

Рис. 5. Особые случаи поиска оптимальных локализационных кривых

УДК 628.316

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

ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОКРАСКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Введение. Сточные воды текстильных предприятий характеризуются высоким содержанием загрязняющих веществ. Они содержат до 1000 мг/л взвешенных веществ, характеризуются высоким химическим поглощением кислорода (ХПК), которое определяется содержанием органических загрязняющих веществ в коллоидной и растворимой формах. Но одним из самых характерных показателей загрязнения сточных вод текстильных предприятий является их окраска.

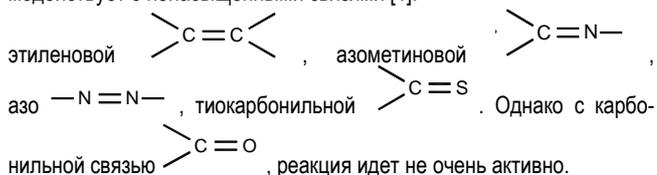
Окраска сточных вод при производстве текстильных изделий в основном обуславливается широким применением органических красителей. В зависимости от специализации предприятия окрасиванию в процессе производства подвергаются волокна, ткани, готовые изделия. В процессе колорирования значительная часть красителей (от 10% до 50%) остается в отработанных технологических растворах и в промывных водах, образующихся после промывки окрашенных изделий. В результате окраска сточных вод, отводимых с текстильных предприятий, использующих красители в производственном цикле, может достигать 1:400, 1:500 по степени разбавления. При этом максимально допустимая окраска по степени разбавления бытовых и производственных, сточных вод, сбрасываемых как в городскую водоотводящую сеть, так и в поверхностные водные объекты не должна превышать 1:20.

Синтетические красители, применяемые в настоящее время для колорирования текстильных материалов, являются стойкими органическими соединениями, практически не поддающимися биологическому окислению. Поэтому при поступлении в сточные воды данные соединения практически без изменений проходят через сооружения биологической очистки и попадают в поверхностные водные объекты, оказывая отрицательное влияние на их экосистему.

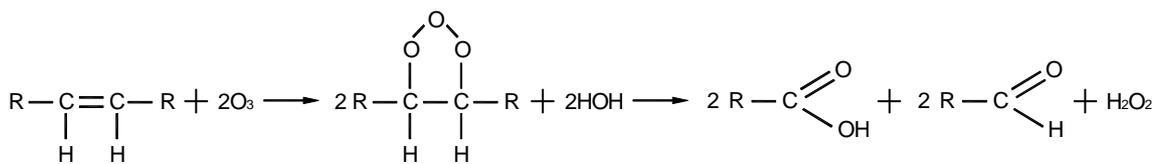
Для разрушения красителей, обуславливающих окраску сточных вод, могут использоваться следующие методы: реагентная коагуляция, электрокоагуляция, сорбция, барометрические методы, деструктивные методы (окисление, восста-

новление, УФ обработка). Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки и должен использоваться исходя из условий конкретного производства. Однако одним из наиболее универсальных методов является озонирование. В отличие от реагентной и электрокоагуляции, при озонировании не образуются осадков, в отличие от сорбции, при озонировании не образуются отработанные регенерационные растворы: по сравнению с барометрическими методами, озонирование является более надежным и простым в эксплуатации.

Основная ценность озона для удаления загрязнений, в отличие от других окислителей и восстановителей, заключается в его высокой реакционной способности, что позволяет с помощью озонирования разрушать практически все водорастворимые органические соединения. При этом озон проявляет свои высокие окислительные свойства при любых значениях pH. Наиболее энергично озон взаимодействует с ненасыщенными связями [1]:



При разработке технологии очистки сточных вод от красителей наибольший интерес представляет реакция с азосвязью, поскольку большинство используемых в легкой промышленности красителей по строению хромофора являются азокрасителями. В литературных источниках указывается, что взаимодействие озона с азосвязями происходит с разрывом двойной связи и образованием промежуточных продуктов присоединения, которые в водной среде мгновенно гидролизуются с окончательным разрывом азосвязи и образованием оксисоединений [1]. Данный механизм реакции в принципе может быть аналогичен взаимодействию озона с этиленовой связью [2]:



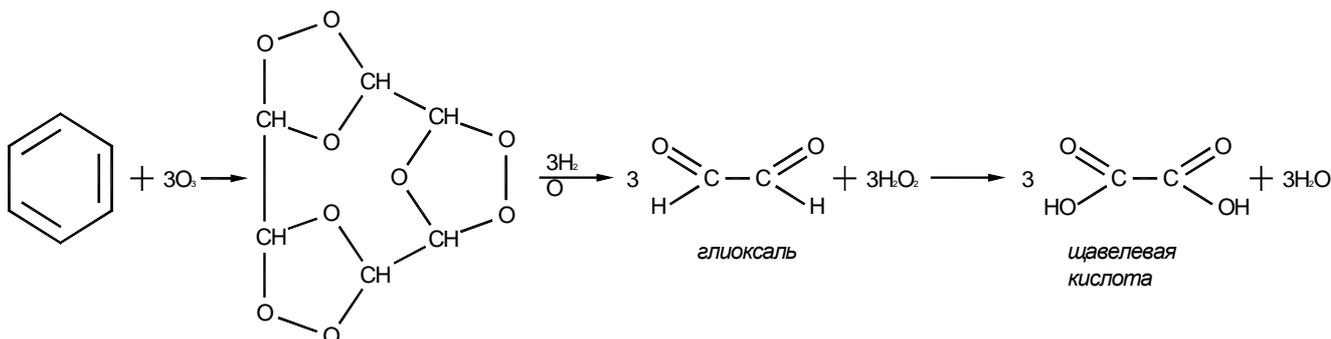
Белов Сергей Григорьевич, к.т.н., ст. преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

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

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

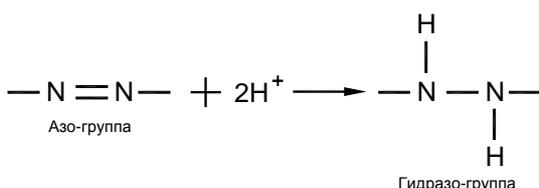
Однако при поиске в литературных источниках было установлено, что детально механизм реакции озона с азосвязями красителей в водных растворах не изучен.

