

№ поз.	артикул	Название	Цена, евро/ед.	Кол-во, шт.	Стоимость, евро
1	45311.2	Плоский солнечный коллектор Meibes MFK 001, 3/4", площадью 2,51 м <sup>2</sup>	739,11	2	1478,22
2	45311.102	Базовый комплект крепежных реек TRP N2 MFK для 2-х солнечных коллекторов MFK 001/002	106,68	1	106,68
3	45311.107	Базовый монтажный комплект на базе универсальных анкеров (<0°) для установки первых 2-х коллекторов MFK 001/002	206,18	1	206,18
4	45311.201	Соединительный набор для плоского солнечного коллектора MFK 001 (переход на трубу InoFlex 1/2")	34,55	1	34,55
5	45719.21	Однотрубная солнечная станция S 3/4" с регулятором и насосом Grundfos Solar 15-65	569,73	1	569,73
6	69050.5	Термостатический смеситель (защита от ожогов)	74,71	1	74,71
7	14598	Бивалентный водонагреватель ESS-PU 300, ёмкостью 300л, 10 бар, жёсткая теплоизоляция, съёмный кожух.	1171,61	1	1171,61
8	66326.13	Группа подключения расширительного бака к гелиосистеме.	41,27	1	41,27
9	83007048	Туфосор L, канистра 20л.	126,00	1	126,00
10	90652.1	Футорка 3/4" HP x 1/2" BP	2,43	4	9,72
11	46104 FL	Концевой фитинг для гофротрубы FixLock Ду 16 x 1/2" HP	7,83	4	31,32
12	6925B.80 PE	Группа безопасности для бойлера Ду 20 мм, 8 бар	79,00	1	79,00
Розничная стоимость оборудования:					3928,99

Рисунок 6. Состав и стоимость набора приготовления ГВС

**Заключение.** Можно сделать вывод, что разработанная гелиоустановка «ЛУЧ-3» с системой концентрации с площадью апертуры 4,9 м<sup>2</sup> аналогична гелиоустановкам площадью 5,02 м<sup>2</sup> из плоских коллекторов и, соответственно, схожа по теплопроизводительности. Подключение гелиоустановки к системам теплоснабжения потребителей осуществляются по стандартным схемам с применением серийно выпускаемого гелиооборудования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тимошук, А.Л. Перспективы использования солнечной энергии в Республике Беларусь / А.Л. Тимошук, А.А. Данилевский // Белорусское сельское хозяйство. Минск, 2012. – №1.
2. Каталог продукции Meibes 2016 г.
3. Каталог продукции Meibes 2012 г.

Материал поступил в редакцию 11.05.17

#### YANCHILIN P.F. Variants of the solar power plant “Луч” installation

In the article some of the possible variants of connecting the the solar power plant «ЛУЧ» installation to the consumers' heat supply systems are presented. The technical and economic evaluation of the proposed and similar known massproduced devices is shown.

УДК 628.316

С.Г. Белов, Г.О. Наумчик

### ВОЗМОЖНОСТЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

**Введение.** В БрГТУ на кафедре ВВиОВР осуществляется разработка технологии очистки сточных вод текстильных предприятий методом озонирования. Одним из наиболее характерных загрязнителей данных сточных вод являются синтетические красители. Однако, при изучении механизма действия озона на красители возникла проблема идентификации продуктов их озоноразрушения. С учетом того, что все синтетические красители синтезируются из составляющих, имеющих ароматическую природу (соединения с бензольными, нафталиновыми, антраценовыми и другими ядрами), встал вопрос об обнаружении данных соединений в озонированной сточной воде. Основными методами определения данных соединений в органической химии яв-

ляется инфракрасная и ультрафиолетовая спектроскопии, хроматография. Поскольку на кафедре ВВиОВР имеется современный сканирующий спектрофотометр СФ-2000, было принято решение исследовать продукты распада красителей под действием озона с помощью УФ-спектроскопии.

