

разложение достигалось уже в первые 3-5 мин, в слабокислой среде ($pH = 5,0$) скорость озонирования в 5-6 раз меньше. При концентрации СПАВ 14 мг/дм^3 полное разложение происходит за 1-3 мин при концентрации озона-воздушной смеси в сточных водах $9,5-15,0 \text{ мг/дм}^3$ и $pH > 8,0$.

В последнее время приобретает все большее значение использование редокс-систем, в которых озон сочетается с другими окислителями. Это позволяет не только повысить эффективность очистки сточных вод, но и снизить расход окисляющих агентов. Эффективность редокс-систем с озоном повышается за счет введения в раствор гетерогенных и гомогенных катализаторов и может быть связана с тем, что озон выступает как интенсивный источник радикалов, тогда как редокс-партнер участвует в реакциях продолжения цепи в радикально-цепном механизме окисления органических веществ [1, 2]. Перспективным является совместное применение метода деструкции синтетических поверхностно-активных веществ озоном и пероксидом водорода.

Заключение. На основании анализа основных методов деструкции СПАВ, используемых в настоящее время можно сделать вывод, что наиболее перспективным методом удаления СПАВ является озонирование. В процессе озонирования происходит одновременное окисление примесей, обесцвечивание, дезодорация, обезвреживание сточной воды и насыщение ее кислородом. Озонирование позволяет разрушать загрязнения, которые не удаляются обычными методами.

Сочетание озонирования с другими методами деструкции СПАВ, например с обработкой пероксидом водорода, делает озонирование одним из наиболее перспективных методов не только в экологическом, но и в гигиеническом и экономическом аспектах.

Экономически применение озона и пероксида водорода оправдано еще и тем, что после озонирования сточных вод необходимо применение более низких доз коагулянтов, повышается скорость и глубина очистки, разрушаются токсические вещества, деструкция которых не достигается другими методами.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скурлатов, Ю.И. Введение в экологическую химию / Ю.И. Скурлатов, Г.Г. Дука, А. Мизити – М.: Высшая школа, 1994. – 400 с.
2. Сычев, А.Я. Каталитические реакции и охрана окружающей среды / А.Я. Сычев, С.О. Травин, Г.Г. Дука, Ю.И. Скурлатов – Кишинев, 1983. – 271 с.
3. Мунтер, Райн. Очистка промышленных стоков / Райн Мунтер // Использование и менеджмент водных ресурсов. Программа Балтийского университета – Уппсальский университет, 2003. – С. 219–236.
4. Лукиных, Н.А. Очистка сточных вод, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества / Н.А. Лукиных. – М.: Стройиздат, 1972. – 98 с.
5. Жуков, А.И. Методы очистки производственных сточных вод / А.И. Жуков, К.Л. Монгайт, И.Л. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1977. – 204 с.
6. Яковлев, С.В. Очистка производственных сточных вод / С.В. Яковлев – М.: Стройиздат, 1986. – 336 с.
7. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1974. – 172 с.
8. Кирсанов, А.Г. Охрана окружающей среды на предприятиях бытового обслуживания: Справочное пособие / А.Г. Кирсанов, Н.И. Миташева – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 240 с.
9. Петряев, Е.Н. Новые методы очистки сточных вод / Е.Н. Петряев, В.И. Власов, А.А. Сосновская // Обзор. Информ. – Мн.: Белорус. НИИТИ, 1985.
10. Кульский, Л.А. Очистка воды электрокоагуляцией / Л.А. Кульский, П.П. Строкач, В.А. Слипченко. – Киев: Будівельник, 1978. – 112 с.
11. Воловник, Г.И. Учебное пособие, ч. 2 / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов – Хабаровск, 1998. – 116 с.
12. Демидюк, В.И. Разложение озона на твердых поверхностях / В.И. Демидюк, С.Н. Ткаченко, Г.В. Егорова, М.П. Полкович, В.В. Лунин // Третий международный конгресс "Вода: экология и технология". Тезисы докладов. – Москва, 1998. – С. 649–650.