Более детально изучено взаимодействие озона с ароматическими соединениями, что также имеет важное теоретическое значение для установления механизма взаимодействия озона с красителями в водных растворах. Все синтетические красители в своих молекулах содержат ароматические остатки. Поэтому при разложении красителей образуются различные производные ароматических углеводородов. Данные соединения, как правило, не окрашены или слабо окрашены, но являются стойкими к биологическому окислению и представляют высокую патогенность для водных экосистем. Взаимодействие озона с ароматическими соединениями также происходит через механизм присоединения озона к двойной связи и последующим гидролизом образовавшегося промежуточного соединения [3]:

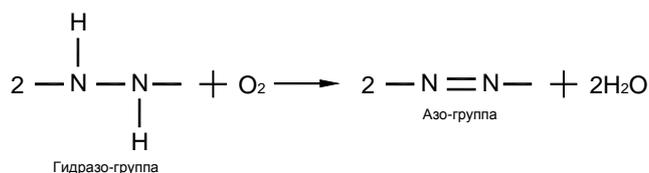


Аналогично из других ароматических соединений, в том числе и многоядерных, в зависимости от дозы озона получаются различные оксипроизводные (ароматические и алифатические кетоны, альдегиды, карбоновые кислоты).

Актуальность разработки эффективных методов разрушения красителей в сточных водах предприятий легкой промышленности в последнее время возрастает в связи с увеличением требований к охране окружающей водной среды. К примеру, на ОАО «Брестский чулочный комбинат» возникли проблемы снижения окраски производственных сточных вод в связи со сменой ассортимента используемых красителей. Применяемые в настоящее время импортные препараты «Redutex BOR» и «Redutex RAP» действуют неэффективно. Данные вещества имеют природу восстановителей и воздействуют на азосвязи, при этом азогруппы восстанавливаются в гидразогруппы:

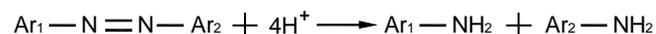


Однако гидразосоединения являются нестойкими веществами, под действием кислорода воздуха они легко окисляются в исходные азосоединения [3]:



При этом восстанавливается цвет исходного красителя, и окраска сточных вод вновь появляется.

При более энергичном воздействии восстановители полностью разрушают азосвязь, при этом получают соответствующие аминопроизводные:



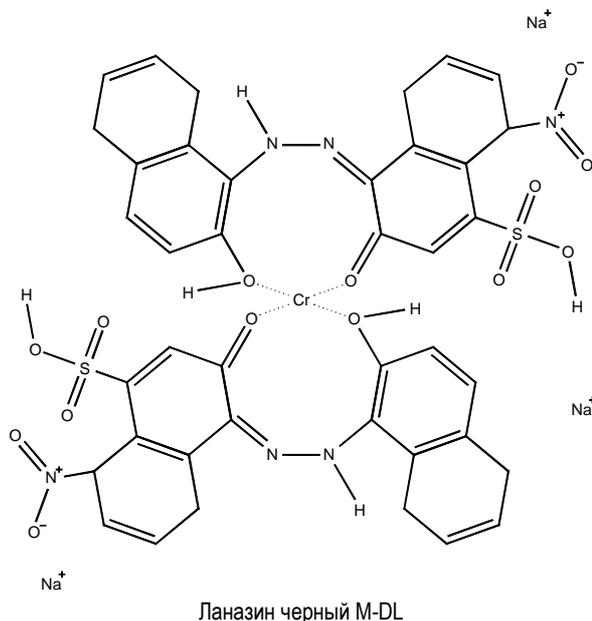
При этом эффект обесцвечивания красителя является безвозвратным, т.е. происходит деструкция азосвязи. Однако для такого воздействия необходимы относительно высокие концентрации восстановителей и более жесткие условия проведения реакции (поддержание требуемых значений pH, повышенной температуры) [4]. При очистке сточных вод создать условия для полного восстановления азогрупп практически не удается, поэтому при применении восстановителей эффект снижения окраски является обратимым. Кроме того, многие виды красителей не содержат азогрупп, т.е. по своему химическому строению не являются азокрасителями (индигоидные, сернистые, антрохиноновые, оксазиновые, тиазиновые, азиновые, фталоцианиновые, трифенилметановые, дифенилметановые и другие). Восстановители на данные классы красителей в условиях очистных сооружений либо вообще не воздействуют, либо их воздействие является обратимым.

В данной работе исследовалось эффективность действия озона и препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» для снижения окраски модельных растворов, приготовленных на основе двух красителей с различным химическим строением хромофора.

1) Кислотный металлокомплексный азокраситель «Ланазин черный M-DL», производства швейцарской компании «Clariant». Краситель был получен на ОАО «Брестский чулочный комбинат» как один из наиболее широко используемых в производстве и трудноудаляемых при очистке сточных вод.

2) Тиазиновый краситель «Метиленовый синий». Данный краситель по своей природе не является азокрасителем, он обладает большой стойкостью к окислителям, поскольку сам обладает слабыми окислительными свойствами, поэтому он относительно легко восстанавливается [5]. Данный краситель обладает относительно небольшой молекулярной массой и очень высоким коэффициентом экстинкции.

Формулы указанных красителей приведены ниже:





Исследование эффективности применения озона для снижения интенсивности окраски растворов красителей «Ланазин черный M-DL» и «Метиленовый синий»

Методическая часть. В качестве объекта исследования использовались растворы красителей «Ланазин черный M-DL» и «Метиленовый синий» в дистиллированной воде. Концентрация исходных растворов составляла 1 г/л. Из данных растворов методом разбавления приготавливались рабочие растворы красителей «Ланазин черный M-DL» концентрацией 30 мг/л (что соответствовало окраске по степени разбавления 1:200) и «Метиленовый синий», концентрацией 4 мг/л (что соответствовало окраске по степени разбавления 1:400).

Процесс исследования деструкции красителей под воздействием озона осуществлялся методом его точного дозирования в виде водного раствора. Такой метод исследования был обусловлен невозможностью точно определить дозу озона, вступившего в реакцию, при его дозировании в газообразном виде. Раствор озона получался барботированием через пористую насадку озono-кислородной смеси в стеклянной колонке, высотой 1,5 м., заполненной дистиллированной водой. Схема установки показана на рис. 1.

