



УДК 556

ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

Воронина Ксения Петровна, аспирант
ФГБУН Институт водных проблем РАН
119333 Москва, ул. Губкина, 3.

Веницианов Евгений Викторович, д.ф.-м.н, зав. лабораторией охраны вод ИВП РАН
ФГБУН Институт водных проблем РАН
119333 Москва, ул. Губкина, 3

Аннотация. Представлен анализ процессов формирования, объемов и загрязненности поверхностного стока (ПС) в бассейне р. Яузы – притоке р. Москвы. Дается характеристика сооружений для очистки ПС и их эффективности в отношении приоритетных загрязняющих веществ – взвешенных веществ и нефтепродуктов. Охарактеризована концепция «губчатого города» – системы мероприятий по сбору и использованию дождевого стока в городе.

Ключевые слова: р. Яуза, взвешенные вещества, нефтепродукты, трансформация рельефа, водовыпуски, очистные сооружения, губчатый город.

Часть работы, связанная с формированием поверхностного стока, выполнена в рамках темы № 0147-2019-0004 Государственного задания ИВП РАН. Часть работы, связанная с формированием качества воды в малой реке Яузе выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50082.

Река Яуза – левый приток р. Москвы, впадает за 174 км от её устья. Длина реки 47.7 км, в том числе в пределах г. Москвы (внутри МКАД) – 27 км (56.6%). Площадь водосбора 450.52 км², в том числе в пределах г. Москвы 339 км² (76%).

Основная часть стока Яузы формируется внутри города, т.е. на сильно урбанизированных территориях.

Дождевые паводки в Яузе превышают весенние паводки снеготаяния. Расходы летней межени почти в два раза превышают расходы зимней.

Яуза на 70% состоит из стоков предприятий и канализации, соответственно – природной воды в ней только 30% [1].

Приоритетными загрязняющими вещества по уровню превышения ПДК являются нефтепродукты (НФП) и взвешенные вещества (ВВ), которые попадают в реку в основном с ливневыми стоками. Максимальная концентрация НФП в р. Яузе наблюдается ежегодно в период весеннего половодья и в осеннюю межень. Воды р. Яузы вызывают активное

загрязнение Москвы-реки НФП и ВВ. До впадения Яузы концентрация НФП и взвешенных веществ в воде р. Москвы значительно меньше, чем ниже по течению.

Характерными загрязнителями для поверхностного стока в городах являются ВВ. Около 80% по весу взвешенных веществ имеют размер частиц менее 0.05 мм, из них около 15% частицы 5 мкм [2]. Благодаря высокой удельной поверхности ВВ активно, с высокими коэффициентами распределения, сорбируют ТМ и СОЗ.

При развитии города происходит трансформация рельефа, которая существенно изменяет естественные условия приема и отвода атмосферных осадков:

- возникают водонепроницаемые покрытия;
- засыпаются естественные котлованы и тальвеги;
- трансформируется естественную гидрографическую сеть.

Застройка территории бассейна Яузы в пределах г. Москвы составляет около 50%. Она привела к утере большей части естественной гидрографической сети и замене ее искусственной сетью коллекторов и водостоков. В Москве уничтожены или изменены почти все природные ландшафты, засыпаны многие речки, ручьи и овраги, коэффициент урбанизации Москвы достигает 70%.

Происходит значительное загрязнение водных объектов города. Большинство свалок (почти 80%) расположено в поймах малых рек и в придолинных местностях, что приводит к масштабному химическому загрязнению поверхностных вод. Донные отложения, формирующиеся в водоемах и водотоках, содержат значительную часть загрязняющих веществ антропогенного происхождения (тяжелые металлы – ТМ, стойкие органические веществ – СОЗ).

Поверхностный сток перед сбросом в водные объекты должен очищаться с учетом требований нормативных документов [2].

Среди особенностей поверхностного стока, отличающих его от других категорий сточных вод, можно выделить:

- Эпизодичность образования.
- Значительные колебания расхода за время одного дождя.
- На урбанизированных территориях наблюдается изменение водного баланса территории с увеличением количества поверхностного стока в 2-4 раза и повышение пиковых расходов поверхностного стока ввиду низкой водозадерживающей способности.

