. А., Писарева Е. А. Исследование спектрофотометра ультрафиолетовой области длин волн для анализа спектров пропускания дисперсных сред // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2018. Вып. 4. С. 357—365.
15. Майоров Е. Е., Туровская М. С., Литвиненко А. Н., Черняк Т. А., Дагаев А. В., Пономарев С. Е., Курлов В. В., Катунин Б. Д. Исследование разработанного спектрофотометра для ультрафиолетовой области спектра и его технико-экономическое обоснование // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. № 7. С. 38—43.
16. Майоров Е. Е., Константинова А. А., Шаламай Л. И., Цыганкова Г. А., Машек А. Ч., Пушкина В. П., Хохлова М. В., Коцкович В. Б., Дагаев А. В. Исследования оптических спектров диметилсульфоксида $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2019. № 7. С. 212—223.
17. Арефьев А. В., Бородинский Ю. М., Майоров Е. Е., Дагаев А. В., Хохлова М. В., Гулиев Р. Б. Разработка экспериментальной методики для фотометрического анализа нефтепродуктов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2020. № 9. С. 1—5. DOI: 10.25791/pribor.09.2020.1202.
18. Шаламай Л. И., Кузьмина Д. А., Майоров Е. Е., Мендоса Е. Ю., Сакерина А. И., Нарушак Н. С. Исследование оптических свойств твердых тканей зуба и композитных материалов по средствам фотометрического анализа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2020. № 8. С. 11—17. DOI: 10.25791/pribor.08.2020.1196.

19. Майоров Е. Е., Шаламай Л. И., Кузьмина Д. А., Мендоса Е. Ю., Нарушак Н. С., Сакерина А. И. Спектральный анализ стоматологического реставрационного материала и зубной ткани пациентов разных возрастных групп *in vitro* // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2020. № 8. С. 105—114.

Сведения об авторах

- Александр Владимирович Арефьев** — канд. физ.-мат. наук, доцент; Университет при Межпарламентской ассамблее ЕврАзЭС, кафедра математики и информационных технологий; E-mail: aaref@yandex.ru
- Рамиз Балахан оглы Гулиев** — канд. техн. наук, доцент; Университет при Межпарламентской ассамблее ЕврАзЭС, кафедра математики и информационных технологий; E-mail: ramiz63@yandex.ru
- Евгений Евгеньевич Майоров** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, кафедра информационных технологий и математики; E-mail: majorov_ee@mail.ru
- Владимир Богданович Коцкович** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, кафедра высшей математики и механики; E-mail: kotskovich_vb@mail.ru
- Вера Павловна Пушкина** — канд. экон. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, кафедра высшей математики и механики; E-mail: vera150465@yandex.ru
- Марина Владимировна Хохлова** — канд. пед. наук, доцент; Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского; кафедра физики; E-mail: mvxoh@mail.ru

Поступила в редакцию
03.12.2020 г.

Ссылка для цитирования: Арефьев А. В., Гулиев Р. Б., Майоров Е. Е., Коцкович В. Б., Пушкина В. П., Хохлова М. В. Спектрофотометрия основных дезинфицирующих веществ в ультрафиолетовом диапазоне длин волн // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 4. С. 294—299.

SPECTROPHOTOMETRY OF BASIC DISINFECTANTS IN THE ULTRAVIOLET WAVELENGTH RANGE

A.V. Arefiev¹, R. B. Guliev¹, E. E. Maiorov², V. B. Kotskovich³,
V. P. Pushkina³, M. V. Khokhlova⁴

¹ University at the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly,
194044, St. Petersburg, Russia
E-mail: majorov_ee@mail.ru

² St. Petersburg University of Management Technologies and Economics,
190103, St. Petersburg, Russia

³ St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
190000, St. Petersburg, Russia

⁴ A. F. Mozhaisky Military Space Academy, 197198, St. Petersburg, Russia

The relevance of studying the optical properties of disinfectants by means of spectrophotometry is demonstrated. A block diagram of a spectrophotometer operating in the ultraviolet wavelength range is presented. The technical and operational characteristics of the spectrophotometer are given. Spectral dependences of the transmittance, $T(\lambda)$, of aldehydes (formaldehyde, glutaraldehyde), alcohols (ethyl, isopropyl), peracetic acid, and hydrogen peroxide 30% are obtained. Spectral maxima of transparency in the short-wave region of the ultraviolet range, which occurred at $\lambda = 230, 250, 285, 300, 330, 340$ nm ("shoulders" in the $T(\lambda)$ spectrum) are revealed. At the long-wave boundary of the operating spectral range ($\lambda \geq 400$ nm), all the spectra are shown to converge monotonically with the account for the transmittance measurement error.

