

Схема «а»

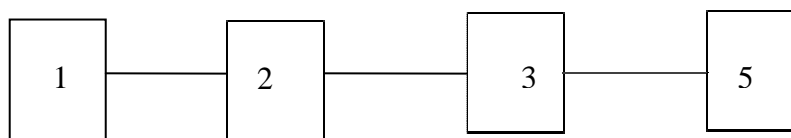


Схема «б»

1 – источник водоснабжения; 2 – механическая очистка; 3 – блок физико-химической очистки; 4 – обеззараживание; 5 – потребитель воды

Рис. 1. Технологические схемы обработки воды

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь // Статистический сборник. – РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2012. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/homep/ru/publications/yearbook/2012/about.php>.
2. Когановский, А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – Киев: Наук. думка, 1983. – 240 с.
3. Исследование процессов и разработка технологии очистки подземных вод от азотистых соединений в целях водоснабжения сельского населения РБ: отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / Брестский государственный технический университет; рук. С.В. Соколюк. – Брест, 2000. – 88 с. – № ГР 2000819.
4. Адсорбенты и ионные обменники в процессах очистки природных и сточных вод. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lapeksp.ru/content.php?article.521>.

Материал поступил в редакцию 04.07.13

#### ANDREYUK S.V., VOLKOVA G.A., STOROZHUK N.Yu. Technological schemes and hardware registration of processes of ion-exchange purification of underground waters from nitrogenous connections

The characteristic of water objects of Byelorussia is presented. Recommended technological schemes of groundwater purification of nitrogen compounds: using physical and chemical methods of ion exchange and sorption.

УДК 628.316

**Житенев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О.**

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ С ОЗОНОМ НА ПРОЦЕСС ПОСЛЕДУЮЩЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

**Введение.** Большинство производственных сточных вод текстильных предприятий являются интенсивно окрашенными в связи с присутствием в них синтетических красителей, используемых при крашении сырья и готовой продукции, а также при печати тканей. Для снижения интенсивности окраски сточных вод можно использовать различные методы, однако наиболее эффективным методом является озонирование [1, 2]. На кафедре ВВиОВР Брестского государственного университета выполнены исследования по озонированию окрашенных сточных вод на примере ОАО «Брестский чулочный комбинат» [3], которые подтвердили высокую эффективность озонирования для снижения интенсивности окраски сточных вод текстильных предприятий. Однако возникает вопрос влияния продуктов взаимодействия органических красителей с озоном на процесс последующей биологической очистки данных сточных вод.

Высокая эффективность применения озона для снижения окраски сточных вод синтетическими красителями заключается в том, что озон наиболее энергично взаимодействует с ненасыщенными свя-

зями [4]. Как известно, практически все органические красители являются производными ароматических соединений, т.е. их молекулы построены на основе бензольных, нафталиновых, антраценовых, гетероциклических и т.п. структур, т.е. содержат ненасыщенные связи. К тому же большая часть производимых в настоящее время органических красителей по химическому строению являются азокрасителями, т.е. содержат в своем составе азо-связи ( $-N=N-$ ), которые являются частью хромофора молекулы красителя. И азосвязи, и двойные связи ароматических колец при взаимодействии с озоном разрушаются в первую очередь, при этом образуются продукты распада, содержащие части молекул исходных красителей. Поскольку при разрушении всех ненасыщенных связей озоном продукты реакции являются алифатическими оксисоединениями, дальнейшее их разрушение под действием озона происходит медленно [4]. Однако исследований влияния глубины деструкции органических красителей озоном в водных растворах на последующее биологическое окисление продуктов реакции в литературных

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

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

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

источниках не имеется. Поэтому в данной работе выполнялись исследования влияния удельной дозы озона на биоразлагаемость образующихся продуктов распада красителей.

**Методическая часть.** В качестве объекта исследования использовались растворы красителей различных классов:

1. Хризоидин (принадлежит к классу моноазокрасителей).
2. Хромовый темно-синий (принадлежит к классу моноазокрасителей).
3. Конго красный (принадлежит к классу дисазокрасителей).
4. Метиленовый синий (принадлежит к классу триазиновых красителей).