При исследовании данного вопроса в литературных источниках оказалось, что методы идентификации ароматических соединений с помощью УФ-спектроскопии в водных растворах практически не разрабатывались. Имеются только УФ-спектры некоторых органических соединений, хорошо растворимых в воде, таких как фенол, гидрохинон, бензойная кислота. Большинство же УФ-спектров ароматических органических соединений, имеющих в

*Белов Сергей Григорьевич, к.т.н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.*

*Наумчик Григорий Остапович, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267*

справочных данных, приводятся для растворов данных соединений в органических растворителях. Проблема заключается в том, что УФ-спектры органических веществ зависят как от вида растворителя, так и от концентрации этих веществ. Поэтому было принято решение исследовать УФ-спектры водных растворов ароматических соединений с целью разработки экспресс метода анализа данных веществ в продуктах озонирования сточных вод.

**Методическая часть.** Исследования проводились при помощи сканирующего спектрофотометра СФ-2000 с использованием кварцевых кювет с длиной оптического пути 10 мм. Шаг сканирования составлял 0,113 нм. Количество циклов накопления 3. Диапазон длин волн от 190 до 350 нм. Объектами исследований являлись растворы ароматических соединений в дистиллированной и водопроводной воде. Методика проведения исследования заключалась в следующем:

— При исследовании спектров ароматических соединений в дистиллированной воде вначале снимался спектр соединения с высокой концентрацией, затем методом разбавления концентрация исследуемого раствора снижалась до предела обнаружения.

— При исследовании спектров ароматических соединений в водопроводной воде вначале снимался спектр водопроводной воды без добавления ароматических соединений, затем снимались спектры растворов органических соединений с теми же концентрациями, как и в дистиллированной воде.

**Экспериментальная часть.** Спектры поглощения органических соединений в УФ-области в зависимости от электронного строения соединения обуславливаются различными электронными переходами и состоят из нескольких максимумов поглощения на различной длине волны, которые обуславливаются полосами поглощения при возбуждении различных электронных уровней. Существуют следующие полосы поглощения, обусловленные переходом электрона со связывающей  $\pi$ -орбитали на разрыхляющую  $\pi^*$ -орбиталь (обозначается) — К-полосы, Е-полосы и В-полосы. Е-полосы и В-полосы характерны для ароматических соединений, они обусловлены запрещенными электронными переходами в ароматическом кольце. Интенсивность К-полосы ароматических соединений наиболее высокая, однако данная полоса расположена в более дальней УФ-области (к примеру для бензола — на длине волны 184 нм.). Интенсивность Е-полосы

примерно на порядок ниже, чем К-полосы (молярный коэффициент поглощения К-полосы бензола — 60000, молярный коэффициент поглощения Е-полосы бензола — 7900), но она расположена в более близкой УФ-области (для бензола — на длине волны 204 нм.), что облегчает ее обнаружение с помощью кварцевой УФ-спектроскопии. В-полосы ароматических соединений имеют еще более низкую интенсивность (молярный коэффициент поглощения от сотен до тысяч единиц), но эти полосы находятся в области длин волн выше 250 нм. Именно данные полосы, несмотря на их невысокую интенсивность, наиболее подходят для идентификации ароматических и многих гетероциклических соединений в водных растворах. Это обусловлено тем, что в воде практически всегда присутствуют различные примеси, такие как ионы тяжелых металлов (особенно железо), которые интенсивно поглощают УФ-излучение в области ниже 250 нм., тем самым перекрывая и накладываясь на К-полосы и Е-полосы многих органических соединений. Существуют также полосы поглощения органических соединений, обусловленные  $\pi \rightarrow \pi^*$  переходом, обозначаемые как R-полосы.

Данные полосы расположены в еще более длинноволновой УФ-области, однако значение их молярного коэффициента поглощения очень низкое (порядка единиц и десятков), поэтому идентификация органических соединений по данным полосам при низких концентрациях затруднительна [1, 2].

