



Особенности технологии очистки ливневых вод в условиях Сочи

Организованное отведение и очистка дождевых вод является одним из основных требований благоустройства городов и важной проблемой охраны окружающей среды. В зависимости от физико-географического положения, климатических и геологических условий, эта проблема решается по-разному для большинства регионов нашей страны, в частности, для города Сочи [1, 3, 4].

Условия, влияющие на характер формирования потоков поверхностных сточных вод с территории Сочи, являются уникальными по сравнению с большинством других регионов и климатических зон Российской Федерации.

Из основных гидрометеорологических параметров, определяющих уникальность климата Сочинского курортного региона, можно выделить высокие показатели суммарной величины годовых атмосферных осадков (до 2500 мм/год), величины наблюдаемых суточных максимумов слоя атмосферных осадков (до 247 мм/сут.), количество дождей со слоем осадков более 10 мм (до 50 мм в год), интенсивность выпадения дождевых осадков (до 200 л/с на 1 га), а также незначительность зимнего периода с отрицательными среднесуточными температурами, что приводит к круглогодичному формированию достаточно больших объемов поверхностных сточных вод [3].

Значительное загрязнение поверхностных водоёмов стало неизбежным при развернувшимся в Сочи строительстве, что отразилось на ухудшении качества воды в реках рыбохозяйственного и питьевого назначения, а также в прибрежной зоне Чёрного моря. Особые условия формирования ливневых стоков, высокие требования к степени очистки ливневых вод, неравномерность расхода и состава поверхностного стока, необходимость обеспечения круглогодичной готовности к работе очистных сооружений — всё это требует принятия особого технологического решения в вопросе сбора, регулирования, очистки и сброса ливневых вод [2].

При выборе технологической схемы очистки ливневого стока с жилых территорий городов необходимо ориентироваться на следующие основные показатели качества воды: содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов, значения показателей БПК и ХПК.

Условия, влияющие на характер формирования потоков поверхностных сточных вод с территории города Сочи, являются уникальными по сравнению с большинством других регионов и климатических зон России

Рецензия эксперта на статью получена
21.11.2019 [Expert review on the article
received on November 21, 2019].

УДК 628.35. Научная специальность: 05.23.04

Особенности технологии очистки ливневых вод в условиях г. Сочи

Н. И. Куликов, д.т.н., профессор; Л. Н. Приходько, к.т.н., доцент, Сочинский государственный университет (СГУ, г. Сочи)

В статье предложена конструкция установки для очистки ливневых сточных вод. В конструкции предлагаемой пилотной установки был использован тонкослойный отстойник противоточного типа с пирамидальным дном для накопления и удаления выделившегося осадка. Для удержания необходимого количества микроорганизмов использована волокнистая насадка, разработанная и запатентованная авторами. Оптимальные условия работы пилотной установки были отработаны при использовании катион-активного флокулянта «Праестол 853», значительно снижающего количество взвешенных веществ в очищенной воде.

Ключевые слова: климатические условия, очистка ливневых вод, флокулянт, сорбционный фильтр, нефтепродукты.

UDC 628.35. Number of scientific specialty: 05.23.04

Features purification technology for storm water in the conditions of Sochi city

N. I. Kulikov, Doctor of Technical Sciences, Professor; L. N. Prikhodko, PhD, Associate Professor, Sochi State University (Sochi city)

The article proposes the design of the storm water treatment plant. In the design of the proposed pilot plant, a thin-layer sedimentation tank of counter-current type with a pyramidal bottom was used to accumulate and remove the released sediment. A fibrous nozzle developed and patented by the authors was used to retain the required number of microorganisms. Optimal operating conditions of the pilot plant were worked out using the cationic flocculant Praestol 853, which significantly reduces the amount of suspended solids in purified water.

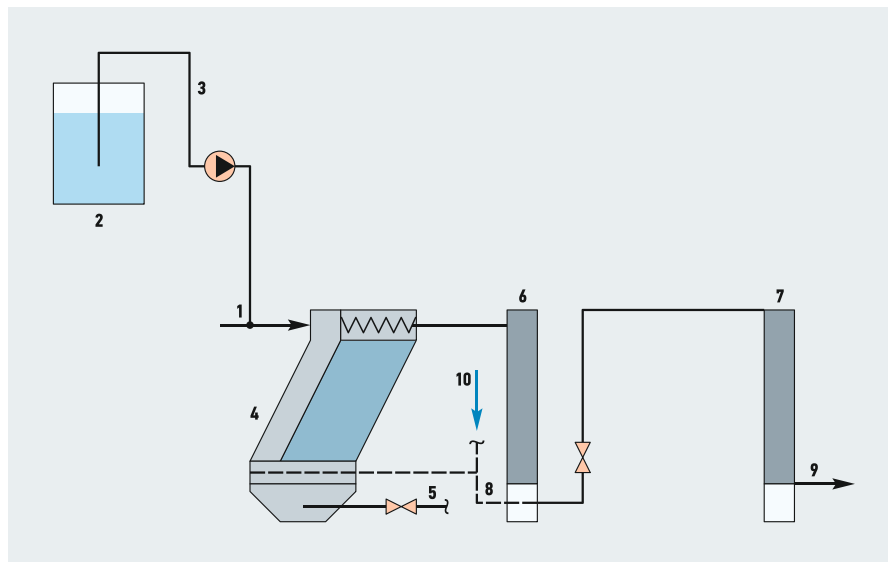
Keywords: climatic conditions, storm water treatment, flocculant, sorption filter, petroleum products.