При проведении исследований использовались следующие методики:

1. Для определения ХПК использовался арбитражный метод, методика которого приведена в [5].
2. БПК по методу разбавления определялась по методике, приведенной в [5].
3. БПК по разности ХПК определялось по методике, приведенной в [5].
4. Точное дозирование высоких удельных доз озона осуществлялось по методике, приведенной в [6].

Схема экспериментальной установки приведена в [6].

**Подготовка микрофлоры для заражения.** Микрофлору для проведения исследований по биологическому окислению растворов красителей и продуктов их деструкции после озонирования получали следующим образом. Производился отбор воды из действующего аэротанка Брестских городских очистных сооружений, и далее из данной воды выделялась микрофлора для заражения. Для этого отобранная вода предварительно фильтровалась через бумажный фильтр «синяя лента» для удаления микрофауны, затем биомасса бактерий выделялась из воды с помощью фильтрования через мембранный фильтр №3 (размер пор 0,45 мкм). Образовавшуюся на мембранном фильтре пленочку бактерий промывали несколько раз 0,5%-м раствором NaCl для удаления растворимых органических веществ, продуктов метаболизма микроорганизмов и нитритов. Далее фильтр с бактериями переносился в стакан с небольшим количеством разбавляющей воды, где тщательно промывался и встряхивался. Образовавшаяся бактериальная взвесь вливалась в бутылку с разбавляющей водой (при определении БПК по «методу разбавления»), либо добавлялась непосредственно в колбы для определения БПК (при определении БПК по разности между результатами определения ХПК). Все операции по выделению заражающей микрофлоры и ее использованию для определения БПК выполнялись в день отбора проб.

Контроль качества микрофлоры для заражения осуществлялся с помощью заражения тестового раствора, содержащего 150 мг/л глюкозы и 150 мг/л глютаминовой кислоты. При нормальном качестве микрофлоры для заражения БПК<sub>5</sub> данного раствора должно составлять 200...220 мгО<sub>2</sub>/л [7]. Во всех выполненных исследованиях данное условие выполнялось.

**Экспериментальная часть.** На рисунках 1...5 представлены результаты экспериментальных исследований зависимости окисляемости водных растворов органических красителей различных классов, а также продуктов их деструкции после озонирования различными удельными дозами озона. Удельные дозы озона в данной работе варьировались от 0 (необработанный исходный краситель) до такой дозы, при которой озон полностью вступал в реакцию с красителями и продуктами его деструкции в течение 15 минут. Данное время требуется для полного разрушения озонем практических всех ароматических соединений в водных растворах [8]. Шаг варьирования удельной дозы озона составлял 0,2...0,3 мг/мг красителя.

На рисунке 1 представлены результаты определения ХПК, БПК<sub>5</sub> по методу разбавления и БПК<sub>5</sub>, определенного по разности ХПК до и после инкубации, для раствора красителя «Хромовый темно-синий» и продуктов его деструкции озонем с исходной концентрацией красителя 100 мг/л.

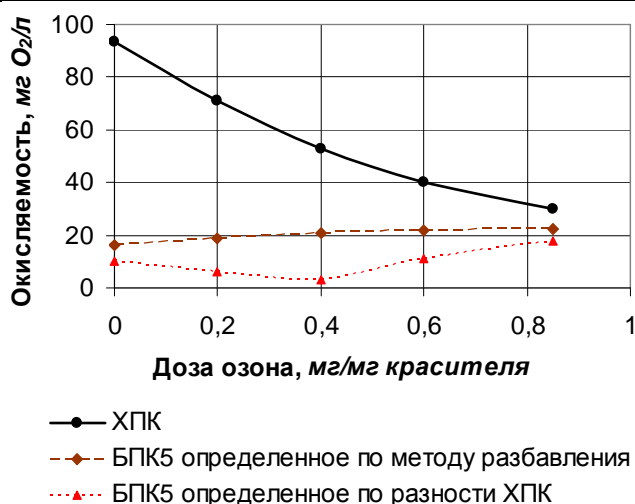


Рис. 1. Окисляемость раствора красителя «Хромовый темно-синий» и продуктов его деструкции озонем в зависимости от удельной дозы озона