На рисунке 1 представлены спектры поглощения в УФ-области водных растворов толуола в дистиллированной и водопроводной воде соответственно.

На спектре раствора толуола в дистиллированной воде при концентрации 12,5 мг/л видны К, Е и В-полосы поглощения. При более высокой концентрации К-полосы деформированы, поскольку при высокой оптической плотности появляются искажения. При концентрации 5 мг/л В-полоса исчезает вследствие малой интенсивности поглощения, поэтому предел обнаружения толуола по В-полосе в дистиллированной воде — около 10 мг/л в кюветах с длиной пути 10 мм. На спектре раствора толуола в водопроводной воде К-полосы и Е-полосы деформированы присутствующими примесями, но В-полосы четко просматриваются несмотря на присутствующие примеси.

На рисунке 2 представлены В-полосы поглощения толуола в дистиллированной и водопроводной воде в увеличенном масштабе.

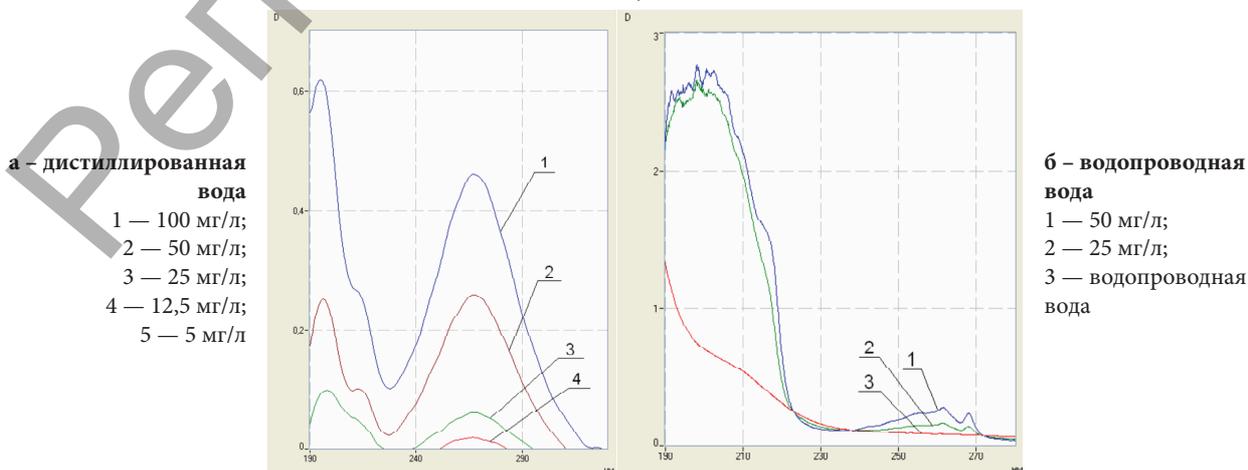


Рисунок 1. Спектры поглощения толуола в дистиллированной и водопроводной воде

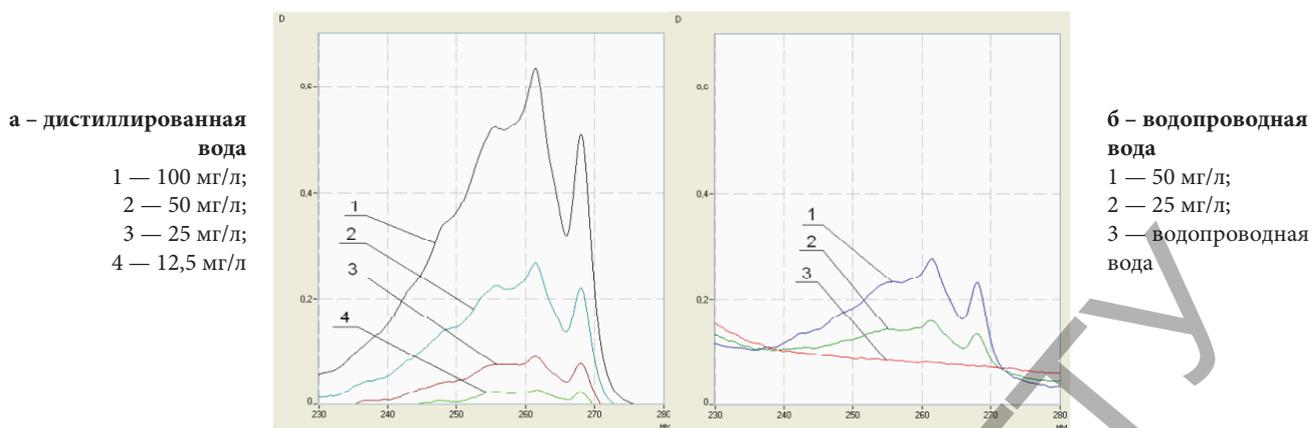


Рисунок 2. В-полосы поглощения толуола в дистиллированной и водопроводной воде

