

приводит к снижению скорости кристаллизации и увеличению скорости образования зародышей кристаллов, которые растут с участием ионов магния и кальция, образуя мелкие кристаллы магнезиального кальцита. Влияние магния проявляется в изоморфном замещении ионов кальция в кристаллической решетке кальцита, что приводит к изменению скорости роста и формы кристаллов. В присутствии полимерной композиции осадок карбонатов образуется практически полностью в наименее стабильной форме магнезиального кальцита, что, вероятно, связано со способностью рассматриваемых органических полимерных соединений встраиваться в кристаллическую решетку, ограничивая участие молекул  $\text{CaCO}_3$  в формировании кристаллов.

#### *Список использованных источников*

- 1 Hounslow M. J., Mumtaz H. S., Collier A. P., Barrick J. P., Bramley A. S. // Chemical Engineering Science. 2001. V. 56. P. 2543 – 2552.
- 2 Ридер Р.Д. Карбонаты: минералогия и химия. М.:Мир, 1987. 494 с.
- 3 Chena T., Neville A., Yuan M. // J. Cryst. Growth. 2005. V. 275. P. 1341–1347.
- 4 Wei H., Shena Q., Zhao Y., Wanga D., Xu D. // J. Cryst. Growth. 2003. V. 250. P. 516-524.
- 5 Loste E., Wilson R. Seshadri R., Meldrum F. // J. Cryst. Growth. 2003. V. 254. P. 206–218.

УДК 504.064.4:628.3

Е.В. Гапанович, науч. сотр., канд. техн. наук;  
О.Г. Савич-Шемет, науч. сотр., канд. геогр. наук; Ю.П. Анцух, мл. науч. сотр.;  
Е.В. Лаптик, стажер, мл. науч. сотр.  
Институт природопользования НАН Беларусь, г. Минск, Беларусь

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ Г. МИНСКА**

**Введение.** Поверхностный (дождевой, талый) сток, формирующийся на урбанизированной территории, является значимым фактором загрязнения поверхностных водных объектов. В современных условиях интенсивного градостроительного развития крупных городов, его химический состав и уровень загрязнения определяется комплексом взаимосвязанных факторов: соотношением площадей различных функциональных зон, с тенденцией расширения жилых зон с высокой плотностью застройки; интенсивным развитием городской транспортной инфраструктуры на фоне видимого прироста парка личного автотранспорта; увеличением водонепроницаемых поверхностей, обуславливающих изменение водного баланса территории [1-3].

Организация отведения поверхностного стока с территории большого города путем создания системы дождевой канализации является сложной и многогранной задачей, для решения которой требуется всесторонний анализ условий и закономерностей формирования поверхностного стока с территории города, поиска путей достижения нормативного качества его очистки и др.

**Структура водоотводящей системы дождевого стока г. Минска.** Отведение поверхностных сточных вод с территории г. Минска осуществляется по раздельной схеме канализирования городской территории, реализуется на основе самотечного принципа транспортирования водных потоков с использованием уклонов рельефа – наследуя ложбины стока и поймы малых рек – притоков р. Свислочь (рр. Лошицы, Мышки, Немиги, Переспы, Дражни и др.) и непосредственно р. Свислочь.

В связи с этим структуру водоотводящей системы дождевого стока можно рассматривать как систему коллекторно-речной сети, состоящей как из природных, так и инженерных элементов, которыми являются:

- собственно, городские системы дождевой канализации;
- малые реки, частично или полностью заключенные в коллектор;

- очистные сооружения в устьевой части коллекторов;
- водоприемники сточных вод – поверхностные водные объекты.

Основные направления развития дождевой канализации г. Минска тесно увязаны с градостроительными условиями (элементы водного благоустройства) и водохозяйственными вопросами (сбор, транспортирование, очистка поверхностного стока, поступление в водоприемник).

Принципиальные положения схемы дождевой канализации г. Минска, разработанные в 70-х годах прошлого века, кардинально отличаются от принятых в странах Западной Европы схем отведения и очистки поверхностного стока. Схема дождевой канализации г. Минска, основанная на принципе централизации, построена на локализации и сведении потоков поверхностных сточных вод с водосборных площадей в магистральный коллектор с целью последующей очистки в замыкающем створе перед выпуском в поверхностный водный объект.

При отведении поверхностного стока в водный объект приоритетными показателями являются содержание взвешенных веществ и нефтепродуктов, иммобилизованных на грунодисперсных примесях или присутствующих в свободном состоянии (в виде пленки), в эмульгированном или растворенном виде [3].