Данные, представленные на рисунке 1, показывают, что с увеличением удельной дозы озона ХПК раствора красителя непрерывно снижается, однако данное снижение замедляется с увеличением удельной дозы озона. Это свидетельствует о том, что образуются все более стойкие к действию озона продукты распада, к примеру, алифатические органические кислоты [4]. При максимальной дозе озона 0,85 мг/мг красителя, приведенной на графике, ХПК продуктов распада был ниже ХПК раствора исходного красителя более чем в 3 раза, необходимое время реакции при этом составляло 15 минут – максимальное время реакции, принятое в данных исследованиях. Теоретическое ХПК для раствора данного красителя с концентрацией 100 мг/л составляет 95,7 мг О<sub>2</sub>/л, бихроматное ХПК, как показывают экспериментальные данные, представленные на рисунке 1, составляет 97,4% от теоретического, т.е. практически для данного вещества бихроматное ХПК равняется теоретическому. С учетом этого, при максимальной удельной дозе озона 0,85 мг/мг красителя произошло снижение ХПК на 68,7% от теоретического, т.е. из 0,85 мг кислорода, введенного в виде озона на каждый миллиграмм красителя в состав продуктов деструкции красителя вошло 0,66 мг кислорода. Если бы процесс шел исключительно по радикальному механизму ( $O_3 \rightarrow O_2 + O^*$ ), на аналогичное снижение ХПК потребовалось бы 1,98 мг/мг красителя. По нашим расчетам, в данном случае из максимальной удельной дозы 0,85 мг/мг красителя 0,29 мг озона вступило в реакцию по радикальному механизму, а 0,56 мг озона — по механизму присоединения к двойным связям. Приведенный анализ еще раз доказывает эффективность применения озона в качестве окислителя для снижения ХПК растворов, содержащих соединения с двойными связями.

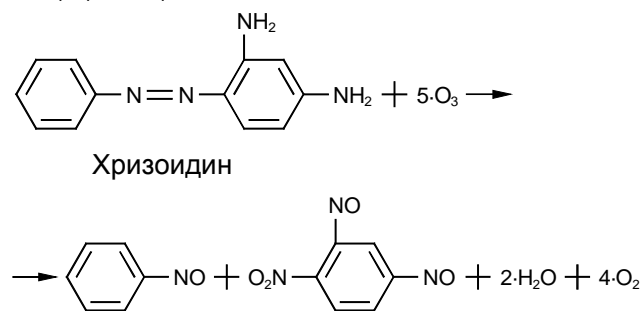
Кривая зависимости БПК<sub>5</sub>, определенного по методу разбавления имеет очень низкий уровень по сравнению с ХПК, что свидетельствует о биологической жесткости исходного красителя и продуктов его деструкции к используемой микрофлоре, поскольку она была не адаптирована к данным органическим соединениям. Несмотря на это, с увеличением удельной дозы озона наблюдалось незначительное увеличение биологической окисляемости, что может свидетельствовать об образовании более легко окисляемых органических веществ.

Кривая зависимости БПК<sub>5</sub>, определенного по разности ХПК, характеризуется еще более низким абсолютным уровнем по сравнению с зависимостью БПК<sub>5</sub>, определенному по методу разбавления. Данный эффект можно объяснить бактериостатическим действием как самого красителя, так и продуктов его деструкции на микрофлору, поскольку концентрации веществ в данном методе определения БПК<sub>5</sub> были высокими (100 мг/л и более). При удельных дозах озона менее 0,6 мг/мг красителя данная кривая показывала снижение

значения БПК<sub>5</sub> по сравнению со значением БПК<sub>5</sub> исходного красителя. По мнению авторов, это являлось результатом образования продуктов деструкции красителя, которые токсичнее для микрофлоры, чем исходный краситель. Данный эффект не проявлялся при определении БПК<sub>5</sub> методом разбавления, поскольку при сильном разбавлении отрицательное влияние данных веществ нивелировалось.