Материал поступил в редакцию 20.03.12

VOLKOVA G.A., STOROZHUK N.Yu. Methods of the sewage treatment, containing synthetic surface-active substances

The problem of pollution of water sources is considered by synthetic surface-active substances. The review of methods of sewage treatment containing synthetic surface-active substances is carried out.

УДК 628.544

Волчек А.А., Бульская И.В.

ЛИВНЕВЫЙ СТОК КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Введение. Одной из важнейших причин современных экологических проблем является всевозрастающее загрязнение природной среды. Под загрязнением природной среды следует понимать изменение свойств среды (химических, механических, физических, биологических и связанных с ними информационных), происходящие в результате естественных или искусственных процессов и приводящие к ухудшению функций среды по отношению к любому биологическому или технологическому объекту.

Особое значение имеет загрязнение поверхностных вод. Под загрязнением понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбрасыванием веществ, которые делают воду данных водоемов опасной для использования, наносят ущерб экосистеме водоема, народному хозяйству, здоровью и безопасности населения. Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется сброс или иное поступление в водные объекты вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и береговых водных объектов [1]. Загрязнения поступают в поверхностные водные объ-

екты со сточными водами, как из сосредоточенных контролируемых сбросов, так и из диффузных источников, в том числе талых и ливневых вод, отводимых с застроенных территорий [2]. Поступление в водоемы сточных вод приводит к негативным последствиям, и даже незначительное воздействие обуславливает заметные экологические изменения. Сброс промышленных и бытовых сточных вод в водоемы строго регламентируется. Большое число исследований сконцентрировано на изучении состава бытовых и промышленных сточных вод, исследованию же ливневых сточных вод с городских, сельских и промышленных территорий уделяется мало внимания. Дождевые, талые и поливомоечные воды, стекающие с застроенных территорий, до недавнего времени считались не представляющими серьезной опасности для водных объектов. Отведение их представлялось необходимым лишь по соображениям благоустройства территории. Однако, дождевые и талые воды, отводимые с застроенных территорий, значительно загрязнены и не могут сбрасываться в водные объекты без определенных ограничений. Во многих случаях ливневые сточные воды являются одним из основных источников загрязнения водоемов. Поэтому организованный отвод с последую-

Бульская Инна Валерьевна, ассистент кафедры химии Беларуси Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина. Беларусь, БрГУ им. А.С. Пушкина, 224016, г. Брест, бульвар Космонавтов, 21.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

шим обезвреживанием дождевых и талых вод в настоящее время является не только инженерной, но и санитарной необходимостью [3, 4, 5]. Увеличение площадей урбанизированных территорий приводит к возрастанию объема ливневого стока, что, в свою очередь, приводит к нарастанию загрязнения и негативного эффекта на окружающую среду [4].

Ливневый сток как фактор загрязнения поверхностных вод. Атмосферные осадки, извлекая содержащиеся в атмосфере примеси, способствуют очищению атмосферы и служат тем самым одним из источников загрязнения поверхностного стока многими неорганическими загрязнителями, доля поступления которых с этим источником может составлять 15-60 процентов от их суммарного количества в поверхностном стоке. Однако, основное количество загрязняющих веществ поступает в атмосферные осадки при их стекании с поверхности городской территории [2]. Загрязняющие вещества смываются в ливневые сточные воды с поверхности дорог и крыш и являются продуктами коррозии кровельных материалов, выхлопов автомобилей с различными типами двигателей, результатом нерационального использования бытовых химикатов, пестицидов, удобрений и т.п., а так же элементами песчано-солевой смеси, используемой в зимний период для предотвращения оледенения дорог. Характерными загрязняющими веществами в составе поверхностного стока являются взвешенные и растворимые органические и неорганические вещества, такие как нефтепродукты, азот аммонийный, фосфаты, железо общее, синтетические поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы (цинк, свинец, медь, кадмий, хром, никель) [3, 4, 5, 6].