В основу работы функционирующих в настоящее время очистных сооружений поверхностного стока основных коллекторов дождевой канализации г. Минска положен механический способ очистки, включающий, как правило, отстаивание, фильтрование через различные загрузки из природных и синтетических материалов [1].

В последнее десятилетие наблюдается повышение интенсивности градостроительного освоения территорий г. Минска, возникают несоответствия между изменившимися условиями формирования поверхностного стока, и возможностью его отведения и очистки на построенных в ряде случаев, более 70 лет назад в замыкающем створе магистральных дождевых коллекторов очистных сооружениях. В связи с этим, назрела необходимость поиска подходов к разработке концепции схемы отведения поверхностного стока г. Минска, проведения глубокого научного анализа особенностей формирования дождевого стока с учетом разнообразия стокообразующих факторов в пределах городской территории, характера выпадения, накопления и перераспределения атмосферных осадков в площадном и временном разрезах.

**Особенности системы дождевой канализации дождевого стока г. Минска в современных условиях.** Функционирование в целом системы дождевой канализации города, эффективность работы очистных сооружений в замыкающем створе дождевого коллектора, обусловлена преимущественно количественными и качественными параметрами поверхностных сточных вод, формируемыми в водосборном бассейне каждого коллектора.

Объемы поверхностного стока, формирующегося на территории бассейнов стока, напрямую зависят от площади водосборного бассейна главного коллектора, количества и неравномерности в площадном и временном разрезах выпавших осадков.

Качество поверхностного стока в целом по бассейну определяется функциональным использованием его территории (жилая, общественная, производственная, специального назначения транспортная), наличием инженерного благоустройства, уровнем технического обслуживания водоотводящих сетей, присутствием диффузионных источников поступления загрязняющих веществ.

Размер водосборной площади является значимым фактором, определяющим возможность очистки поверхностных сточных вод с использованием механического способа (создании больших аккумулирующих емкостей).

На территории г. Минска выделено 26 водосборных бассейнов, дождевых коллекторов, наследующих в различной степени естественную сеть тальвегов высокой концентрации поверхностного стока и водотоков, что отражает современную структуру схемы дождевой канализации города.

Площади водосборов городской системы дождевых коллекторов, замыкаемые очистными сооружениями, изменяются от 0,23 км<sup>2</sup> (водосбор с очистных сооружений квартала в

границах улиц Козыревская-Солнечная-Любаво-Роменская) до 90,7 км<sup>2</sup> (водосбор очистных сооружений пруда-регулятора по ул. Инженерной).

Наибольший размер имеет водосбор очистных сооружений пруда-регулятора по ул. Инженерной, его площадь составляет порядка 37 % водосборной площади города (т.е. охватывает ~ 1/3 его территории).

Длина водосборов дождевых коллекторов системы дождевой канализации г. Минска изменяется ориентировочно от 0,23 км (водосбор квартала в границах улиц Козыревская-Солнечная-Любаво-Роменская) до 19,2 км (водосбор очистных сооружений пруда-регулятора по ул. Инженерной). Ряд водосборов коллекторов («Центр», «Запад», «Слепянка» и «Дражня») имеют вытянутую в плане форму и наибольшую протяженность: 15; 10; 19,2 км соответственно. Для этих водосборов существенное значение при формировании параметров поверхностного стока в количественном отношении имеет мозаичность выпадения атмосферных осадков, в качественном – усреднение качества поверхностного стока, с потерей смысла «первой», самой загрязненной порции дождя, и времени его «дебегания» до очистных сооружений.

Комплексный анализ геометрических характеристик водосборов основных дождевых коллекторов (магистральных) в современных условиях выявил видимую диспропорцию размеров водосборной площади, обуславливающей объем формируемого стока и возможности его аккумуляции и очистки на существующих очистных сооружениях механической очистки отстойного типа.

Среднегодовой объем поверхностного стока, формируемого на территории г. Минска и поступающего в сети дождевой канализации и на очистные сооружения составляет порядка 85,3 тыс.м<sup>3</sup>. Из них ~ 74 % отводится магистральными коллекторами:

- «Слепянка», «Дражня» – 38 %;
- «Запад», «Юго-Запад» – 19 %;
- «Центр» – 12 %;
- «Комаровский» – 5 %.

В площадном распределении функциональных зон по бассейнам стока большинства коллекторов в настоящее время превалируют жилые территории, и составляют по отдельным коллекторам до 81,5 % от площади водосбора коллектора. Размер промышленных территорий сопоставим с размером транспортных зон и составляет в среднем 20 - 25 %.