При сравнении В-полос поглощения растворов толуола на рисунке 2 видно, что минимально определяемая концентрация данного вещества в водопроводной воде выше, чем в дистиллированной, поскольку проявляется маскирующее действие примесей водопроводной воды, это связано с невысокой интенсивностью поглощения В-полосы толуола (молярный коэффициент поглощения равен 200).

На рисунке 3 представлены спектры поглощения в УФ-области водных растворов нитробензола в дистиллированной и водопроводной воде соответственно. Идентификация данного соединения в водном растворе представляет особый интерес, поскольку при деструкции органических красителей, в большинстве своем являющихся азокрасителями, можно ожидать образования ароматических нитропроизводных.

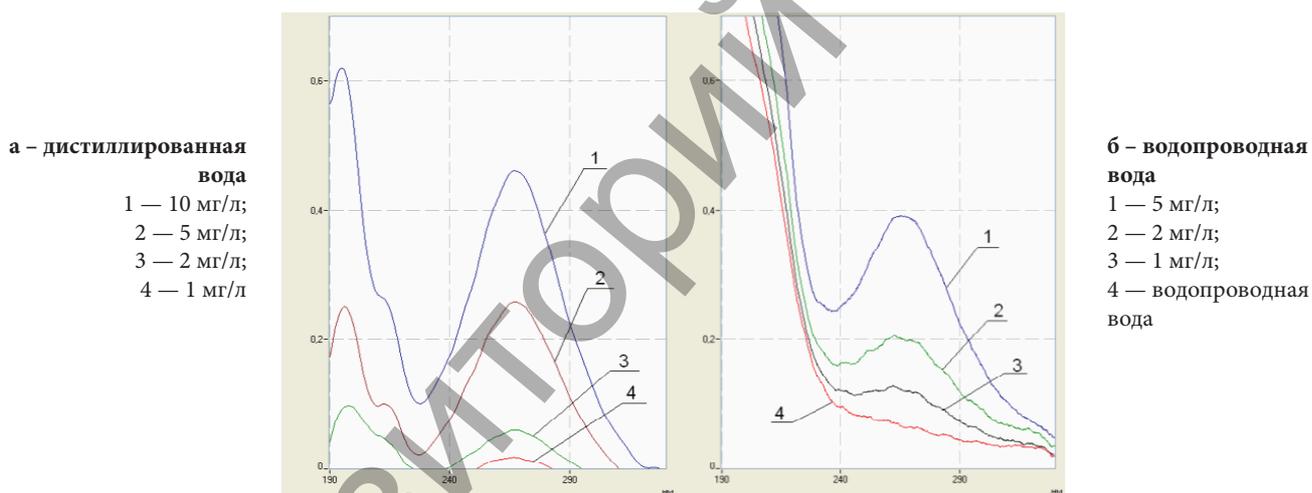


Рисунок 3. Спектры поглощения нитробензола в дистиллированной и водопроводной воде

Спектры, представленные на рисунке 3, показывают, что в водопроводной воде при длине волны ниже 230 нм поглощение нитробензола перекрывается примесями водопроводной воды, а В-полосы уверенно регистрируются.