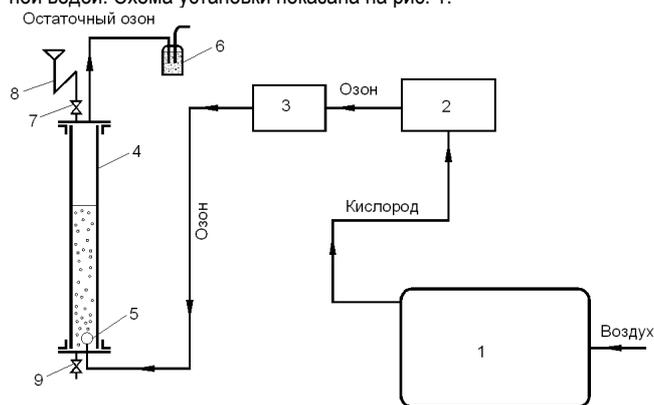


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – концентратор кислорода Atmung oxy 6000; 2 – озонатор PLATON 10/2; 3 – озонметр МЕДОЗОН 254/5; 4 – контактная колонка; 5 – диспергатор; 6 – деструктор остаточного озона; 7 – вентиль для заливки воды; 8 – гидравлический затвор; 9 – вентиль для отбора озонированной воды

Кислород (концентрация кислорода 95%), вырабатываемый концентратором кислорода 1 поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озono-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через диспергатор 5, при этом вода насыщается озонem. Далее обедненная озонem озono-кислородная смесь поступает в деструктор 6, представляющий собой склянку Дрекселя, заполненную насадкой, разрушающей озон. Озонированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью вентилля 9. Новые порции воды в контактную колонку 4 вводятся через гидравлический затвор 8 с помощью вентилля 7.

Для проведения опыта из колонки отбиралась озонированная вода, объемом около 1 л., определялась концентрация озона в воде с помощью прибора МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30), после этого рассчитанный объем озонированной воды добавлялся к обрабатываемому раствору красителя. Затем определялась концентрация озона в озонированной воде, не использованной для проведения реакции. За концентрацию озона во введенной в реакцию озонированной воде принималось среднее значение двух определений. Такой порядок определения концентрации раствора озона обуславливается его быстрым распадом в водных растворах.

Эксперимент осуществлялся следующим образом. Рабочий раствор объемом 500 мл заливали в стакан объемом 1 л, далее при непрерывном перемешивании вводили заданную дозу озона в виде его водного раствора в дистиллированной воде. После этого при необходимости доводили объем смеси растворов дистиллированной водой до 1 л. В результате этого происходило двукратное разбавление рабочего раствора, с учетом этого исходная окраска исследуемого раствора «Ланазин черный M-DL» по степени разбавления составляла 1:100, а раствора «Метиленовый синий» — 1:200 (при нулевой дозе озона). После осуществления реакции с озонem оценивалась интенсивность окраски обработанного раствора методом сравнения с образцом, окраска которого по степени разбавления составляла 1:20 (что соответствовало концентрации красителя «Ланазин черный M-DL» 3 мг/л, красителя «Метиленовый синий» 0,2 мг/л). Данный уровень окраски уровня окраски обработанного раствора соответствует ПДК производственных сточных вод при сбросе в коммунальную канализацию (согласно решению Брестского городского исполнительного комитета от 9 августа 2007 года № 1316 «О допустимых концентрациях загрязняющих веществ, сбрасываемых в коммунальную и ведомственную канализацию и нормативах платы за сбросы загрязняющих веществ в коммунальную и ведомственную канализацию»). Далее интенсивность окраски обработанного раствора уточнялась на приборе КФО с целью контроля полученных результатов (сравнивалось светопропускание обработанного озонem раствора со светопропусканием эталона и исходного раствора). Также проводился контроль окраски полученного раствора методом разбавления — полученный раствор разбавлялся дистиллированной водой в необходимое число раз до полного исчезновения окраски в слое воды высотой 20 см.

Для исследования процесса деструкции красителя под воздействием озона проводились спектрофотометрические исследования с использованием спектрофотометра СФ-2000 с кварцевыми кюветами К10 (длиной оптического пути 10 мм). Исследовались спектры растворов красителей в дистиллированной воде до и после обработки различными дозами озона в видимом диапазоне (400...760 нм.), шаг сканирования составлял 0,1 нм., количество сканирований каждой пробы — 3. По результатам спектрофотометрических исследований оценивалась степень разрушения красителя.

Экспериментальная часть. В первой части работы выполнялось экспериментальное исследование влияния удельной дозы озона на процесс снижения окраски модельного раствора красителя «Ланазин черный M-DL» в дистиллированной воде. Методика выполнения исследований описана в методической части. Результаты исследований представлены на рис. 2.

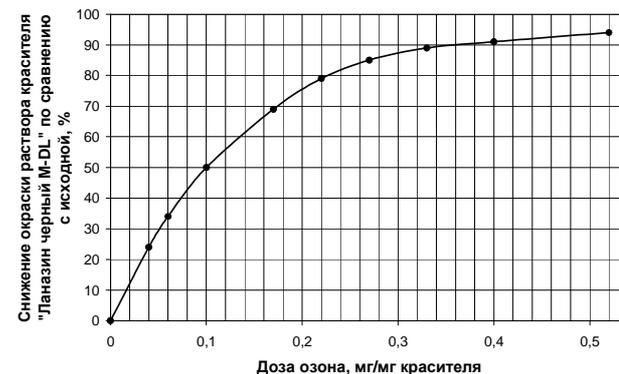


Рис. 2. Влияние удельной дозы озона на снижение окраски раствора красителя «Ланазин черный M-DL»

На рис. 2 эффективность действия озона выражена через эффект снижения окраски $\mathcal{E}_{\text{сниж.ок}}$, определяемый из соотношения:

$$\mathcal{E}_{\text{сниж.ок}} = \frac{O_{\text{исх}} - O_{\text{обр}}}{O_{\text{исх}}} \cdot 100\%$$