Важнейшим показателем, характеризующим биоразлагаемость органических соединений сточных вод, является отношение БПК к ХПК. Данные, представленные на рисунке 1, показывают, что данное отношение с увеличением удельной дозы озона меняется очень значительно. Более подробно этот вопрос рассмотрен ниже.

На рисунке 2 представлены результаты определения аналогичных видов окисляемости для красителя «Хризоидин» с исходной концентрацией красителя 100 мг/л. Он имеет простую химическую формулу, для которой в публикации [8] было выведено наиболее вероятное уравнение реакции разрушения хромофора на основании спектрофотометрических исследований:



Уравнение показывает, что при удельной дозе озона около 1 мг/мг красителя (молекулярная масса красителя «Хризоидин» равна 212 г/моль, молекулярная масса озона равна 48 г/моль) образуются нитрозо- и нитросоединения, которые обладают высокой стойкостью к биологическому окислению.

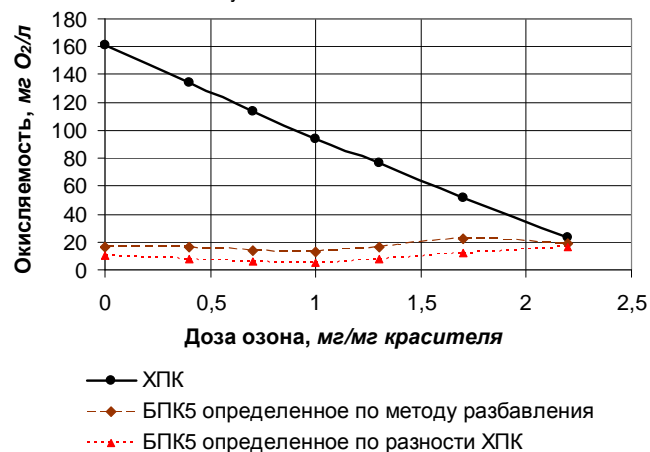


Рис. 2. Окисляемость раствора красителя «Хризоидин» и продуктов его деструкции озонном в зависимости от удельной дозы озона

В целом, полученные результаты аналогичны представленным на рисунке 1, различия заключаются в форме кривых ХПК и БПК<sub>5</sub>, определенному по методу разбавления. График ХПК показывает практически пропорциональную зависимость от удельной дозы озона, что может означать одновременное протекание реакций по механизму присоединения к двойным связям и по механизму радикального окисления во всем исследованном диапазоне удельных доз озона. График значений БПК<sub>5</sub>, определенных по методу разбавления, характеризуется более низкими абсолютными значениями по сравнению с таковым для предыдущего красителя, а также наличием прогиба повторяющего форму графика значений БПК<sub>5</sub>, определенных по разности ХПК. Как было упомянуто выше, вероят-

но, это обусловлено образованием нитрозо- и нитросоединений при удельных дозах озона около 1 мг/мг красителя. При максимальной удельной дозе озона 2,2 мг/мг красителя значения различных видов окисляемости практически совпадают, что свидетельствует о том, что полученные продукты деструкции являются биологически мягкими.

На рисунке 3 представлены результаты определения химической и биологической окисляемости для раствора дисазокрасителя «Конго красный» и продуктов его деструкции озонном. Как и для предыдущих красителей, продукты деструкции раствора красителя «Конго красный» обнаруживают незначительный бактериостатический эффект при определении БПК<sub>5</sub> по разности ХПК, при определении БПК<sub>5</sub> по методу разбавления бактериостатический эффект продуктов деструкции не проявлялся. Это говорит о том, что продукты деструкции раствора красителя «Конго красный» являются менее токсичными для микроорганизмов. Это можно объяснить строением молекулы данного красителя, которая состоит из двух остатков нафталинаминосульфонокислоты, соединенных азосвязями с остатком дифенилбензола.