Объединяющим элементом централизованной системы водоотведения в городе является водосточная сеть (дождевая канализация). Очистные сооружения устанавливаются, как правило, на устьевых участках крупных трубопроводов перед выпуском в реку,

На городском участке р. Яузы расположено 16 сооружений и 612 водовыпусков. Два сооружения – фильтры напорные сорбционные (ФНС) построены для очистки ливневого стока на МКАД, оснащены современным оборудованием и находятся под контролем дорожных служб, данные о качестве очистки на них отсутствуют, поэтому далее эти ФНС не включены в перечень обследованных ОС.

Общая площадь водосбора Яузы, сточные воды с которого очищаются хотя бы на самых простых сооружениях (пруды, щитовые сооружения) составляет 25650 га при площади водосбора Яуза в пределах Москвы – 33 900 га [3]. Большая часть сбросов поступает через *простые водосбросы*, которые не имеют очистных сооружений, хотя и они частично задерживают взвешенные вещества за счет их оседания при транспортировке по трубопроводам и которые периодически очищаются. Исследования показали, что ВВ хорошо сорбируют ТМ, поэтому очистка ливневого стока от взвесей одновременно снижает уровень его токсичности.

К централизованной системе водоотведения поверхностного стока ГУП «Мосводосток» (МВС) присоединено 1106 абонентов, по договору отводящих поверхностный сток с территории. Проблемой является отсутствие контроля за сбросами стоков с предприятий, которые содержат, в том числе, отходы производства и

хозяйственной деятельности и по составу существенно отличаются от загрязнения селитебных территорий.

Среди очистных сооружений 11 производят механическую очистку и фитоочистку путем отстаивания и фильтрации и только 3 сооружения – глубокую очистку путем реагентной фильтрации с плавающей загрузкой из пенополистирола и на фильтрах с углеволоконистой сорбционной загрузкой. Анализ данных по очистке от приоритетных загрязняющих веществ представлен в табл 1.

Таблица 1

Показатели эффективности очистных сооружений по бассейну р. Яузы для взвешенных веществ и нефтепродуктов

№	Очистное сооружение	Эффективность по ВВ – С/ПДК	Эффективность по НФП, С/ПДК
1	Пруд-отстойник Ичка	4,12	230
2	Сооружение камерного типа Осташковское	3,7	10
3	Сооружение камерного типа Сельскохозяйственная	4	4
4	Пруд-отстойник Копытовка	4	60
5	Пруд-отстойник Богатырское №2	3,8	7
6	Пруд-отстойник Богатырское № 3	3,7	4
7	Пруд-отстойник Богатырское № 5	3,2	8
8	Пруд-отстойник Богатырское №6	3,7	4,4
9	Пруд-отстойник Хапиловка	4	4
10	Щитовое ограждение Яуза	–	–
11	Сооружение глубокой очистки Лефортово-1	0,8	1
12	Сооружение глубокой очистки Лефортово-2	1	1
13	Пруд-отстойник Золотой рожок	4	6
14	Сооружение глубокой очистки Костомаровское	8	16

Обращает внимание низкая эффективность очистки в отношении НФП. Превышение ПДКрыбхоз по НФП достигает диапазона 1-230 со средним значением 25,5. Только два сооружения глубокой очистки «Лефортово-1» и «Лефортово-2» обеспечивают приемлемый уровень очистки ПС. Их суммарная производительность составляет 0,5% общей производительности очистных сооружений.

Ситуация с очисткой от ВВ немного лучше (среднее – около 3 ПДК).

Законодательство РФ предъявляет к качеству очищенных поверхностных сточных вод те же требования, что и к очищенным хозяйственно-бытовым и промышленным стокам. Необходимость очистки поверхностных сточных вод до уровня сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения ставит перед проектировщиками практически невыполнимую задачу обеспечения глубокой очистки при существующих в настоящее время затратах на строительство и эксплуатацию сооружений [4].