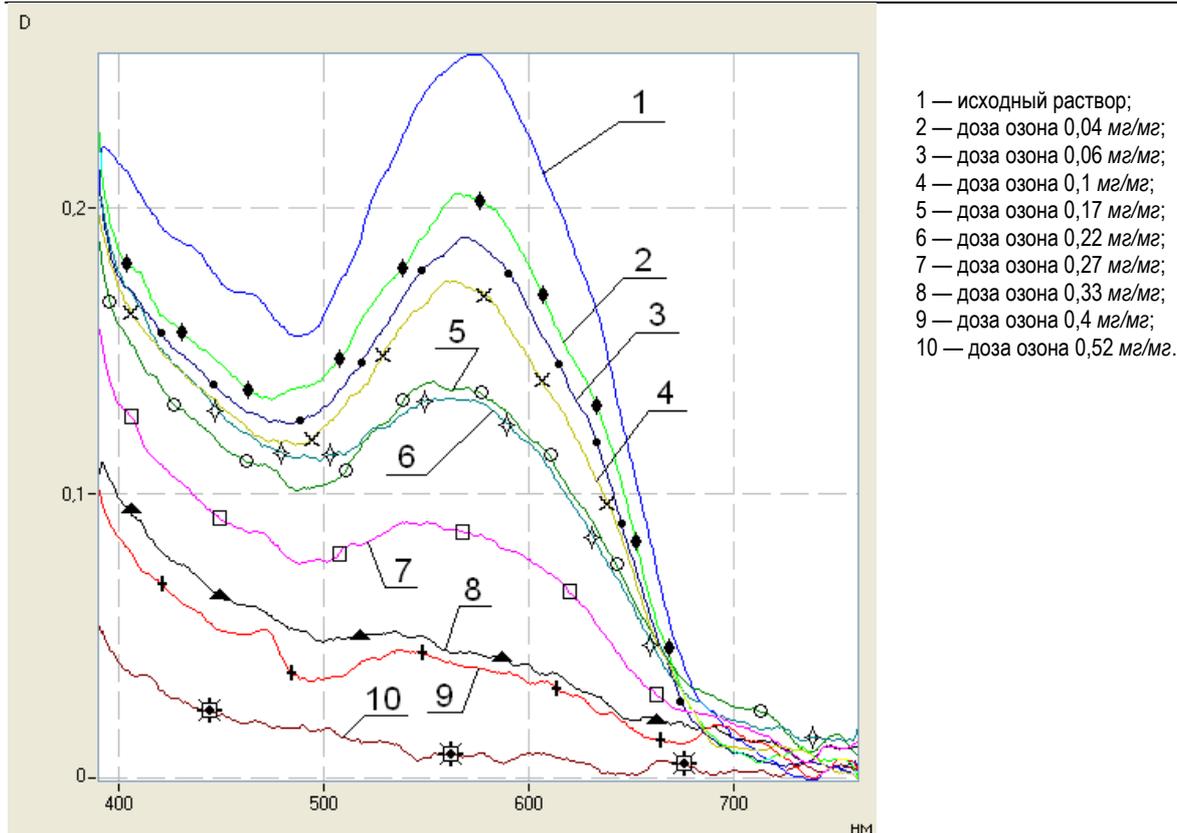


Рис. 3. Спектры поглощения раствора красителя «Ланазин черный М-DL», обработанного различными дозами озона

где $O_{исх}$ — количество объемов дистиллированной воды, которые необходимо добавить к пробе исходной воды до полного исчезновения окраски в слое высотой 20 см;

$O_{обр}$ — количество объемов дистиллированной воды, которые необходимо добавить к пробе обработанной озонной воды до полного исчезновения окраски в слое высотой 20 см.

Данные, представленные на рис. 2, показывают, что озон при любых удельных дозах разрушает красители. При этом для снижения окраски на 81%, что эквивалентно снижению интенсивности окраски по степени разбавления от 1:100 до 1:20, было достаточно дозы озона 0,23 мг на 1 мг красителя.

На рис. 3 представлены спектры поглощения исходного и обработанных растворов красителя «Ланазин черный М-DL», которые снимались в ходе исследования действия озона. Их изменение отражает глубину деструкции красителя. На спектре 1, соответствующем необработанному раствору красителя, отчетливо просматривается максимум поглощения на волне 575 нм., однако уже при дозе озона 0,04 мг/мг красителя, высота максимального пика спектра красителя сравнивается с высотой дополнительного пика в области 400 нм., что свидетельствует о химических изменениях в растворе красителя. При увеличении удельной дозы озона изменения спектров по сравнению с исходным увеличиваются, высота пика на длине волны 575 нм. уменьшается, а при дозе озона более 0,3 мг/мг максимум поглощения сдвигается в более коротковолновую область (400 нм.), что может свидетельствовать о полном разрушении исходного красителя.

Для сравнения эффективности применения озона и препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» было также выполнено исследование влияния концентрации данных препаратов на снижение окраски модельного раствора красителя «Ланазин черный М-DL». Препараты «Redutex BOR» и «Redutex RAP» добавлялись в раствор в одинаковых весовых пропорциях (1:1), поскольку в ходе выполнения экспериментов было установлено, что по отдельности они на окраску раствора красителя «Ланазин черный М-DL» до концентраций 10 г/л не влияют.

Время обработки пробы при непрерывном перемешивании составляло 10 мин. Полученные результаты представлены на рис. 4.

Полученные результаты показывают, что препараты «Redutex BOR» и «Redutex RAP» проявляют свое действие при концентрациях обоих препаратов выше 500 мг/л, но даже при концентрациях 7000 мг/л снижение окраски составляло 53%, что значительно уступало действию озона. Поскольку препарат «Redutex BOR» в своей основе представляет собой концентрированный щелочной раствор, при его добавлении в таких дозах pH обрабатываемого раствора красителя повышалась до значений 12...13. Такой раствор без нейтрализации выпускать в городскую водоотводящую сеть запрещено. Поэтому использование данных препаратов для снижения окраски производственных сточных вод, обусловленной красителем «Ланазин черный М-DL», практически невозможно по экономическим и экологическим соображениям.

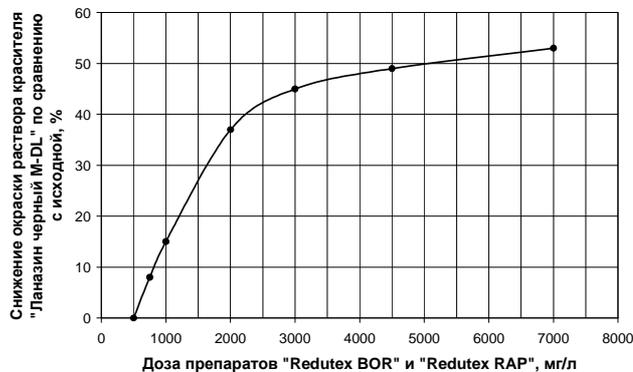


Рис. 4. Влияние концентрации препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» на снижение окраски раствора красителя «Ланазин черный М-DL»

На рис. 5 представлены спектры раствора красителя «Ланазин черный М-DL», обработанного препаратами «Redutex BOR» и