На рисунке 4 представлены спектры поглощения в УФ-области водных растворов фенола в дистиллированной и водопроводной воде.

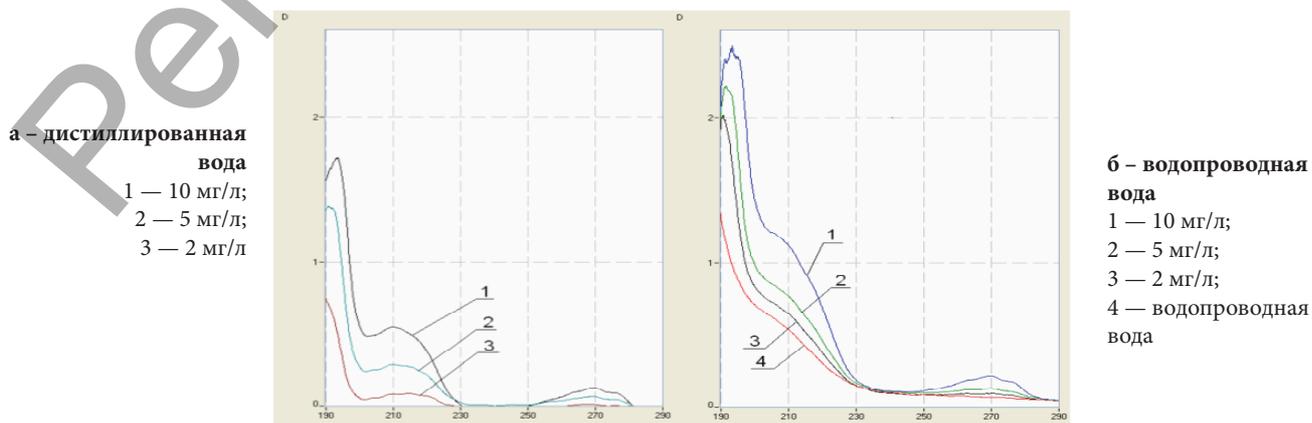


Рисунок 4. Спектры поглощения фенола в дистиллированной и водопроводной воде

Аналогично спектры фенола в водопроводной воде по сравнению со спектрами в дистиллированной в области ниже 230 нм искажаются примесями, а В-полосы поглощения на длине волны 270 нм отчетливо просматриваются, однако имеют более высокие уровни, по-

скольку суммируются с фоном поглощения примесей водопроводной воды.

На рисунке 5 показаны В-полосы поглощения фенола в дистиллированной и водопроводной воде в увеличенном масштабе.