Keywords: spectrophotometer, transmission coefficient, disinfectant, radiation wavelength, spectrum, polychromator

REFERENCES

1. Bulatov M.I., Kalinkin I.P. *Prakticheskoye rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza* (A Practical Guide to Photometric Methods of Analysis), Leningrad, 1986, 432 p. (in Russ.)
2. Brown D., Floyd A., Sainsbury M. *Organic Spectroscopy*, Chichester, New York, J. Wiley, 1988, 250 p.
3. Zaydel' A.N., Ostrovskaya G.V., Ostrovskiy Yu.I. *Tekhnika i praktika spektroskopii* (Technique and

- Practice of Spectroscopy), Moscow, 1976, 375 p. (in Russ.)
4. Born M., Wolf E. *Principles of Optics*, Pergamon Press, 1970.
 5. Landsberg G.S. *Optika* (Optics), Moscow, 1976, 926 p. (in Russ.)
 6. Kreopalova G.V., Lazareva N.L., Puryayev D.T. *Opticheskiye izmereniya* (Optical Measurements), Moscow, 1987, 264 p. (in Russ.)
 7. Kazitsyna L.A., Kupletskaya N.B. *Primeneniye UF-, IK- i YAMR-spektroskopii v organicheskoy khimii* (Application of UV, IR and NMR Spectroscopy in Organic Chemistry), Moscow, 1971, 264 p. (in Russ.)
 8. Belov N.P., Lapshov S.N., Mayorov E.E., Sherstobitova A.S., Yaskov A.D. *Journal of Applied Spectroscopy*, 2012, no. 3(79), pp. 499–502.
 9. Belov N.P., Lapshov S.N., Sherstobitova A.S., Yaskov A.D., Maiorov E.E. *Journal of Optical Technology*, 2014, no. 1(81), pp. 39–43.
 10. Maiorov E.E., Prokopenko V.T., Ushveridze L.A. *Pribory*, 2014, no. 2(164), pp. 10–15. (in Russ.)
 11. Maiorov E.E., Mashek A.Ch., Tsygankova G.A., Khaydarov A.G., Abramyan V.K., Zaytsev Yu.E. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2016, no. 8, pp. 42–46. (in Russ.)
 12. Maiorov E.E., Turovskaya M.S., Litvinenko A.N., Chernyak T.A., Dagaev A.V., Ponomarev S.E., Kurlov V.V., Katunin B.D. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2018, no. 7, pp. 38–43. (in Russ.)
 13. Maiorov E.E., Mashek A.Ch., Tsygankova G.A., Pisareva E.A. *Belgorod State University Scientific bulletin*, 2018, no. 1(50), pp. 55–63. DOI: 10.18413/2075-4639-2018-50-1-55-63. (in Russ.)
 14. Maiorov E.E., Mashek A.Ch., Tsygankova G.A., Pisareva E.A. *News of the Tula State University. Technical sciences*, 2018, no. 4, pp. 357–365. (in Russ.)
 15. Maiorov E.E., Turovskaya M.S., Litvinenko A.N., Chernyak T.A., Dagaev A.V., Ponomarev S.E., Kurlov V.V., Katunin B.D. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2018, no. 7, pp. 38–43. (in Russ.)
 16. Maiorov E.E., Konstantinova A.A., Shalamay L.I., Tsygankova G.A., Mashek A.Ch., Pushkina V.P., Khokhlova M.V., Kotskovich V.B., Dagaev A.V. *News of the Tula State University. Technical sciences*, 2019, no. 7, pp. 212–223. (in Russ.)
 17. Arefiev A.V., Borodyansky Yu.M., Maiorov E.E., Dagaev A.V., Khokhlova M.V., Guliev R.B. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2020, no. 9, pp. 1–5. DOI: 10.25791/pribor.09.2020.1202. (in Russ.)
 18. Shalamay L.I., Kuzmina D.A., Maiorov E.E., Mendosa E.Yu., Sakerina A.I., Narushak N.S. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2020, no. 8, pp. 11–17. DOI: 10.25791/pribor.08.2020.1196. (in Russ.)
 19. Maiorov E.E., Shalamay L.I., Kuzmina D.A., Mendosa E.Yu., Narushak N.S., Sakerina A.I. *News of the Tula State University. Technical sciences*, 2020, no. 8, pp. 105–114. (in Russ.)

Data on authors

- Aleksander V. Arefiev** — PhD, Associate Professor; University at the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly, Department of Mathematics and Information Technologies; E-mail: aaref@yandex.ru
- Ramiz B. Guliyev** — PhD, Associate Professor; University at the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly, Department of Mathematics and Information Technologies; E-mail: ramiz63@yandex.ru
- Evgeny E. Maiorov** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, Department of Information Technologies and Mathematics; E-mail: majorov_ee@mail.ru
- Vladimir B. Kotskovich** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Higher Mathematics and Mechanics; E-mail: kotskovich_vb@mail.ru
- Vera P. Pushkina** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Higher Mathematics and Mechanics; E-mail: vera150465@yandex.ru
- Marina V. Khokhlova** — PhD, Associate Professor; A. F. Mozhaisky Military Space Academy; Department of Physics; E-mail: mvxox@mail.ru

For citation: Arefiev A.V., Guliev R. B., Maiorov E. E., Kotskovich V. B., Pushkina V. P., Khokhlova M. V. Spectrophotometry of basic disinfectants in the ultraviolet wavelength range. *Journal of Instrument Engineering*. 2021. Vol. 64, N 4. P. 294–299 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-4-294-299