Исходя из характеристик ливневого стока, наиболее целесообразными для его очистки могут предусматриваться сооружения механической и физико-химической очистки. В большинстве случаев состав очистных станций ливневой канализации включает в себя следующие технологические узлы: аккумулирующий резервуар, отстойник, двухступенчатые адсорбционные фильтры, систему обеззараживания воды, обезвоживания и подготовки к утилизации осадков [6, 7].

С целью изучения параметров работы локальных очистных станций ливневой канализации, в модельных условиях была разработана и смонтирована на площадке действующих очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации опытная установка. В качестве основного метода механической очистки, учитывая высокие требования к её эффективности для последующей очистки сорбцией, в установке был рассмотрен метод тонкослойного отстаивания. Отстаивание является одним из основных методов выделения из сточных вод взвешенных веществ, а применение тонкослойного отстойника для этих целей интенсифицирует процесс осветления [5]. Адсорбция является одним из наиболее перспективных методов выделения из поверхностных сточных вод ароматических углеводородов, нефтепродуктов и других органических веществ, в качестве адсорбента использовалась волокнистая загрузка типа «ёрш» [8], ранее не апробированная в очистке поверхностного стока.

В состав установки вошли: тонкослойный отстойник особой конструкции, две ступени адсорбционного фильтра — волокнистый (ершовый) и зернистый, объединённые между собой технологически трубопроводами обвязки. Также уста-



:: Рис. 1. Очистная установка дождевых вод [1 — сток из бака отстойника; 2 — расходный бак раствора флокулянта; 3 — подача флокулянта; 4 — тонкослойный отстойник; 5 — осадок на обезвоживание и утилизацию; 6 — первая ступень (ершовый фильтр); 7 — вторая ступень (колонка с сорбционным ершом); 8 — отвод регенерационных вод в бак отстойника; 9 — очищенный сток; 10 — воздух]

новка была оборудована реагентным хозяйством, включающим в себя рабочий бак раствора флокулянта, насос-дозатор и запорно-регулирующую арматуру.

На время проведения испытаний установку подключали к трубопроводу, подающему воду из накопительного резервуара в тонкослойный отстойник. На очистку подавался сток, привезённый с места выпуска неочищенной ливневой канализации в реке Сочи (Хлудовский ручей), предварительно отстаиванный в баке, играющем роль аккумулирующего резервуара-отстойника. Состав стока характеризуется следующими показателями: ПАВ — 3 мг/л, аммонийный азот — 5 мг/л, БПК_{полн} менее 50 мг/л, взвешенные вещества менее 200 мг/л, нефтепродукты менее 20 мг/л. Схема опытной установки представлена на рис. 1.

Пилотная установка работает следующим образом: ливневый сток из накопительного бака поступает по напорной линии в пазухи тонкослойного отстойника, куда насосом-дозатором добавляется раствор флокулянта «Праестол», в результате реагентного отстаивания сток осветляется в полощном пространстве и через водосборные лотки, расположенные над ним, направляется в двухступенчатый фильтр глубокой очистки. Фильтрация в первой ступени фильтра осуществляется сверху вниз, нисходящий поток проходит через ершовую загрузку и через перелив направляется на вторую ступень фильтрации, где движение воды проходит также сверху вниз через сорбционный фильтр с насадкой из углеволокна в виде «сорбционных ершей» [6].