Поскольку озон более легко взаимодействует с двойными связями остатков нафталина по механизму присоединения, в первую очередь образуются озониды, при дальнейшем гидролизе которых образуются оксикислоты, обладающие сравнительно невысокой токсичностью для микрофлоры. Поэтому образующиеся в дальнейшем сравнительно токсичные нитрозо- и нитросоединения не имеют высокой концентрации и не оказывают сильного угнетающего действия на микроорганизмы. Также необходимо отметить высокую эффективность применения озона для снижения ХПК раствора красителя «Конго красный». При применении удельной дозы озона 2,3 мг/мг красителя ХПК продуктов деструкции по сравнению с ХПК исходного раствора красителя снизилось в 14 раз. Полученные при этом продукты деструкции имеют очень высокую биологическую окисляемость.

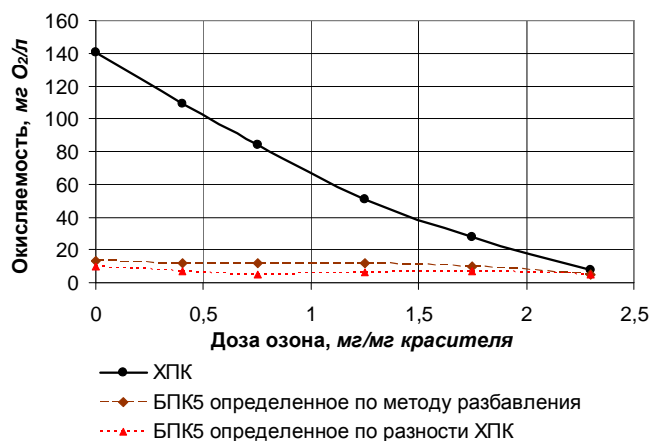


Рис. 3. Окисляемость раствора красителя «Конго Красный» и продуктов его деструкции озонном в зависимости от удельной дозы озона

На рисунке 4 представлены данные, полученные при исследовании окисляемости продуктов деструкции раствора тиазинового красителя «Метиленовый синий».

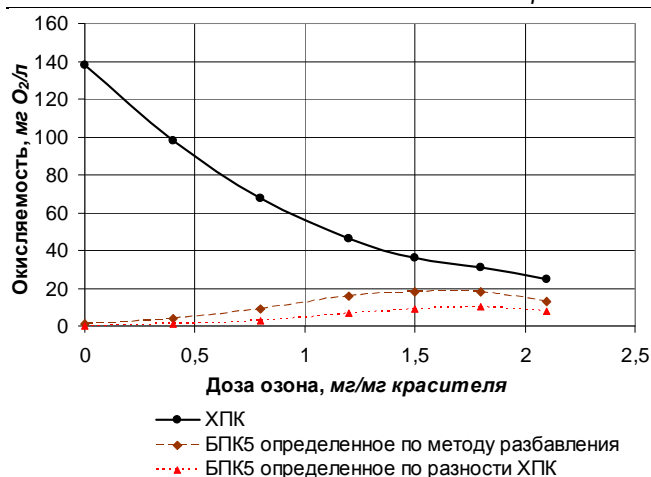


Рис. 4. Окисляемость раствора красителя «Метиленовый синий» и продуктов его деструкции озонированием в зависимости от удельной дозы озона

Как отмечалось в работе [8], молекула данного красителя более стойка к окислению, чем продукты его деструкции, поэтому до удельной дозы озона 1,05 мг/мг красителя в растворе присутствует исходный неразрушенный краситель. Данный краситель обладает высоким бактериостатическим эффектом, поэтому зависимости БПК<sub>5</sub> от удельной дозы озона показывают низкие значения на начальных участках, пока не разрушен исходный краситель. После разрушения всего исходного красителя биологическая окисляемость продуктов деструкции заметно увеличивается, хотя данные продукты все равно обладают сравнительно высокой токсичностью для микроорганизмов, что вытекает из разностей определения БПК<sub>5</sub> по методу разбавления и без разбавления.