Многообразие факторов, влияющих на содержание загрязняющих веществ в поверхностном стоке, их непосредственные количественные соотношения на каждом водосборе усложняют установление химического состава этой категории сточных вод и разработку мероприятий по их обезвреживанию. По данным зарубежных исследований накопление загрязнений на поверхности дорог в среднем для городов составляет 395 кг на 1 км дороги, причём в промышленных районах, накопление вдвое превышает средний показатель для города [2].

Степень загрязнения поверхностного стока зависит как от загрязненности территории, так и от слоя и интенсивности дождевых осадков, процесса снеготаяния, нормы расхода воды при мойке покрытий. При оценке качества дождевых вод необходимо иметь сведения о содержании в них примесей в течение всей продолжительности поступления дождевого стока. Качество поверхностного стока обусловлено множеством одновременно действующих факторов, основными из которых являются загрязнения атмосферы, загрязненность территории, режим и объем осадков, продолжительность периода без осадков. В свою очередь загрязненность территории зависит от наличия, численности и отраслевой принадлежности промышленных предприятий, интенсивности пешеходного и автомобильного движения, состояния дорог, плотности населения, типа застройки и её функционального значения, санитарного состояния территории, на которой происходит формирование стока и т.д. Существенной особенностью атмосферного стока является неравномерность распределения концентраций загрязняющих веществ в стоке по ходу дождя. При значительном диапазоне колебаний концентраций загрязнений имеется определенная закономерность в изменении качества стока во времени в зависимости от интенсивности осадков. Концентрация примесей в дождевом стоке быстро возрастает до максимума и далее уменьшается к концу дождя. Ряд исследований доказывают зависимость концентрации и типа загрязнителей от специфики местной гидрологии и климатических условий [2, 3, 4, 5].

Еще одним фактором, влияющим на характер ливневого стока, является качество покрытий, используемых на территории формирования стока. Возрастание количества непроницаемых поверхностей и территорий с уплотненной почвой, которые часто являются частью застройки и благоустройства территории, увеличивают объем поверхностного стока и уменьшают количество воды, проникающей в грунтовые воды. Подобные изменения могут привести к увеличению не только объема, но и скорости ливневого стока, частоты возникновения подтоплений, а так же привести к изменению типа,

концентрации и количества загрязнителей в стоке. Более того, исследование ливневого стока показывают прямую зависимость между процентом непроницаемых поверхностей на территории водосбора и уровнем негативного воздействия ливневого стока на качество воды, экосистему и ее обитателей. Таким образом, контроль ливневых стоков очень важен, т.к. ливневые стоки непосредственно воздействуют на функции водосбора и качество воды. Очистка поверхностного стока с урбанизированных территорий относится к важным проблемам при планировании водоохранных мероприятий [7].

Твёрдые осадки оказывают заметное влияние на химический состав воды талого стока вследствие аккумуляции примесей, поступающих из атмосферы, а так же элементов песчано-солевой смеси. Со стоком снеговых вод в водные объекты поступает значительный объем загрязняющих веществ, причём их содержание в этих водах может превосходить загрязнённость дождевого стока с этого же района в несколько раз. В связи с этим снеговые воды могут значительно загрязнять водоёмы во время снеготаяния и поэтому в комплексы водоохранных мероприятий необходимо включать вопросы, связанные с предотвращением поступления снеговых талых вод в водоёмы, особенно из мест вывоза снега [2].