В конструкции предлагаемой пилотной установки был использован тонкослойный отстойник противоточного типа с пирамидальным днищем для накопления и удаления выделившегося осадка. Тонкослойный отстойник выполнен из металла, полощное пространство состоит из пластиковых пластин толщиной 3 мм, расстояние между пластинами — 50 мм, размеры полощного пространства в плане 1×1 м и высотой 1,2 м, ширина пазух — 150 мм, габаритные размеры отстойника — 1,7×1,3 м, высотой 2,1 м. Для периодической регенерации полощного пространства под ним устроена система водовоздушной регенерации, состоящей из перфорированных пластмассовых трубок диаметром 32 мм. Тонкослойный отстойник данной конструкции широко используется в действующих комплектно-



блочных установках очистки бытовых сточных вод, а также при реконструкции действующих очистных станций. Основными параметрами режима работы тонкослойного отстойника являются скорость движения нисходящего потока осветляемой воды, обеспечивающая флокуляцию взвесей и хлопьеобразование, а также скорость движения воды и нагрузка на зеркало воды в полочном пространстве. В ходе экспериментов на тонкослойном отстойнике были получены следующие параметры: скорость нисходящего потока (в паузах) — 12–15 мм/с, скорость движения воды в полочном пространстве (восходящий поток) не более 5 м/ч (1,4 мм/с), нагрузка на зеркало воды — 5–6 м³/(м²·ч). Данные параметры позволили добиться 80–90% (с 200 до 20 мг/л) снижения загрязнённости воды по взвешенным веществам и 75% по нефтепродуктам (с 20 до 5 мг/л). Удаление нефтепродуктов происходит благодаря их адсорбции на образовавшихся за счёт флокуляции хлопьях, которые в процессе отстаивания остаются в пирамидальном днище.

Для глубокой очистки используются две ступени сорбционного фильтра — волокнистый и специальный. Грязеёмкость и скорость фильтрования являются основными параметрами работы сорбционных фильтров, они и были получены на пилотной установке.

Волокнистый фильтр на первой ступени представляет собой ёмкость в виде пластмассовой трубы диаметром 300 мм и высотой 2 м. Труба заполняется синтетической волокнистой насадкой — водорослями типа «ёрш». Применяются супертонкие (10 мкм) полиамидные в смеси с капроновой леской (сечение волокна — 0,2 мм, диаметр ерша — 140 мм, удельный вес — 140 г/п.м., объём загрузки — 0,17 м³).

В своей нижней части фильтр оборудован системой водовоздушной регенерации, состоящей из трёх трубчатых перфорированных аэраторов. Шаг ерша между осями составляет 100×100 мм, что позволяет максимально использовать

пространство фильтра. Ершовая нагрузка фильтра обладает развитой поверхностью 120 м²/м³ и гидравлическим сопротивлением 1 см/м, эффективная грязеёмкость (при которой вынос из фильтра взвешенных веществ не превышает 3–5 мг/л) этой ступени фильтра по взвешенным веществам составила 10 г/м², а по нефтепродуктам — 1,5 г/м² поверхности ершей.

Вторая ступень фильтра предназначена для снижения концентрации нефтепродуктов до уровня 0,05 мг/л. Она представляет собой такую же трубу, заполненную ершами с супертонкими углеволоками. Сток в фильтр подаётся через перфорированную трубу, расположенную внутри фильтра для максимального воздействия поверхности фильтра.

Обещанная производителем данного сорбента степень очистки по нефтепродуктам 96–98% при скорости фильтрования 5–6 м/ч была подтверждена анализами стока на выходе — концентрация нефтепродуктов снизилась с 3 мг/л до менее 0,05 мг/л.

Блок реагентного хозяйства предназначен для приготовления и подачи раствора флокулянта в пазухи тонкослойного отстойника. Работа коагулянта оказалась неэффективной по сравнению с флокулянтами, это связано с низкой карбонатной щёлочностью ливневого стока (менее 1 мг-экв/л), что характерно для поверхностного стока Сочинского региона.

В процессе гидролиза коагулянта приносятся ионы водорода, понижающие

Блок реагентного хозяйства предназначен для приготовления и подачи раствора флокулянта в пазухи тонкослойного отстойника. Работа коагулянта оказалась неэффективной по сравнению с флокулянтами, это связано с низкой карбонатной щёлочностью ливневого стока, что характерно для поверхностного стока Сочинского региона

величину pH стока, в результате происходит сдвиг pH, что приводит к ухудшению процесса коагуляции. Щёлочность воды играет роль буферной системы, которая не позволяет колебаться величине pH, ионы щёлочности нейтрализуют ионы водорода. Без регулирования pH применение коагулянтов для интенсификации удаления взвешенных веществ нецелесообразно. Оптимальные условия работы пилотной установки были отработаны при использовании катион-активного флокулянта «Праестол 853» — снижение взвешенных веществ составило 90%.

В связи с необходимостью готовности очистной станции к круглогодичной работе, каждый её узел должен иметь возможность к быстрой регенерации или замене. Так, в предложенной пилотной установке тонкослойный отстойник оснащён системой воздушной регенерации полочного пространства. Волокнистые сорбционные фильтры также легко регенерируются с помощью воздуха, подаваемого аэраторами системы регенерации, закреплёнными на дне фильтра. Регенерационные воды из тонкослойного отстойника и волокнистого фильтра отводятся в аккумулярующий резервуар, сорбционный, с углеволоками, регенерируется за счёт биологической саморегенерации в период между дождями.