Значение ХПК продуктов деструкции красителя «Метиленовый синий» даже при самой высокой удельной дозе озона остается значительно выше, чем значение БПК<sub>5</sub>, т.е. отношение БПК<sub>5</sub> к ХПК является низким. Вероятно, конечными продуктами деструкции красителя под действием озона являются органические вещества, содержащие атомы азота, серы и хлора, обладающие значительной стойкостью к дальнейшему биологическому и химическому окислению. Это подтверждается также тем, что теоретическое ХПК исходного красителя составляет 169,4 мг O<sub>2</sub> для раствора с концентрацией 100 мг/л, а бихроматное ХПК составляет 138 мг O<sub>2</sub> для раствора с такой же концентрацией, т.е. даже бихромат при нагревании в среде концентрированной серной кислоты и присутствии катализатора не может окислить данные вещества до таких конечных продуктов, как CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O.

Результаты выполненных экспериментальных исследований обобщены на графиках, представленных на рисунке 5. На их представлены зависимости отношения БПК<sub>5</sub>, определенному по методу разбавления, к ХПК для растворов исходных красителей и продуктов их деструкции озонированием.

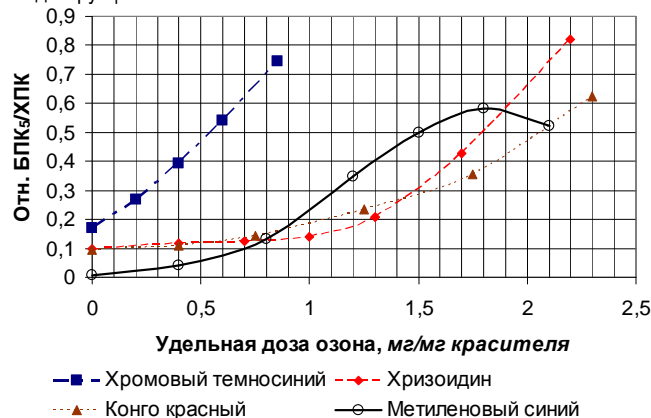


Рис. 5. Изменение отношения БПК<sub>5</sub> к ХПК растворов красителей и продуктов их деструкции озонированием в зависимости от удельной дозы озона

Данные, представленные на рисунке 5, показывают, что озонирование растворов красителей позволяет не только значительно снизить уровень химической окисляемости, но и увеличить отношение биологической окисляемости к химической. Это отношение является важным показателем для характеристики сточных вод, который показывает эффективность применения методов биологической очистки для их обезвреживания. Сточные воды, имеющие высокое значение данного показателя, могут быть эффективно очищены на сооружениях биологической очистки, не будут вызывать угнетения микроорганизмов в аэротенках, а в случае попадания сточных вод в окружающую водную среду их загрязнения не будут накапливаться в водных организмах.

Интерес вызывает зависимость изменения отношения биологической и химической окисляемостей раствора красителя «Метиленовый синий» при различных удельных дозах озона. Для исходного раствора красителя данное отношение практически равно нулю, т.е. данный краситель является абсолютно биологически жестким органическим веществом. При деструкции раствора данного красителя озонированием с увеличением удельной дозы образуются все более биологически мягкие органические вещества. Однако при удельной дозе озона выше 1,8 мг/мг красителя наблюдается перегиб кривой, который показывает, что при этих удельных дозах начинают образовываться более биологически жесткие продукты деструкции красителя. Это говорит о том, что удельная доза озона при обработке сточных вод должна устанавливаться по результатам экспериментальных исследований.