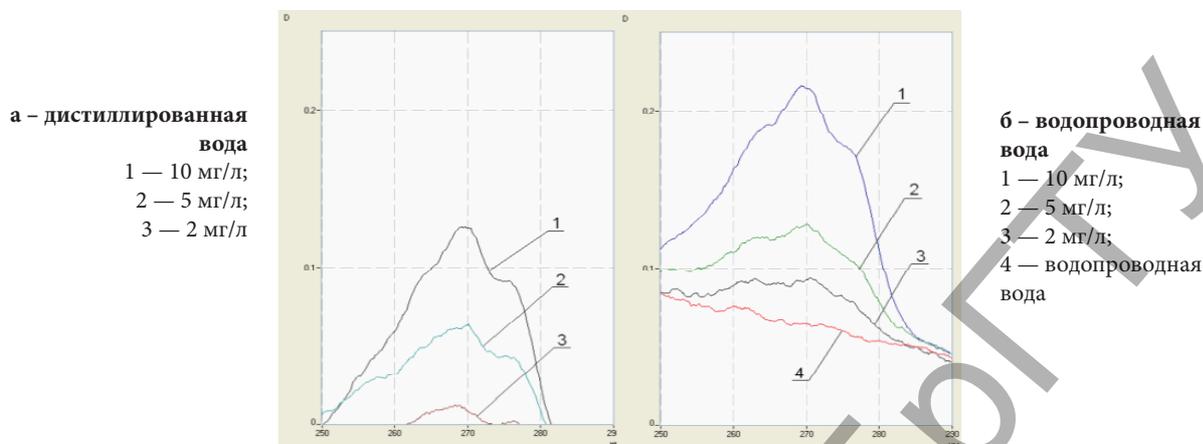


Рисунок 5. В-полосы поглощения фенола в дистиллированной и водопроводной воде

На рисунке 6 представлены спектры поглощения в УФ-области водных растворов гидрохинона в дистиллированной и водопроводной воде. Гидрохинон является производным бензола с двумя ОН-заместителями

в параположении. Двухзамещенные производные бензола обладают более высокими коэффициентами молярного поглощения, поэтому лучше фиксируются с помощью УФ-спектроскопии.

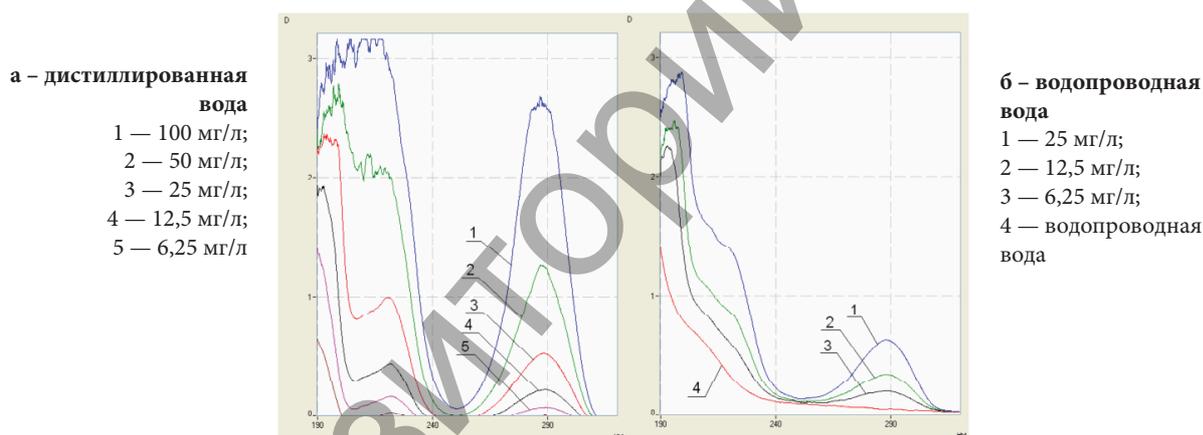


Рисунок 6. Спектры поглощения гидрохинона в дистиллированной и водопроводной воде

На спектрах поглощения гидрохинона в дистиллированной воде четко видны максимумы поглощения, соответствующие Е и В – полосам поглощения, а на спектрах поглощения гидрохинона в водопроводной воде

Е-полосы искажены примесями. В-полосы поглощения отчетливо прослеживаются независимо от примесей. На рисунке 7 показаны спектры поглощения гидрохинона, соответствующие В-полосам в увеличенном масштабе.