Воздействие загрязнителей, содержащихся в сточных водах, на экосистему водоемов является сложным динамическим процессом. По мере поступления органических и биогенных веществ происходит постепенное изменение химического состава воды, видового состава гидробионтов, происходит перестройка структуры и функций экосистемы в целом. В начале процесса загрязнения изменения в экосистеме незначительны и обратимы. В дальнейшем экосистема может увеличивать свою способность к переработке поступающих веществ, но до определенного предела. Превышение этого предела приводит к деградации и полному разрушению экосистемы. Понятие «качество воды» подразумевает комплексную оценку, которая включает как гидрохимические, так и гидробиологические характеристики. В настоящее время во многих странах (например, в большинстве стран СНГ) продолжает использоваться традиционный подход к оценке качества воды, основанный на определении только ряда химических показателей. Это не позволяет в полной мере оценить изменения в водной экосистеме, оценить степень ее нарушенности, выявить механизм нарушения и дать прогноз дальнейших изменений. Системы экологического мониторинга качества поверхностных вод в США и странах ЕС в последнее время претерпели существенные изменения в связи с переходом от химического контроля состояния водных объектов к биологическим методам, основанным на биоиндикации, биотестировании и биомониторинге. Объединение химических и биологических методов индикации загрязнения улучшает понимание причин ухудшения качества водной среды [1].

Прежде чем определять меры по контролю загрязнений ливневых стоков, нужно детально изучить качественные и количественные характеристики стока. Можно выделить три основных направления среди способов контроля качества ливневых стоков – это контроль источников загрязнения, контроль на месте загрязнения и контроль в точке сброса стока. Контроль источников загрязнения тесно связан с расширением грамотности населения в вопросах использования бытовой химии, пестицидов, гербицидов, удобрений, моющих средств. Кроме того, контроль источников загрязнения ливневых стоков может быть осуществлен путем таких мер благоустройства, как предотвращение несанкционированных сбросов отходов в систему ливневой канализации, уборка улиц, грамотная программа предотвращения оледенения дорог в зимний период и предотвращение скопления мусора на городских территориях. Контроль загрязнения на месте в основном сводится к уменьшению объема ливневого стока. Применение такого метода контроля наиболее пригодно для заново благоустраиваемых территорий и сводится в основном к уменьшению площадей с непроницаемым покрытием, применению нетрадиционных проницаемых покрытий для тротуаров и стоянок автотранспорта, организации зеленых буферных зон вдоль дорог вместо традиционных водостоков и т.п. Контроль в точке сброса связан с очисткой ливневых сточных вод при помощи разнообразных методов, как традиционных (например, биологиче-

ской очистки), так и инновационных экологически дружественных методик [4, 7].

Заключение. Формирование ливневых сточных вод и их влияние на водоемы является сложным процессом, подверженным воздействию большого количества факторов, связанных как с местоположением территории, на которой формируется ливневый сток, так и со степенью и назначением ее хозяйственного освоения. Вопрос об экологическом воздействии ливневого стока на окружающую среду является не достаточно изученным, хотя в последние годы все больше исследований посвящается разработке этой проблемы. Ливневые сточные воды поставляют значительное количество загрязнителей различного типа в водоемы, однако очень небольшой процент их подвергается очистке, большинство же сбрасывается непосредственно в водоемы без какого-либо контроля. Так, например, по данным Вильнюсского регионального департамента окружающей среды, лишь 30 процентов городских ливневых стоков очищаются до требуемых норм [8]. Ливневый сток имеет сложный характер – концентрация загрязнителей резко возрастает в начале дождя (так называемый эффект «первой волны») и затем постепенно снижается, что так же усложняет изучение его состава. Среди исследователей не существует единого мнения о том, каким образом следует изучать химический состав ливневого стока – некоторые из них оперируют величинами средних концентраций, другие же предлагают рассматривать концентрации в конкретный момент времени, чтобы учесть изменение состава стока по ходу дождя.

