

УДК 628.315.4

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*С.Г. Ницкая, С.А. Яшина, М.А. Сальникова, Н.Е. Ренников*

Рассмотрены факторы, влияющие на формирование поверхностного стока в различных климатических условиях. Представлены существующие основные схемы локальных очистных сооружений. Отмечена перспективность применения блочно-модульных и габионных очистных сооружений в любом климатическом районе.

Ключевые слова: водные объекты, поверхностный сток, талый сток, промерзание, проектирование системы поверхностного стока, очистка поверхностного стока.

До настоящего времени водные объекты в городской среде подвергаются значительной нагрузке. На состояние водоемов населенных мест существенное влияние оказывают такие факторы, как изменение естественных русел водотоков, заключение малых рек и ручьев в коллекторы, обмелению рек и озер, что приводит к нарушению водного режима на территории города [1]. Водопотребление и постоянное изъятие вод на различные нужды города изменяет водный баланс, гидрологический режим водоемов. Вклад в загрязнение водоемов вносят выпуски производственных и коммунальных сточных вод, а также поверхностный сток, в особой мере – неорганизованный.

В процессе строительства объектов жилого фонда современных городов происходит увеличение площадей с водонепроницаемым покрытием (уличные транспортные сети с асфальтовым покрытием, крыши зданий), что приводит к возрастанию объема образующегося талого и дождевого поверхностного стока [2].

Процессы роста городского населения способствуют возрастанию нагрузки на водные объекты. Регулирование качества вод в поверхностных водоемах предполагает ограничение сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Структура поверхностного стока с области застройки населенных мест существенно отличается от структуры стока с естественных площадей, однако во всех случаях процесс формирования стока включает множество динамично изменяющихся климатических и других природных и антропогенных факторов [3, 4]. Роль каждого источника в загрязнении водных ресурсов различна. По мере расширения строительства и совершенствования очистки производственных и городских сточных вод возрастает значимость необходимости очистки поверхностного стока и других неорганизо-

ванных источников загрязнения. При планировании водоохраных мероприятий к важным проблемам относится очистка поверхностного стока с урбанизированных территорий.

Комплексное обследование реки, качество которой формируется преимущественно за счет поверхностного стока с площадей водосбора, в пределах населенных мест выявили загрязнение нефтепродуктами, тяжелыми металлами и другими специфическими веществами [5].

В работе [6] отмечается, что объем образующегося поверхностного стока талых вод определяется такими факторами, как снеготалоходы, глубина промерзания и влажность почвы. Проведенные автором многолетние наблюдения позволили сформулировать закон лимитирующих факторов стока, в котором отмечается, что при некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снеготалоходы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не формируется независимо от уровня двух других. Было отмечено, что в лесостепи и степи наиболее мощное воздействие на сток оказывает глубина промерзания. Она зависит от многих факторов, но ведущее место занимает характер снеготалохода. Высота снежного покрова в лесной полосе существенно влияет на теплоизоляцию почв зимой, глубину и степень промерзания почвы и грунта, водопоглощение и, следовательно, поверхностный сток.

При проектировании систем водоснабжения и водоотведения в районах вечной мерзлоты или глубиной промерзания более 2 м основными принципами проектирования сетей является:

- учет и оценка факторов, определяющих особые требования к устройству и эксплуатации систем: резко континентальный климат, своеобразный гидрологический режим водоемных объектов, снеготалоходы и др.;
- максимальное внедрение эффективных конструктивных решений и технологий;
- необходимость учета реальной, постоянно существующей угрозы перемерзания любых элементов систем водоснабжения и водоотведения [7].

Район южной зоны Европейской территории Российской Федерации характеризуется как умеренно континентальный с недостаточным увлажнением (степной, засушливый). Годовое количество осадков распределяется следующим образом – максимум осадков приходится на холодное полугодие, а минимум – на теплое [8].

Отмечается, что одним из источников загрязнения рек и водоемов южной части Русской равнины является поверхностный склоновый сток в период половодья, при этом показана в настоящее время тенденция снижения от 2 раз в северной лесостепи европейской части РФ до более 10 раз в южной части степной зоны, главным образом, вследствие изменения климатических условий. В то же время наблюдается увеличение объема поверхностного стока в теплый период года и подземного стока вследствие

улучшения условий инфильтрации из-за меньшего промерзания почв. Вместе с тем в значительной мере возрастает доля теплого периода года в диффузном загрязнении рек и водоемов за счет поступления загрязненных склоновых подземных вод [9].

Исследования влияния основных природных факторов (глубины промерзания, влажности почвы, снеготаяния) на формирование поверхностного стока на различных агрофонах показали, что впитывающая способность почвы зависит в основном от глубины её промерзания, при увеличении глубины промерзания водопоглощение резко снижается, и прогнозируется наличие стока талых вод [10].