Отсутствие эффективной системы очистки ливневых стоков города-курорта Сочи — это грязное Чёрное море и антисанитарная ситуация на территории пляжей. Применение новых эффективных технологий по очистке ливневых стоков является важнейшей задачей, стоящей перед руководством города. ●

- Куликов Н.И. Биологическая очистка воды (теория и практика) / Н.И. Куликов, М.Г. Зубов, Е.Н. Куликова и др. — Сочи: Типография «Дория», 2013. 289 с.
- Куликов Н.И. Водоотведение / Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, В.В. Омельченко и др. — М.: Ленанд, 2018. 406 с.
- Куликов Н.И. Создание искусственных круговоротов пресной воды, воздуха и пищевых продуктов / Н.И. Куликов, В.В. Омельченко, Е.Н. Куликова и др. — М.: Ленанд, 2017. 192 с.
- Куликов Н.И. Искусственные круговороты воды, воздуха и пищи как основа системы жизнеобеспечения нового поколения / Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, В.В. Омельченко и др. — М.: Ленанд, 2016. 129 с.
- Патент РФ на полезную модель №87720 (RU). МПК E03F1/00. Устройство для очистки ливневых вод / Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, Д.Н. Куликов и др. Заявл. 06.02.2009; опубл. 20.10.2009. Бюл. №29.
- Куликов Н.И. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков: теория и практика / Н.И. Куликов, А.Н. Ножевикова и др. — М.: Логос, 2015. 400 с.
- Карттунен Э. Водоснабжение II: пер. с финск. — СПб.: Новый журнал, 2005. 688 с.
- Патент РФ №2264252 (RU). МПК B01J19/30, C02F3/10. Каталитический ёрш-насадка для массообменных реакторов / Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, А.Ю. Кочетков. Заявл. 16.12.2003; опубл. 20.11.2005. Бюл. №32.

References — see page 94.

**Features purification technology for storm water in the conditions of Sochi city.
Pp. 27–29.**

Nikolai I. Kulikov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Lyudmila N. Prikhodko**, PhD, Associate Professor, Sochi State University (Sochi city)

1. N.I. Kulikov, E.N. Kulikova, M.G. Zubov et al. *Biologicheskaja ochistka vody (teorija i praktika)* [Biological water treatment (theory and practice)]. Sochi. OOO “Tipografija “Dorija” [“Doria” Printing House, LLC]. 2013. 289 p. [In Russian]
2. N.I. Kulikov, E.N. Kulikova, V.V. Omel’chenko et al. *Vodootvedenie* [Water disposal]. Moscow. *Izd-vo “Lenand”* [“Lenand” Publishing House]. 2018. 406 p. [In Russian]
3. N.I. Kulikov, E.N. Kulikova, V.V. Omel’chenko et al. *Sozdanie iskusstvennyh krugovorotov presnoj vody, vozduha i pishhevyh produktov* [The creation of artificial cycles of fresh water, air and food]. Moscow. *Izd-vo “Lenand”* [“Lenand” Publishing House]. 2017. 192 p.
4. N.I. Kulikov, E.N. Kulikova, V.V. Omel’chenko et al. *Iskusstvennye krugovoroty vody, vozduha i pishhi kak osnova sistemy zhizneobespechenija novogo pokolenija* [Artificial cycles of water, air and food as the basis of a new generation life support system]. Moscow. *Izd-vo “Lenand”* [“Lenand” Publishing House]. 2016. 129 p.
5. The utility model patent of Russia No. 87720 (RU). IPC E03F1/00. *Ustrojstvo dlja ochistki livnevyyh vod* [The device for storm water treatment]. N.I. Kulikov, E.N. Kulikova, D.N. Kulikov et al. Decl. on February 6, 2009. Publ. on October 20, 2009. Bull. No. 29.
6. N.I. Kulikov, A.N. Nozhevnikova et al. *Ochistka municipal’nyh stochnyyh vod s povtornym ispol’zovaniem vody i obrabotannyh osadkov: teorija i praktika* [Municipal wastewater treatment with reuse of water and treated sludge: theory and practice]. Moscow. *Logos* [“Logos” Publishing House]. 2015. 400 p.
7. Je. Karttunen. *Vodosnabzhenie II* [Water supply II]. Transl. from Finnish. St. Petersburg. *Novyy zhurnal* [“The new journal” Publishers]. 2005. 688 p.
8. The patent of Russia No. 22642252 (RU). IPC: B01J19/30, C02F 3/10. *Kataliticheskij jorsh-nasadka dlja massobmennyyh reaktorov* [Catalytic ruff-nozzle for mass transfer reactors]. N.I. Kulikov, E.N. Kulikova, A.Ju. Kochetkov. Decl. on December 16, 2003. Publ. on November 20, 2005. Bull. No. 32.