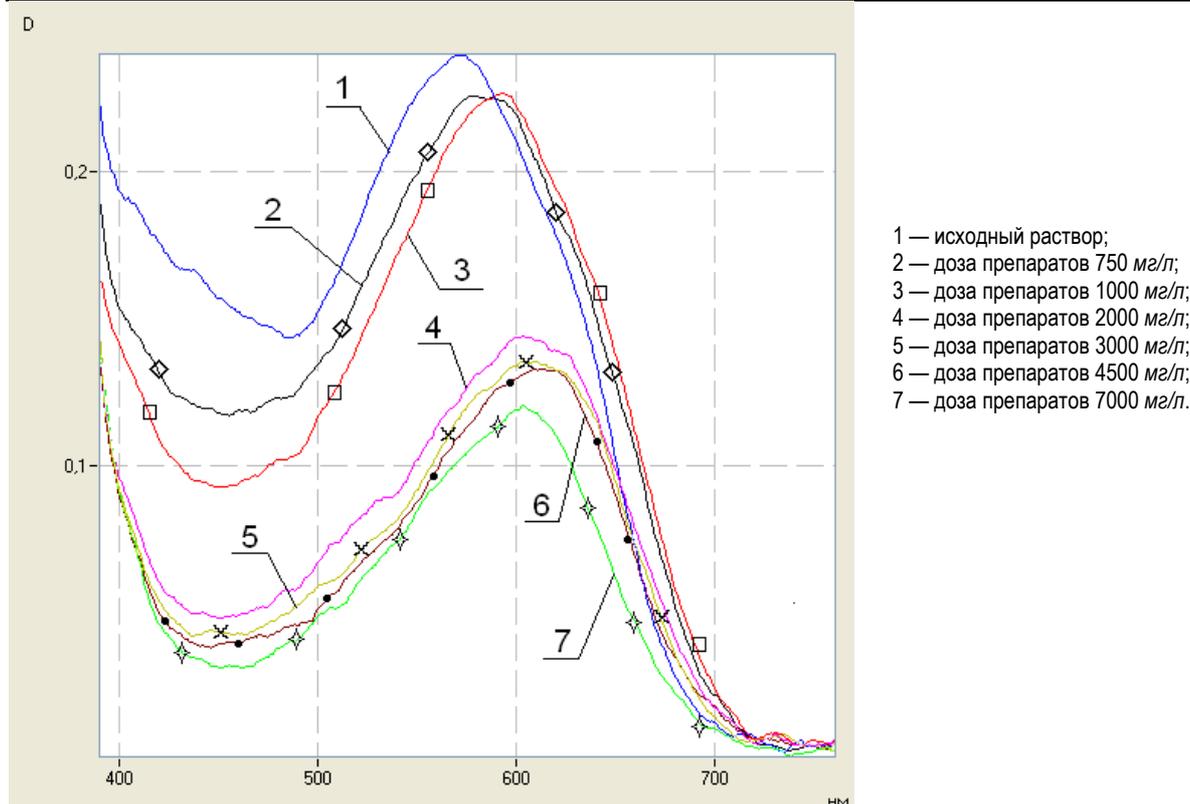


Рис. 5. Спектры поглощения раствора красителя «Ланазин черный M-DL», обработанного различными дозами препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP»

«Redutex RAP», которые показывают, что данные препараты, в отличие от озона, не разрушают молекулу красителя, а по мере увеличения дозы снижают уровень оптической плотности раствора. Поскольку данные препараты являются восстановителями, можно предположить, что снижение оптической плотности объясняется сдвигом максимумов поглощения восстановленных молекул в ультрафиолетовую область спектра. Однако в экспериментах по исследованию эффективности воздействия препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» на раствор красителя «Ланазин черный M-DL» ультрафиолетовые спектры раствора красителя не снимались.

Также исследовалась эффективность применения озона в сравнении с препаратами «Redutex BOR» и «Redutex RAP» для снижения окраски раствора красителя «Метиленовый синий». Данный краситель не относится к классу азокрасителей, а является по строению хромофора тиазинным кислотным красителем, обладающим слабыми окислительными свойствами. По литературным данным, краситель «Метиленовый синий» относительно стоек к окислителям, но сравнительно легко восстанавливается и обладает относительно небольшой молекулярной массой [5], поэтому по эффективности его деструкции с помощью озона можно более точно оценить удельные дозы озона, необходимые для деструкции различных классов красителей. Данные по эффективности применения озона для снижения окраски модельного раствора красителя «Метиленовый синий», концентрацией 2 мг/л, что соответствует окраске по степени разбавления 1:200, показаны на рис. 6.

Несмотря на то, что краситель «Метиленовый синий» более стойкий к окислению, озон также эффективно снижает окраску раствора данного красителя. Так, при удельной дозе озона 0,75 мг/мг красителя уже достигалась окраска модельного раствора по степени разбавления 1:20, что удовлетворяет требованиям к допустимой окраске сточных вод, сбрасываемых в городскую водоотводящую сеть. При дозе озона более 1,5 мг/мг красителя окраска обработанного раствора визуально не обнаруживалась в цилиндре высотой 20 см, т.е. снижение окраски раствора красителя составляло 100%. При барботировании воздуха через полностью обесцвеченный озонным раствором проявление какой-либо окраски не наблюдалось. Также

снимались спектры исходного и обработанных различными дозами озона растворов, которые приводятся на рис. 7.

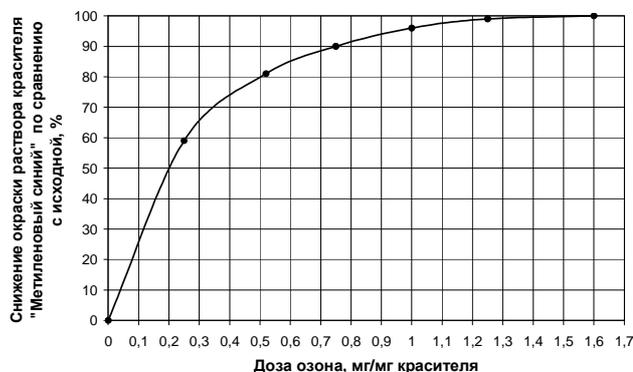


Рис. 6. Влияние удельной дозы озона на снижение окраски раствора красителя «Метиленовый синий»

Изменения спектров обработанного различными дозами озона раствора красителя показывают пропорциональное уменьшение уровня поглощения с увеличением дозы озона, однако формы спектра практически не меняются. Данное наблюдение можно объяснить тем, что продукты разложения красителя поглощают исключительно в ультрафиолетовой области, следовательно, озон на молекулы данного красителя также действует избирательно, т.е. по определенным связям. Механизм действия озона на хромофоры красителей практически не изучен, поэтому в дальнейшем необходимо выполнить исследования в данном направлении. Также можно отметить, что при дозе озона более 1,25 мг/мг красителя спектральный анализ в видимой области не обнаруживал никакого поглощения.