Независимо от климатической зоны расположения населенных мест поверхностный сток, образующийся на территории жилой застройки, приносит значительную долю загрязняющих веществ в водные объекты городской черты. Так, в работе [11] представлена сравнительная оценка результатов химического анализа поверхностного талого и дождевого стоков с селитебных территорий с нормативами для сброса сточных вод в водные объекты. Показано, что поверхностный сток является причиной загрязнения Воронежского водохранилища, поскольку основные компоненты его химического состава в несколько раз превышают ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

Проводятся работы по разработке способов расчета гидрологических характеристик систем водоотведения с застроенных территорий, основанные на действующих нормативно-методических документах с учетом климатических условий, рельефа, типа землепользования и грунтов и других факторов. Определены необходимые для расчетов климатические и гидрологические характеристики [12]. Полученные расчетные гидрологические характеристики рекомендуются для решения прикладных задач, в первую очередь, для расчета параметров систем водоотведения (ливневой, бытовой и производственной канализации, очистных сооружений) при новом строительстве и реконструкции существующих сетей.

В соответствии с требованиями действующего природоохранного законодательства, поверхностный сток с дорог и строительных площадок, являющийся одним из интенсивных загрязнителей водных объектов, подлежит очистке до установленных нормативов. Сброс неочищенных дождевых сточных вод в водоемы и водотоки запрещен [13]. По строительным правилам поверхностный сток с городских и сельских территорий с интенсивной антропогенной и техногенной нагрузкой на окружающую среду (промышленные зоны или зоны многоэтажной жилой застройки с интенсивным движением автотранспорта, торговые центры, транспортные магистрали и стоянки машин, станции технического обслуживания и автозаправочные станции) должны отводиться на очистные сооружения.

Независимо от климатического района расположения населенных мест для сбора и отведения на очистку поверхностных вод должна быть предусмотрена сеть поверхностного стока (открытая или закрытая).

Большое значение при проектировании очистных сооружений имеет зависимость годового объема дождевого стока и количества загрязнений. Концентрация примесей в стоке во многом определяется интенсивностью выпадения осадков, продолжительностью периода сухой погоды и предшествующего дождя. С увеличением интенсивности осадков увеличивается расход дождевого стока, и следовательно, увеличивается его несущая способность.

Технико-экономическая составляющая оказывает значительное влияние на проектирование полураздельной или раздельной систем водоотведения, которые позволяет распределять сточные воды на очистные сооружения.

До настоящего времени на территории населенных мест в большинстве случаев применяются традиционные системы поверхностного стока, для которых характерна трубопроводная сеть значительной протяженности и типовая схема механической и физико-химической очистки. Как правило, такие схемы характеризуются достаточно высокой стоимостью вследствие их эксплуатации в теплый период года, величина которого зависит от климатических условий расположения населенных мест.

Оптимальным решением является применение локальных очистных сооружений, характеризующихся компактностью установок, возможностью размещения на ограниченных территориях и круглогодичного использования, удобных в обслуживании. Локальные очистные сооружения поверхностного стока (накопительного и проточного типа) в настоящее время обеспечивают очистку до установленных требований.

Проведенный анализ основных особенностей очистки поверхностного стока в городских районах с высокой плотностью застройки и способов пассивной механической очистки с применением предварительного гравитационного отстаивания и фильтрации на торфяном фильтрующем материале позволил обосновать применение децентрализованных пассивных систем очистки с различным видом фильтрующей загрузки. Как преимущество метода отмечается, что пассивные системы очистки поверхностного стока хорошо масштабируемы и это делает их идеальным выбором для распределенных моделей инфраструктуры городах [14].

Как правило, локальные очистные сооружения представляют собой целый комплекс очистных установок и всевозможных систем. В работе [15] представлен анализ различных типов локальных очистных сооружений и пример расчета объема поверхностных дождевых сточных и очистки вод конкретного объекта, на основании чего предложена конструкция автономных локальных сооружений с механической очисткой.

Для очистки поверхностных сточных вод используют методы, основанные на физических, химических и физико-химических процессах, протекающие в очистных сооружениях, или естественных биологических процессах самоочищения, протекающих в почве и водоемах.

Одним из направлений локальной очистки поверхностного стока является применение биоинженерных методов.

Проведенный анализ существующих биоинженерных сооружений очистки поверхностного стока показал возможность для Западного Урала применения фитофильтров, как наиболее универсального сооружения очистки поверхностного стока [16].

В настоящее время большое количество исследований по эксплуатации очистных сооружений направлено на определение возможности их использования в течение всего года. Например, в работе [17] показано, что эффективная эксплуатация сооружений накопительного типа для очистки поверхностных стоков промышленных предприятий и объектов может осуществляться в течение всех сезонов года, и является одним из примеров решения рационального водопользования.

Широкое применение находят технологии, позволяющие использовать очищенный поверхностный сток для производственного водоснабжения – в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете (Сибстрин) разработана технология очистки ливневых сточных вод, которая позволяет обеспечить их сброс в открытые водоемы или использование в оборотном техническом водоснабжении предприятий [18].

В настоящее время повышение требований за соблюдением природоохранного законодательства и требования к очистке загрязнённого поверхностного стока перед сбросом в водные объекты приводит к необходимости совершенствования технологий и конструкций очистных сооружений поверхностного стока. Сложный характер процессов формирования поверхностных сточных вод, периодичность образования и необходимость минимизации затрат на их строительство и обслуживание привело к проектированию и применению габионных конструкций, вписывающихся в естественные формы рельефа [19]. Отмечается, что простота и надежность конструкции дают основание продолжать разработки сооружений этого типа наряду с проектированием и строительством промышленных очистных сооружений.