Решение проблемы – в изменении парадигмы городского хозяйства, направление на снижение уровня загрязнений в любом секторе городского хозяйства: строительстве, строительстве и эксплуатации дорог, водоотведении с территории, складирование мусора и отходов. Принцип простой – минимизация отходов в окружающую среду. Это целый комплекс больших и малых мероприятий. Участниками являются все слои населения и производители.

Опыт многих городов показывает, что возникают ситуации с недостаточной пропускной способностью систем ливневого стока. В частности в г. Москве за период с 2004 по 2016 гг. затопление в прибрежной зоне р. Яузы наблюдалось 8 раз. Частота затоплений не удовлетворяет нормам градостроительства, определяющим допустимую

вероятность затоплений 0,1, т.е. в среднем 1 затопление в 10 лет для данного класса территории.

Проблема наводнения улиц в городе является актуальной и требует эффективного управления поверхностным стоком. Одним из способов регулирования является концепция «губчатого города» (*sponge city*), которая активно развивается в Германии и Китае и заключается в создании соответствующей инфраструктуры.

Основная идея «губчатого города» – поглощение выпадающих на территорию осадков и накопление ее в созданной системе отведения в малые водоемы для дальнейшего использования. Этот подход наиболее эффективен на стадии проектирования, когда эта водосборная сеть создается с учетом рельефа местности и планируемых зданий. Необходимой частью проектов является создание поглощающих воду зеленых территорий, а также максимальное использование площадей для поглощения и аккумуляции дождевой воды. Очевидно, что кардинальная перестройка сложившихся селитебных территорий под стандарты «губчатого города» практически невозможна. Но отдельные элементы стратегии вполне применимы практически во всех городах – «зеленые» крыши и проницаемая для воды тротуарная плитка, озеленение территорий, использование пропускающих воду покрытий, где это возможно. В районах, отдаленных от центра, где еще не остались незастроенные территории необходимо использовать технологии «губчатого города» [5]. Это относится к бассейну Яузы.

Подобную технологию используют для борьбы с наводнениями и недостатком воды в 30 городах Китая, включая такие многомиллионные мегаполисы, как Шанхай, Ухань и Сямынь. К 2020 году власти надеются, что 80 % городских территорий станут впитывать и использовать, по меньшей мере, 70% дождевой воды. По данным China Daily, на эти цели выделено \$12 млрд. Этот подход также реализован в некоторых районах Берлина, самый известный из которых – Потсдамская площадь в центре города. Там практически весь выпадающий дождь аккумулируется на месте, не поступая в дождевую канализацию [6].

Список литературы:

1. Незнанова В.А. Изменение параметров формирования поверхностного и речного стока в современных условиях// Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. С. 74-76.
2. Щедрин В. Н., Балакай Г. Т., Полуэктов Е. В., Балакай Н. И. Условия формирования поверхностного стока. Прогноз причиняемого ущерба. Компенсационные мелиоративные мероприятия: монография / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 450 с
3. Радченко О.П., Москвичева Е.В., Ключков Д.П. Оценка степени загрязнения поверхностных сточных вод автотранспортных предприятий города Волгограда// Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура 2017. Вып.47(66). С.295-303.
4. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Производство и окружающая среда: учеб. пособие. М.: МГГУ, 2012. 336 с.
5. Технологию «губчатых городов» развивают Германия и Китай. Режим доступа <https://cleantechnica.com/2017/12/04/berlin-reusing/>
6. Марченко В.П. «Город-губка» как эффективное средство использования дождевых вод // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства. – 2019. С. 33-36

THE PROBLEM OF FORMATION AND PURIFICATION OF SURFACE RUNOFF IN THE CITY

Eugeny V. Venitsianov, Ksenia P. Voronina

Abstract. The analysis of the processes of formation, volume and contamination of surface runoff in the basin of the Yauza River, a tributary of the Moscow River, is presented. The characteristic of facilities for the purification of surface runoff and their effectiveness in relation to priority pollutants – suspended solids and petroleum products is given. The concept of a "sponge city" is characterized – a system of measures for the collection and use of rain runoff in the city.

Keywords: Yauza river, suspended substances, petroleum products, relief transformation, water outlets, sewage treatment plants, sponge city.