При исследовании эффективности применения препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» для снижения окраски раствора красителя «Метиленовый синий» было установлено, что до концентраций 800 мг/л никакого визуального изменения и изменения спектров не

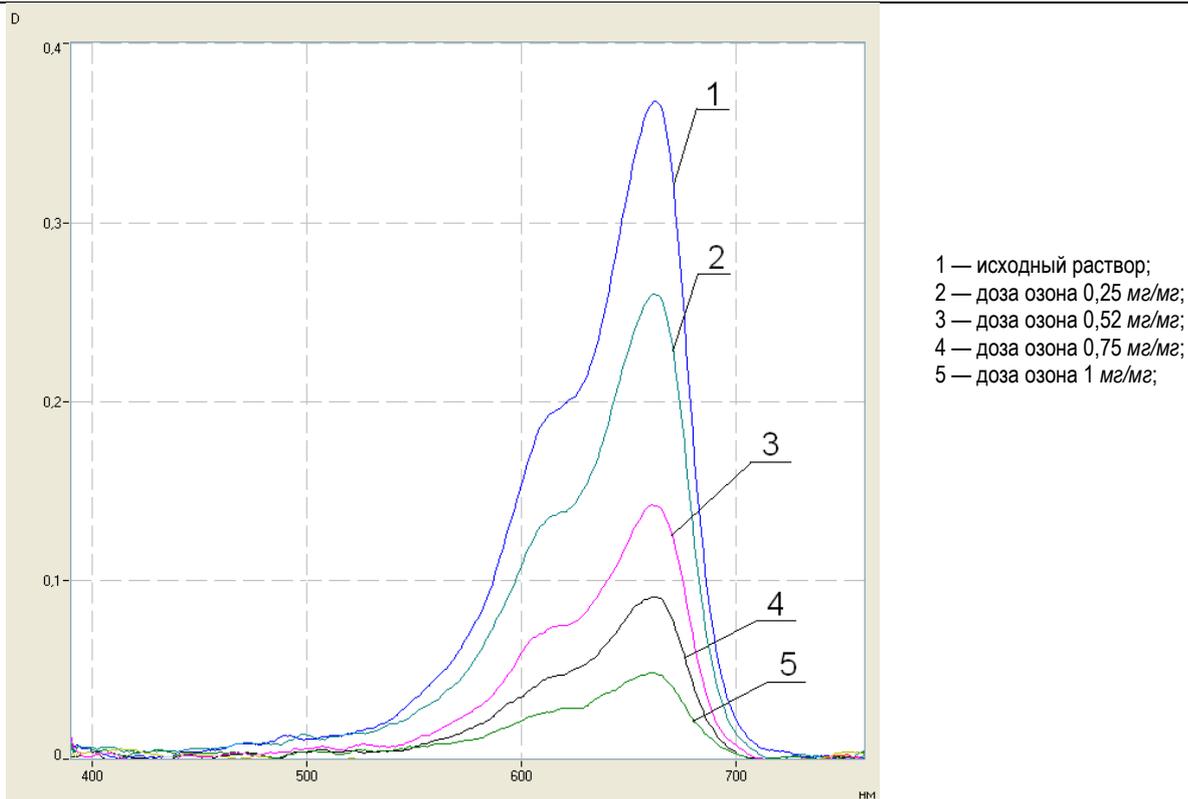


Рис. 7. Спектры поглощения раствора красителя «Метиленовый синий», обработанного различными дозами озона

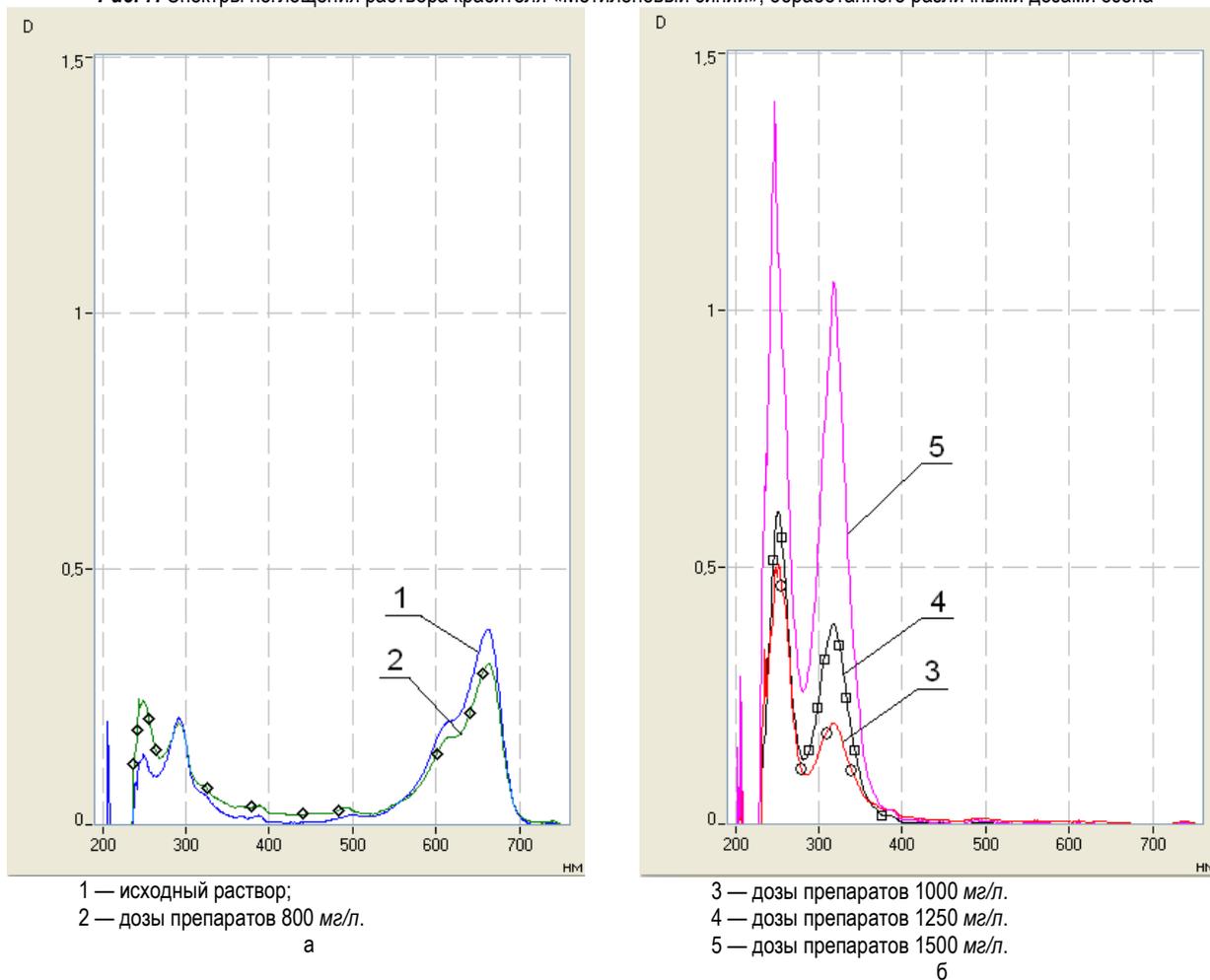


Рис. 8. Спектры поглощения раствора красителя «Метиленовый синий», обработанного различными дозами препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP»