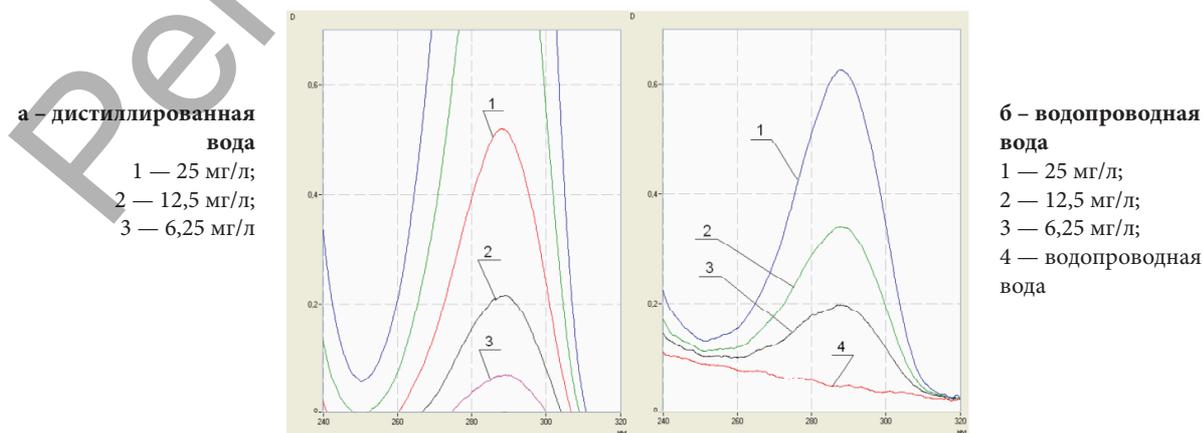


Рисунок 7 – В-полосы поглощения гидрохинона в дистиллированной и водопроводной воде

На рисунке 8 представлены спектры поглощения в УФ-области водных растворов салициловой кислоты в дистиллированной и водопроводной воде. Салициловая кислота также является двузамещенным ароматическим производным бензола. При окислении ароматических соединений

продуктами окисления (при сохранении бензольного ядра) являются ароматические кислоты, поэтому идентификация данных соединений также представляет большой интерес с точки зрения возможности идентификации продуктов деградации красителей под действием озона.

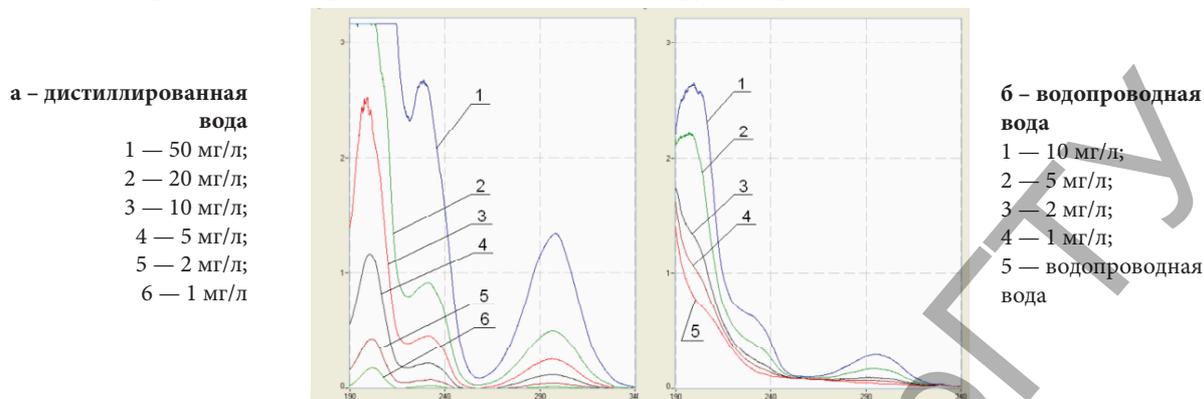


Рисунок 8. Спектры поглощения салициловой кислоты в дистиллированной и водопроводной воде

На спектрах в дистиллированной воде четко видны К, Е и В – полосы поглощения, их интенсивность определяется высотой пика. Видно, что К-полоса поглощения находится на длине волны 201 нм, Е-полоса — на длине волны

232 нм, В-полоса на — длине волны 298 нм. В водопроводной воде идентифицируются только В-полосы. На рисунке 9 показаны спектры поглощения салициловой кислоты, соответствующие В-полосам в увеличенном масштабе.