Несмотря на все трудности, связанные с изучением вопроса о воздействии ливневых сточных вод на качество воды и экосистему водоемов, очевидным является тот факт, что влияние это значительно и детальное исследование состава ливневого стока и процесса его формирования является необходимым шагом для разработки мер по очистке ливневых сточных вод. Для их эффективного обезвреживания необходимо знать качественный и количественный состав загрязнителей, а так же гидродинамические характеристики стока. Кроме того, перспективными являются экологически дружественные методы, связанные с предотвращением попадания загрязнителей в ливневые сточные воды и сокращением объема ливневого стока.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хурина, Л.Н. Оценка экологического состояния пресноводной гидросистемы в условиях антропогенной нагрузки / О.В. Хурина, Л.Н. Саушкина, Т.И. Кузьякина // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2010. – № 12. – С. 26–31.
2. Машина, Л.Л. Эколого-экономические аспекты эксплуатации систем дождевой канализации / Л.Л. Машина, Э.И. Горяинов, Г.А. Демёхин // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вып. 251 – С. 196–203. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uhmi.org.ua> – Дата доступа: 11.01.2012.
3. Невзорова, А.Б. Мониторинг техногенной нагрузки от поверхностных сточных вод на городскую дождевую канализацию / А.Б. Невзорова, И.Н. Ровдан, О.Г. Плаунова, И.А. Мармалюкова // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2. – С. 61–66.
4. Rimeika, M. Stormwatertreatmentplantconception / MRimeika // Научно-технические проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 21–23 сентября 2011 г.: в 2-х частях / Брест. гос. техн. ун-т; под ред. П.С. Пойты [и др.]. – Брест: изд-во БрГТУ, 2011. – Ч. 1. – С. 89–92.
5. Ghafouri, M. Spatial Analysis of Urban Stormwater Quality / M. Ghafouri, C.E. Swain // Journal of Spatial Hydrology. – 2004. – Spring Vol. 5. – No. 1. – P. 33–46.
6. Gnecco, I. Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy / I. Gnecco, C. Berretta, L.G. Lanza, P. La Barbera // Atmospheric Research. – 2005. – Volume 77, Issues 1–4. – P. 60–73.
7. USEPADraftFactSheet 4/22/2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epa.gov> – Дата доступа: 15.01.2012.
8. Мажейкене, А.Б. Исследование сорбентов, применяемых для очистки ливневых водостоков от нефтепродуктов / А.Б. Мажейкене, С.И. Швядене // Научно-технические проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 21–23 сентября 2011 г.: в 2-х частях / Брест. гос. техн. ун-т; под ред. П.С. Пойты [и др.]. – Брест: изд-во БрГТУ, 2011. – Ч. 1. – С. 81–84.

Материал поступил в редакцию 25.02.12

VOLCHEK A.A., BULSKY I.V. Storm drain as source of pollution of the surface water

One of the most important environmental problems is surface water pollution. Discharges of wastewater to the water bodies leads to negative environmental effects, and even small impact provides noticeable environmental changes. Industrial and household wastewater discharges are strictly regulated. The biggest part of researches is concentrated on household and industrial wastewater investigation, attention to storm water form urban, rural and industrial arias investigation is negligible, although some research data proof storm water to be the main sours of water bodies pollution.

УДК 628.11.3

Вострова Р.Н., Макаров Д.В.

ПРОИЗВОДСТВО ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ухудшение экологии, непрерывно уменьшающиеся запасы энергоносителей, а так же желание освободиться от энергетической зависимости, повышает интерес многих стран к возобновляемым источникам энергии.

Собственные ресурсы ископаемых энергоносителей не велики и составляют не более 15% от их потребности. Республика Беларусь импортирует от 20% до 30% потребляемой энергии. Доля природного газа в общем балансе топливно-энергетическими ресурсами Беларуси превышает уровень 76%, а в белорусской энергосистеме – 93%.

Природные энергоресурсы Республики Беларусь составляют

месторождения бурого угля объемом 150 млн. тонн возле г. Житковичи, запасы горючих сланцев в объеме 11 млрд. тонн в районе городов Любань и Туров (добыча которых при существующей технологии не выгодна), невелики запасы нефтяных месторождений [3]. Республика обеспечена собственными топливно-энергетическими ресурсами только на 20–30 % от общего потребления.

Одной из важнейших проблем жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь продолжает оставаться задача выбора направлений обработки и утилизации осадков сточных вод (ОСВ), образующихся на городских очистных сооружениях.

Вострова Регина Николаевна, к.т.н., доцент, зав. кафедрой экологии и рационального использования водных ресурсов Белорусского государственного университета транспорта.

Макаров Д.В.

Беларусь, БелГУТ, 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.