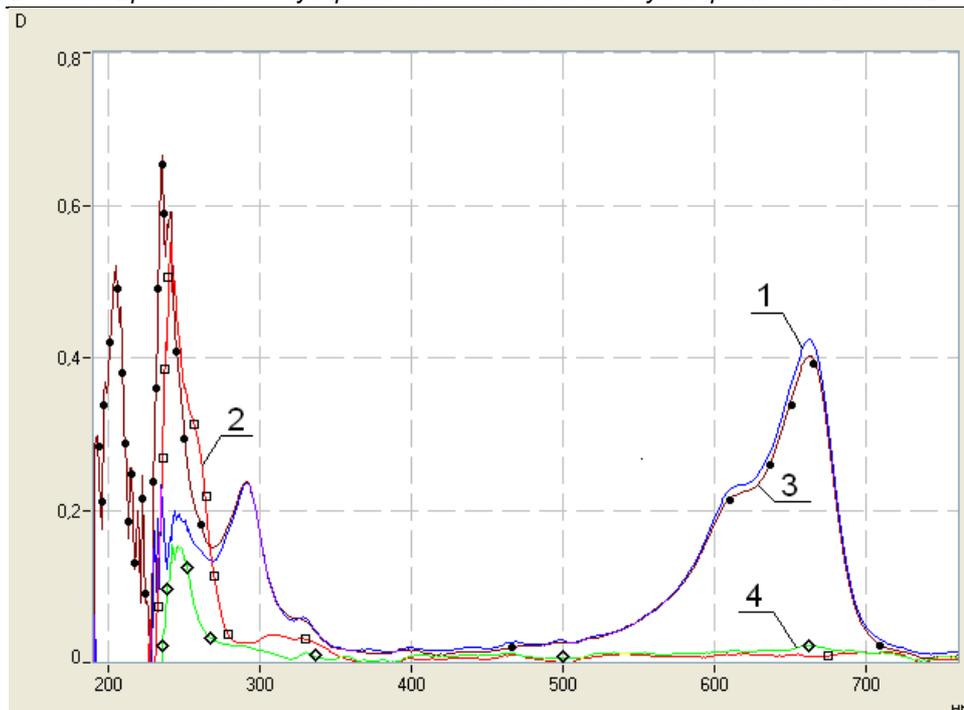


Рис. 9. Спектры поглощения раствора красителя «Метиленовый синий» для различных стадий процесса восстановления и окисления при обработке препаратами «Redutex BOR» и «Redutex RAP»

происходит. При дозе 800 мг/л визуальных изменений обработанного раствора также не наблюдалось, однако при снятии спектра были обнаружены небольшие изменения. На рис. 8а приводятся спектры исходного раствора красителя и обработанного препаратами «Redutex BOR» и «Redutex RAP» в дозе 800 мг/л, при сравнении которых заметны незначительные изменения — уменьшение основного пика в видимой области на длине волны 662 нм. и увеличение поглощения в ультрафиолетовой области. При дозе препаратов 1000 мг/л и выше происходило полное обесцвечивание раствора красителя. При исследовании спектров обесцвеченного раствора в диапазоне от 200 до 760 нм. (рис. 8б) наблюдалось отсутствие поглощения в видимой области и значительное увеличение поглощения в ультрафиолетовой области.

С целью проверки необратимости разложения красителя «Метиленовый синий» препаратами «Redutex BOR» и «Redutex RAP» обесцвеченная проба, обработанная данными препаратами, дозой 1000 мг/л была подвергнута азрации. Менее чем за одну минуту цвет образца полностью восстанавливался. Это свидетельствовало о том, что эффект снижения окраски был обратимым. Данное явление может возникать в производственных условиях в том случае, если окраску сточных вод, обусловленную синтетическими красителями, снижают с помощью препаратов, имеющих восстановительную природу. Спектры раствора красителя «Метиленовый синий» отражающие различные стадии данного обратимого процесса окисления и восстановления приведены на рис. 9.

Спектр 1, соответствующий необработанному раствору красителя, обнаруживает основное поглощение на длине волны 662 нм., и несколько более низких пиков поглощения в ультрафиолетовой области. Спектр 2, соответствующий восстановленному (обесцвеченному) раствору красителя обнаруживает практически полное отсутствие поглощения в видимой области и появление одного высокого пика поглощения в ультрафиолетовой области на длине волны 240 нм. Спектр 3, соответствующий окисленному кислородом воздуха раствору красителя, показывает практически полное совпадение со спектром необработанного раствора красителя в видимой области, вместе с тем в ультрафиолетовой области наблюдается интенсивное поглощение на длинах волн 205 нм. и 235 нм. Спектр 4, соответствующий раствору реагентов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» в концентрации 1000 мг/л в дистиллированной воде, обнару-

живает основное поглощение в ультрафиолетовой области на длине волны 241 нм. Изменения, представленные на спектрах, наглядно демонстрируют, что при недостаточном восстановлении, которое может иметь место в производственных условиях, возникает обратимый эффект снижения окраски сточных вод, и такие сточные воды могут явиться причиной дальнейшего проявления окраски на городских очистных сооружениях. Данный метод очистки также совершенно не решает проблему снижения ХПК сточных вод, поскольку, судя по изменениям спектров поглощения, разрушения красителя не происходит.

Заключение. По результатам проведенных исследований эффективности снижения окраски растворов красителей «Ланазин черный М-DL» и «Метиленовый синий» обработкой озоном можно сделать следующие выводы:

1. Озон является эффективным реагентом для снижения окраски сточных вод, обусловленной синтетическими красителями. В выполненных исследованиях озон одинаково эффективно действовал на красители, имеющие различные хромоформные системы: азокраситель и краситель с гетероциклическим тиазиновым хромофором. Исследование озона на красители с другими типами хромофоров необходимо продолжить.
2. Дозы озона, необходимые для снижения интенсивности окраски растворов красителей в 5...10 раз составляют 0,25...0,75 мг/мг красителя, что на модельных растворах в пересчете на концентрацию составляло 1,5...3,75 мг озона на 1 литр раствора. При более высоких дозах озона происходило еще более сильное снижение окраски вплоть до полного обесцвечивания.
3. Эффект снижения окраски под воздействием озона, в отличие от применения восстановителей является необратимым, что свидетельствует о деструкции хромоформной части молекулы красителя. Ввиду высокой реакционной способности озона, позволяющей эффективно разрушать карбоциклические и гетероциклические соединения, существует возможность не только эффективного снижения окраски сточных вод, но также и разрушения продуктов распада красителей, что особенно важно для охраны окружающей водной среды.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков. — М.: Наука, 1974. — 324 с.