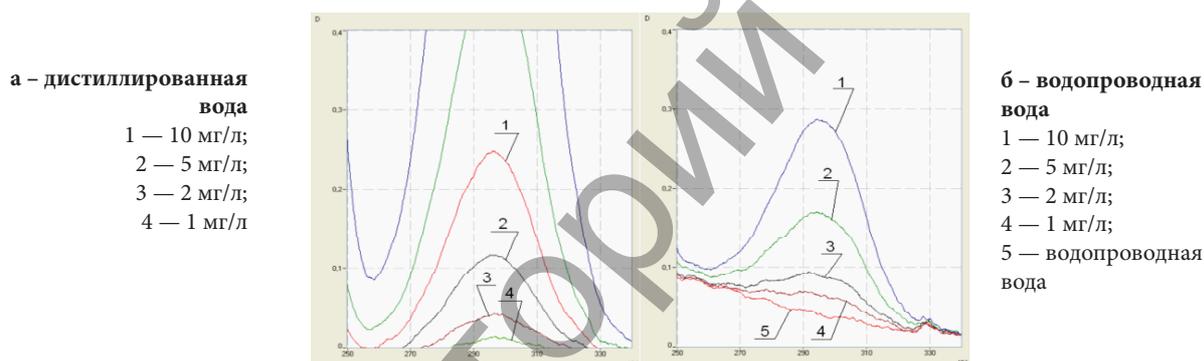


Рисунок 9. В-полосы поглощения салициловой кислоты в дистиллированной и водопроводной воде

**Заключение.** В результате анализа спектров ароматических соединений в дистиллированной и водопроводной воде можно сделать вывод, что данные соединения уверенно идентифицируются в обоих случаях с помощью спектрофотометра СФ-2000 до концентраций порядка 1...5 мг/л. Их В-полосы поглощения лежат в пределах от 250 до 310 нм. При совместном присутствии данных соединений в исследуемой воде В-полосы поглощения могут накладываться, при этом интенсивность поглощения в диапазоне длин волн от 250 до 350 нм будет увеличиваться, поэтому предварительно можно сделать вывод, что с помощью исследования спектров поглощения в УФ-области можно судить о наличии и интегральной

концентрации ароматических и гетероциклических соединений в исследуемой воде. Использование кварцевых кювет с большей длиной оптического пути увеличит чувствительность метода УФ-спектроскопии и позволит определять более низкие концентрации ароматических соединений в водных растворах.

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Берштейн, И.Я. Спектрометрический анализ в органической химии / И.Я. Берштейн, Ю.Л. Каминский. – Л.: Химия, 1986. – 199 с.
2. Сильверстейн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Г. Басслер, Т. Моррил. – М.: Мир, 1977. – 590 с.

Материал поступил в редакцию 22.05.17

**BELOV S.G., NAUMCHIK G.O. The possibility of identification of aromatic compounds in water solutions using the method of uv spectroscopy**

The article deals with the results of research the possibility of identification of aromatic compounds using the method of UV spectroscopy. The research was made using a scanning spectrophotometer SF-2000 and quartz cells, with the length of optical path 10 mm. The possibility of identification of solutions of aromatic substances in both distilled and tap water was considered. It was found that all the research aromatic compounds can be distinctly identified by B-peaks of absorption up to concentrations of the order of several milligrams per liter. In this case, the impurities of heavy metals (iron in particular) and other substances contained in tap water do not prevent the identification of aromatic compounds by B-peaks of absorption. The obtained results let us use the method of UV spectroscopy for determination of the depth of destruction of organic dyes and other aromatic compounds during ozonation.