Следует отметить, что использование габионных очистных фильтрующих сооружений, позволяющих очистить поверхностный сток и сохранить естественный вид берегов, находят широкое применение для очистки стоков с автомагистралей, с промышленных площадок техно- и индустриальных парков [20].

В настоящее время инженерные решения в виде компактных блочно-модульных и габионных очистных сооружений не деформируют природ-

ный ландшафт, вписываясь в него, и являются эффективным решением, позволяющим решить проблему очистки поверхностного стока в любом климатическом районе и значительно снизить нагрузку наводные объекты населенных мест [21].

#### Библиографический список

1. Литвенкова, И.А. Экология городской среды: Урбэкология: Курс лекций / И.А. Литвенкова. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2005 – 163 с.
2. Крашенинникова, С.В. Влияние урбанизированных территорий на формирование поверхностного стока / С.В. Крашенинникова // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2008. – № 10 (14). – С. 119–121.
3. Оценка загрязнения территории городского поселения от источников антропогенного воздействия на основе химического анализа снежного покрова на примере Дубны / О.А. Савватеева, Л.И. Алексеева, И.З. Каманина, С.П. Каплина // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 5. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=559>.
4. Орлов, Б.В. Управление стоком с территории мегаполиса: монография / Б.В. Орлов, И.Г. Бойкова, В.В. Волшаник. – 2-е изд., перераб. – М.: НИУ МГСУ, 2015. – 288 с.
5. Створчак, Т.В. Поверхностный сток с селитебных территорий Красноселькупского района как фактор загрязнения реки Таз / Т.В. Створчак, А.В. Рябуха, Е.А. Рябуха // Вестник НВГУ. – 2015. – № 1.
6. Барабанов, А.Т. Роль антропогенных и природных факторов в формировании стока талых вод / А.Т.Барабанов // Научно-агрономический журнал. – 2018. – № 1 (102). – С. 4–7.
7. Пospelова, И.Ю. Проблемы инженерных систем в особых условиях / И.Ю. Пospelова, Т.А. Данилец, М.Я. Пospelова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2014. – № 4 (9). – С. 90–97.
8. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
9. Коронкевич, Н.И. Сток с водосбора как источник диффузного загрязнения рек / Н.И. Коронкевич, С.В. Долгов // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 4 (72). – С. 103–110.
10. Петелько, А.И. Влияние глубины промерзания почвы на формирование стока талых вод / А.И. Петелько // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 18 (267), вып. 40. – С. 149–156.
11. Прожорина, Т.И. Исследование влияния поверхностного стока с селитебных территорий на загрязнение Воронежского водохранилища / Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина, Т.В. Нагих // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2018. – № 2. – С. 115–120.
12. Канцибер, Ю.А. Расчеты характеристик поверхностного стока систем водоотведения на селитебных и производственных территориях Северо-Запада РФ / Ю.А. Канцибер, А.Б. Пономарев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – Вып. № 1 (46). – С. 68–74.

13. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 27.12.2018 г.).

14. Ким, А.Н. Очистка поверхностного стока с урбанизированных территорий на локальных пассивных системах / А.Н. Ким, А.В. Михайлов // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 4 (72). – С. 40–51.

15. Клевеко, В.И. Расчет локальных очистных сооружений для автопарковки / В.И. Клевеко, В.О. Пикулева // Современная техника и технологии. – 2017. – № 5. – URL: <http://technology.snauka.ru/2017/05/13326/>.

16. Мелехин, А.Г. Анализ существующих биоинженерных сооружений очистки поверхностного стока и возможности их применения в условиях Западного Урала / А.Г. Мелехин, И.С. Щукин // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2013. – № 2. – С. 40–50.

17. Варюшина, Г.П. Практические аспекты эксплуатации очистных сооружений поверхностных сточных вод в зимний период / Г.П. Варюшина, О.Г. Примин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 1.

18. Очистка ливневых вод с территории промышленных предприятий / Ю.Л. Сколубович, Е.Л. Войтов, А.А. Цыба и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 4.

19. Калантаров, О.К. Новое – хорошо забытое старое. Габрионные очистные фильтрующие сооружения ливневого стока / О.К. Калантаров, Н.В. Полянникова, С.М. Чесалов // ЭкоREAL. Экология – Природа успеха. – 2006. – № 1 (3). – С. 78–83.

20. Габрионные очистные фильтрующие сооружения для очистки поверхностных сточных вод / С.М. Чесалов, Ю.А. Лион, В.В. Птицын, А.В. Малоземов // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ)/ – 2014. – № 9.

21. Распоряжение ДЖКХиБ г. Москвы от 12.10.2012 N 05-14-403/2 (ред. от 10.02.2014). Регламент технической эксплуатации сооружений централизованной системы водоотведения поверхностных сточных вод с территории города Москвы.

[К содержанию](#)