2. Нейлонд, О.Я. Органическая химия / О.Я. Нейлонд. – М: Высшая школа, 1990. – 751 с.
3. Чичибабин, А.Е. Основные начала органической химии / А.Е. Чичибабин. – М: Госхимиздат, 1958. – 767 с.
4. Кричевский, Г.Е. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности / Г.Е. Кричевский, М.В. Корчагин, А.В. Сенахов. – М: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. – 640 с.
5. Краткая химическая энциклопедия: в 5 т. / И.Л. Кнунянц [и др.]; под общ. ред. И.Л. Кнунянц. – М: Советская энциклопедия, 1964. – Т. 3. – 1112 с.

Материал поступил в редакцию 01.02.10

ZHYTINEV B.N., BELOV S.G., NAUMCHIK G.O. Usage of ozone for reducing coloring of sewage of textile factories in light industry

The article deals with mechanisms of non-limited and aromatic organic compounds in aqueous solutions. The emphasis is laid upon ozone interaction with azo-dye-stuffs. The detailed carrying out of experimental research, permitting to measure out ozone in doses exactly into reactionary mixture. The article reveals the data of experimental research, illustrating the effectiveness of ozonusage for destruction of dye-stuffs in model solutions. The comparison of effective ozonusage with usage of with usage of restorative for reducing of solution-coloring has been carried out by the authors. Specific ozonedoses for decreasing solution-coloring of synthetical dye-stuffs have been determined preliminarily.

УДК 667.637.222:625.75

Тур Э.А., Басов С.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Введение. Значительный рост парка автомобилей в последние годы и отставание темпов строительства новых и реконструкции существующих автомобильных дорог (как магистральных, так и городских) повышают роль технических средств организации дорожного движения. Горизонтальная разметка автомобильных дорог занимает особое место среди данных технических средств. Наряду с дорожными знаками, светофорами и сигнальными столбиками горизонтальная дорожная разметка снижает вероятность возникновения аварийной ситуации и дорожно-транспортных происшествий. Основным её отличием является продолжительность нахождения в поле зрения водителей. Эта особенность позволяет применять разметку не только для регулирования транспортных потоков, но и для организации движения пешеходов. Применение горизонтальной разметки в настоящее время признано одной из самых эффективных мер обеспечения безопасности на автомобильных дорогах. Отсутствие или неудовлетворительное состояние горизонтальной разметки по мировой статистике является прямой или косвенной причиной 8-10 % дорожно-транспортных происшествий. Наличие же на дорожном полотне разметки с высокой функциональной долговечностью позволяет наиболее полно реализовать пропускную способность дороги, поддерживать на оптимальном уровне психофизиологическую нагрузку водителей.

В настоящее время в качестве разметочных материалов широко применяют краски на основе органических растворителей. Их функциональная долговечность невелика и в среднем составляет 6-8 месяцев. Они технологичны, просты в производстве и относительно дешевы, но обладают рядом существенных недостатков, к которым относятся недостаточная эластичность, низкая устойчивость к воздействию переменных температур, обусловленная проницаемостью сформированной плёнки лакокрасочного покрытия (ЛКП), а также наличие органических растворителей в рецептуре. ЛКП формируется из раствора за счёт физического испарения растворителя. Кинетически этот процесс разделяют на две стадии: интенсивное испарение растворителя из жидкого слоя лакокрасочного материала (ЛКМ) и испарение растворителя из сформировавшейся плёнки. Вторая стадия является более продолжительной и зависит как от конкретных условий процесса, так и от химической природы плёнокообразующего полимера [1]. Длительное испарение органических растворителей в атмосферу в процессе формирования ЛКП представляет собой серьёзную экологическую проблему.

Новым, экологически рациональным материалом для горизонтальной разметки автомобильных дорог являются пластики холодного нанесения. Связующим в рецептуре холодных пластиков является раствор акриловых полимеров в смеси мономеров (метилового эфира метакриловой кислоты и бутилового эфира акриловой или метакриловой кислоты). Отверждение материала происходит за счёт протекания в системе каталитической реакции инициированной радикальной полимеризации. В качестве инициатора полимеризации, чаще всего, используют дибензоилпероксид, который добавляют в ЛКМ непосредственно перед его нанесением на дорожное полотно [2].

Пластики холодного нанесения относят к долговечным толсто-слоистым разметочным материалам. Их функциональная долговечность должна составлять не менее трёх лет, при условии соблюдения технологии нанесения [3]. Такие ЛКП устойчивы к воздействию переменных температур, повышенной влажности, УФ-излучению, обладают достаточной эластичностью и износостойкостью.

Для прогнозирования функциональной долговечности холодных пластиков, изготовленных по новым рецептурам, следует руководствоваться комплексной оценкой состояния ЛКП, суммирующей отдельные, наиболее значимые, показатели. Такими показателями являются водопоглощение сформированного ЛКП, эластичность и адгезия к асфальтобетону.

Методика эксперимента. Водопоглощение ЛКП, сформированных на основе пластиков холодного нанесения, определяли по общепринятой методике [1]. На предварительно взвешенные стеклянные (инертные) пластинки размером $(100 \times 120 \times 2) \pm 1$ мм наносили аппликатором холодные пластики с определённым количеством инициатора полимеризации слоем толщиной $2,25 \pm 0,25$ мм, т.е. максимально приближенной к используемой в реальной практике дорожной разметки. После отверждения образцы выдерживали на воздухе в течение трёх суток при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, взвешивали с точностью до 0,001 г, помещали в эксикатор с дистиллированной водой и испытывали при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 1-7 суток. Образцы были полностью погружены в воду, поверхности не касались друг друга и стенок эксикатора. После извлечения из воды их осушали фильтровальной бумагой и взвешивали с точностью до 0,001 г. Критерием оценки водопоглощения являлось количество воды, выраженное в процентах, по отношению к массе отвержденного ЛКП, которое поглощается этим ЛКП при полном его погружении в

Тур Элина Аркадьевна, к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Басов Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

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