**Заключение.** В результате выполненных исследований были получены зависимости химической и биологической окисляемости растворов красителей различных классов и продуктов их деструкции озонированием. Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Озонирование позволяет снижать ХПК растворов красителей в 3...10 раз и более в зависимости от химического строения исходного красителя. Поскольку значение ХПК сточных вод является нормируемым показателем, озонирование является эффективным методом доведения данного показателя сточных вод, содержащих красители и текстильно-вспомогательные вещества до требуемых норм.
2. БПК<sub>5</sub> растворов исследуемых красителей и продуктов их деструкции озонированием, определенные с использованием неадаптированной микрофлоры, имеют сравнительно невысокие значения, что свидетельствует о биологической стойкости, а иногда и токсичности данных веществ.
3. Отношение БПК<sub>5</sub> к ХПК растворов красителей и продуктов их деструкции озонированием с увеличением удельной дозы озона значительно увеличивается. Данный показатель является важнейшим для характеристики сточных вод с точки зрения эффективности их биологической очистки и влияния на окружающую водную среду.
4. Окисляемость исследованных растворов красителей и продуктов их деструкции озонированием целиком определялась удельной дозой озона по отношению к количеству красителя в растворе, поэтому становится понятной важность правильного выбора дозы озона при обработке сточных вод.
5. Поскольку при обработке реальных сточных вод точный химический состав, как правило, неизвестен, как для оценки эффективности использования метода озонирования в целом с целью очистки, так и для выбора оптимальной дозы при озонировании, необходимо ввести критерий, характеризующий озоноразлагаемость загрязнений, присутствующих в сточных водах. Данный критерий не должен быть привязан к точному химическому составу присутствующих загрязнений и должен определяться экспериментальным путем.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
2. Житенев, Б.Н. Применение озона для снижения окраски сточных вод текстильных предприятий легкой промышленности / Б.Н. Житенев, С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 90–97.

- Житенев, Б.Н. Применение озона для снижения окраски сточных вод предприятий легкой промышленности на примере ОАО «Брестский чулочный комбинат» / Б.Н. Житенев, С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: материалы Международной науч.-технич. конф., посвящ. 65-летию победы в Великой Отечественной войне, Брест, 22–23 апреля 2010 г. / БрГТУ; редкол.: С.В. Басов [и др.]. – Брест, 2010. – С. 284–289.
- Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д.Разумовский, Г.Е.Заиков. – М.: Наука, 1974. – 324 с.
- Лурье, Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1984. – 447 с.
- Белов, С.Г. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 73–81.
- Хенце, М. Очистка сточных вод: Пер. с англ. / М. Хенце, П. Армос, И. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван – М.: Мир, 2004. – 480 с.
- Житенев, Б.Н. Спектрометрические исследования влияния дозы озона на степень деструкции красителей в водных растворах / Б.Н. Житенев, С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 26–32.

Материал поступил в редакцию 13.05.13

**ZHYTENEV B.N., BELOV S.G., NAUMCHIK G.O. Research of influence of organic DYE-stuff reaction products with ozone on the process of the next biological purification**

The article deals with the research results of dependence of oxidability such as BOD<sub>5</sub>, finding out by different methods and COD for dye-stuff solutions of various classes and products from ozone destruction by specific ozone dose. The authors also comment on the relations between BOD<sub>5</sub> and COD having different specific ozone doses. The given results show that the increasing of specific ozone dose of the treated compounds leads to decreasing of chemical oxidability of products of destruction, but the treatment of biological oxidability to chemical one increases. In this connection the authors of the article make the conclusion that method of ozone treatment is highly effective for reducing toxic sewage, containing dye-stuff and textile auxiliaries. However, we should take into considerations that different compounds interact with ozone differently. To choose the correct ozone dose while treating sewage there is a necessity to find a criterion reflecting ozone degradability of contamination, which would help to determine the optimum ozone dose for the given sewage.