Установлено, в настоящее время наблюдается тенденция увеличения и преобладания в разрезе городских территорий удельного веса водонепроницаемых площадей над открытymi пространствами, зелеными зонами, газонами.

Анализ эффективности работы очистных сооружений, устроенных на выпусках дождевых коллекторов г. Минска, оцениваемой по динамике качества поверхностных сточных вод на выпуске в поверхностный водный объект, позволил выделить ряд ключевых аспектов, определяющих изменение условий формирования, устанавливающих возможность эффективной очистки поверхностного стока в существующих условиях:

- увеличение водосборной площади магистральных дождевых коллекторов, с перераспределением функционального использования территории в пределах локальных бассейнов стока;
- значительное увеличение протяженности магистральных коллекторов, не позволяющее обеспечить при очистке на очистных сооружениях перераспределение объемов, выделение первой, наиболее загрязненной части дождевого стока;
- изменение климатических факторов формирования поверхностного стока: времени наступления и продолжительностью периодов оттепелей в зимний период, наложение в одном временном периоде весеннего половодья и выпадения осадков в виде дождя.

Таким образом, с учетом особенностей функционирования системы водоотведения и очистки поверхностного стока с территории г. Минска, предложены принципиальные направления развития схемы дождевой канализации городов изменяющихся условиях формирования количественных и качественных параметров поверхностного стока на водосборной площади:

– реализация бассейнового подхода в работе коллекторов дождевой канализации как основного принципа управления водным хозяйством г. Минска в части отведения поверхностных сточных вод, что позволит уйти от принципа централизации отведения поверхностных сточных вод, в том числе на локальном уровне территории нового градостроительного освоения;

– создание административной структуры бассейнового управления основных коллекторов, с целью реализации принципа рационального использования водных ресурсов, целевого распределения материальных ресурсов с персонализацией ответственности за эффективность работы элементов системы дождевой канализации;

– оптимизация водосборных площадей существующих дождевых коллекторов с точки зрения возможности выделения и аккумуляции первой порции дождя (децентрализация системы дождевой канализации, уход от принципа сведения потоков поверхностных сточных вод в один магистральный коллектор). Большие размеры водосборных площадей коллекторов обуславливают усреднение стока по мере поступления его к очистным сооружениям, при этом теряет смысл понятие «первой» порции дождя. Ситуация усугубляется, если учесть мозаичность выпадения дождя по территории города;

– обеспечение систематического контроля за соблюдением промышленными субъектами установленных требований к составу и допустимым концентрациям загрязняющих веществ в сбрасываемых с их территорий в городские сети дождевой канализации г. Минска поверхностных и нормативно чистых (очищенных) производственных сточных водах;

– установление дифференцированного (повышающего) тарифа на услуги канализации при наличии в сбрасываемых поверхностных и нормативно чистых (очищенных) сточных водах загрязняющих веществ, превышающих допустимые концентрации, с целью стимулирования предприятиями рассмотрения вопросов строительства или реконструкции существующих локальных очистных сооружений для достижения более высокой степени очистки поверхностных сточных вод;

– внедрение автоматической системы мониторинга качества поверхностных сточных вод (автоматические датчики контроля) системы дождевой канализации города для усиления ведомственного контроля.

#### *Список использованных источников*

1 Дикаревский, В.С. Отведение и очистка поверхностных сточных вод / В.С. Дикаревский. – Л.: Стройиздат, 1986. – 224 с.

2 Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) с урбанизированных территорий. М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. 352 с.

3 Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Magazineof. CivilEngineering, No.6, 2014. – Рр. 67-74.

UDC 504.06+628.16

M. Litynska, N. Tolstopalova, I. Astrelin  
NTUU “KPI”, Kyiv, Ukraine

## **INFLUENCE OF PREPARATION CONDITIONS ON AS(V) SORPTION EFFICIENCY APPLYING ACTIVATED CARBON DOPED BY IRON OXYHYDROXIDE**

**1. Introduction and Theoretical Background.** Anthropogenic and natural factors often make the surface and ground water sources unfit for drinking purpose therefore it is necessary to clean it. Arsenic belongs to chemical elements, which are often found in natural waters and make it unsuitable for consumption without special treatment [1, 2].

Arsenic is released into water bodies as a result of human activity (arsenic dyes and pigments production, usage of arsenic pesticides, producing of arsenic semiconductors, sulphide ore