УДК 628.316

**Белов С.Г., Наумчик Г.О.**

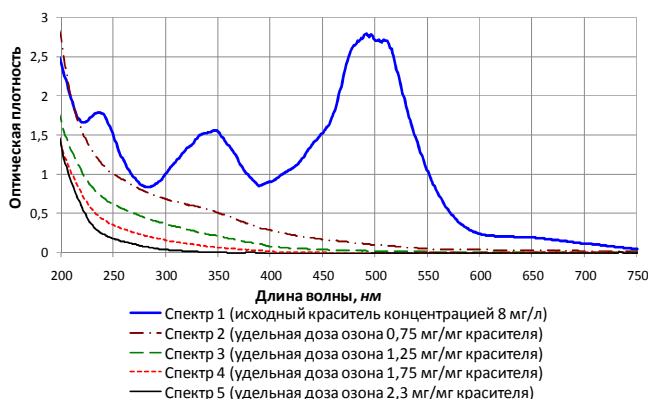
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОМЕТРИИ**

**Введение.** При осуществлении очистки сточных вод методом озонирования сложные органические вещества деструктируются с образованием более простых. При использовании высоких доз озона теоретически возможно разрушение всех органических соединений до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Однако при этом необходимо обеспечить длительный контакт озона с обрабатываемыми сточными водами. На практике это практически неосуществимо, поскольку при этом необходимы большие объемы контактных резервуаров и очень высокие удельные дозы озона из-за его самораспада. Наиболее рационально разрушать сложные органические соединения, представляющие угрозу для окружающей среды и биологической очистки (как правило, это соединения, содержащие ненасыщенные связи), до более простых алифатических окисосоединений (простейшие органические кислоты, альдегиды, кетоны). Известно, что простые органические окисосоединения хорошо усваиваются микроорганизмами активного ила в процессе биологической очистки. Например, БПК<sub>полн</sub> уксусной кислоты 0,86, при ХПК 1,07, БПК<sub>полн</sub> муравьиной кислоты 0,28, при ХПК 0,35 [1]. Для сравнения, ХПК такого известного ароматического соединения, как нитробензол, составляет 1,91 мгО<sub>2</sub>/мг вещества, при этом БПК<sub>полн</sub> данного соединения равно нулю [1].

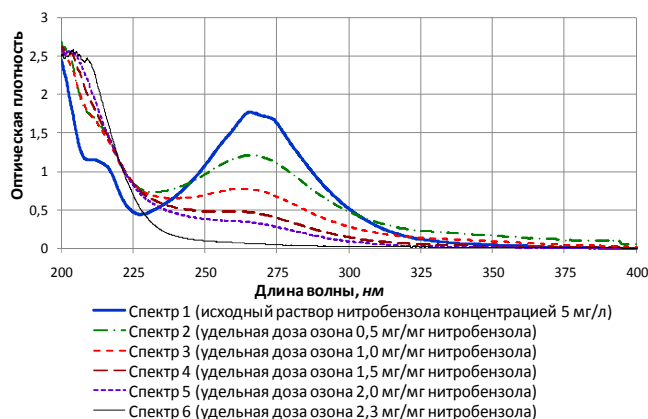
Однако при осуществлении озонирования возникает вопрос о методе контроля глубины деструкции органических соединений и соответственно, удельной дозы озона. Осуществлять анализ озонированной сточной воды на предмет глубины деструкции органических соединений обычными химическими методами в производственных условиях крайне затруднительно. Использовать методы хроматографии также неудобно, т.к. требуется сложная пробоподготовка и точно неизвестно химическое строение анализируемых веществ. Для оперативного контроля глубины деструкции сложных органических загрязнений до простейших окисосоединений алифатического ряда возможно применение метода УФ-спектрометрии.

Данный метод был использован для определения влияния дозы озона на глубину деструкции органических красителей в водных растворах [2], для разработки инструментального метода определения интенсивности окраски сточных вод [3].

Например, на рисунках 1, 2 приводятся спектры, полученные при обработке органического красителя «Конго красный» и ароматического нитросоединения различными удельными дозами озона [2].



**Рис. 1.** Спектры водного раствора красителя «Конго красный» с концентрацией 8 мг/л, обработанного различными удельными дозами озона



**Рис. 2.** Спектры водного раствора нитробензола с концентрацией 5 мг/л, обработанного различными удельными дозами озона