

ВСТ

ISSN 0321-4044

1
2013

WWW.VSTMAG.RU



ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

«Водоснабжение и санитарная техника» — 100 лет

Постоянное Бюро Всероссий-
ских Водопроводных и Сани-
тарно-технических Связей
Годъ I-й.
№ 2. Ноябрь.

МОСКВА---1913.

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Мельник Е. А., Рублевская О. Н., Панкова Г. А., Холодкевич С. В., Иванов А. В., Корниенко Е. Л., Сладкова С. В., Любимцев В. А., Куракин А. С. Биоэлектронная система контроля токсикологической безопасности биологически очищенных сточных вод 7

ПИТЬЕВОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Шишов С. Ю., Черняев Д. Д., Родин Н. В., Бычков Д. А., Риффель Е. В. Разработка и внедрение мероприятий по нормализации давления в системе водоснабжения г. Тюмени 14

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Кармазинов Ф. В., Мельник Е. А., Пробриский М. Д., Панкова Г. А., Михайлов Д. М., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю. Техническое обследование насосных станций системы водоотведения Санкт-Петербурга 20

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Швецов В. Н., Алексеев В. С., Морозова К. М., Смирнова И. И., Семенов М. Ю. Биосорбционно-мембранная технология восстановления качества подземных вод, загрязненных нефтепродуктами ... 30

Первов А. Г., Матвеев Н. А., Карасев П. Л., Мотовилова Н. Б. Очистка поверхностного стока от нефтепродуктов и СПАВ с использованием систем обратного осмоса 36

Попов Д. В., Фесенко Л. Н., Куликов Н. И. Исследование нового метода очистки поверхностного стока в г. Сочи 43

Ломинога О. А., Агапов Д. В., Большаков Н. Ю. Технология биологической очистки сточных вод с нитри-денитрификацией на очистных сооружениях г. Зеленогорска 47

ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Ломинога О. А., Агапов Д. В., Келль Л. С. Минимизация выделения фосфорсодержащих загрязнений при обработке осадков сточных вод 52

РЕКОНСТРУКЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Васильев В. М., Васильев Ф. В., Клементьев М. Н. Особенности строительства и реконструкции канализационных тоннелей в Санкт-Петербурге 56

ЗА РУБЕЖОМ

Кофман В. Я., Вишневы С. М. Водные проблемы в КНР 60

CONTENTS

ENVIRONMENTAL PROTECTION

Mel'nik E. A., Roublevskaya O. N., Pankova G. A., Kholodkevich S. V., Ivanov A. V., Kornienko E. L., Sladkova S. V., Lyubimtsev V. A., Kourakin A. S. Bioelectronic system of monitoring the toxicological safety of biologically treated wastewater 7

POTABLE WATER SUPPLY

Shishov S. Yu., Tchernyayev D. D., Rodin N. V., Bychkov D. A., Riffel E. V. Developing and implementing measures on pressure normalization in the water supply system of Tyumen city 14

POWER RESOURCES CONSERVATION

Karmazinov F. V., Mel'nik E. A., Probirsky M. D., Pankova G. A., Mikhailov D. M., Ilyin Yu. A., Ignatchik V. S., Ignatchik S. Yu. Technical inspection of sewage pumping stations in Saint-Petersburg 20

WASTEWATER TREATMENT

Shvetsov V. N., Alexeyev V. S., Morozova K. M., Smirnova I. I., Semyonov M. Yu. Biosorption membrane technology of restoring the quality of ground waters polluted with oil products 30

Pervov A. G., Matveyev N. A., Karasev P. L., Motovilova N. B. Removing oil products and detergents from surface runoff with the use of reverse osmosis systems 36

Popov D. V., Fesenko L. N., Koulikov N. I. Investigating an advanced method of surface runoff treatment in the city of Sochi 43

Lominoga O. A., Agapov D. V., Bol'shakov N. Yu. The technology of biological wastewater treatment with nitrification-denitrification at the Zelenogorsk wastewater treatment facilities 47

WASTEWATER SLUDGE TREATMENT

Lominoga O. A., Agapov D. V., Kell L. S. Minimizing the recovery of phosphorus-containing pollutants in the process of wastewater sludge treatment 52

RECONSTRUCTION OF SEWERS

Vasilyev V. M., Vasilyev F. V., Klementyev M. N. Specific features of sewer tunnel construction and rehabilitation in Saint-Petersburg 56

ABROAD

Kofman V. Ya., Vishnevsky S. M. Water problems in the People's Republic of China 60

С Новым годом!

Исследование нового метода очистки поверхностного стока в г. Сочи

Д. В. ПОПОВ¹, Л. Н. ФЕСЕНКО², Н. И. КУЛИКОВ³

¹ Попов Дмитрий Васильевич, аспирант, Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)

346428, Россия, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Просвещения, 132, тел.: (918) 101-42-38, e-mail: dem1@bk.ru

² Фесенко Лев Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водное хозяйство предприятий и населенных мест», Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)

Тел.: (86352) 55-3-34, e-mail: vhpinn@vh.srstu.novoch.ru

³ Куликов Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, Сочинский государственный университет туризма и курортного дела

354003, Россия, г. Сочи, Вишневым пер., 89, тел.: (9882) 36-36-26, e-mail: unpc23@rambler.ru

Приведены результаты исследований методов очистки ливневых вод в условиях г. Сочи. Описана опытная очистная установка, изучена работа основных узлов — тонкослойного отстойника и фильтров. Исследована кинетика отстаивания взвешенных веществ поверхностного стока. Определены рабочие характеристики тонкослойного модуля при реагентном отстаивании: скорость движения нисходящего потока осветляемой воды в пазах и восходящего — в полочном пространстве, нагрузка на зеркало воды в отстойнике. Теоретически обоснована и исследована эффективность использования волокнистого фильтра для очистки ливневых вод. Определена рабочая адгезионная емкость фильтра. Предложены методы регенерации узлов очистки.

Ключевые слова: тонкослойный отстойник, скорость потока, флокулянт, волокнистый фильтр, сорбция, адгезионная емкость, взвешенные вещества, нефтепродукты, регенерация.

The results of investigating storm water treatment technologies under the conditions of Sochi are presented. A pilot treatment plant is described, the operation of the basic units — lamella settler and filters — is considered. The kinetics of surface runoff suspended solids sedimentation is investigated. The performance characteristics of the lamella module during chemical sedimentation: downward clarified water flow rate in cavities, upward flow in plate spacing, and water surface loading were determined. The efficiency of using fibrous filter for storm water treatment was theoretically substantiated and studied. The service adhesive capacity of the filter was determined. The methods of the treatment unit regeneration are suggested.

Key words: lamella settler, flow rate, flocculant, fibrous filter, sorption, adhesive capacity, suspended solids, oil products, regeneration.

Отведение и очистка поверхностного стока является одним из основных требований благоустройства городов и важной задачей охраны окружающей среды. В связи с ростом загрязнения поверхностных вод, повышением требований к их очистке и ростом количества источников загрязнения оптимальное решение этой проблемы приобретает большое значение.

Современный Сочи — это, с одной стороны, самый крупный бальнеологический, уникальный приморский и горноклиматический курорт федерального значения, а с другой — быстро развивающийся город, столица Зимних Олимпий-

ских игр 2014 г. Строительство почти всех олимпийских объектов ведется с нуля и наносит очевидный вред экосистемам Сочинского курортного региона на всех уровнях. Столь крупное строительство обусловило значительное загрязнение поверхностных водоемов, что отразилось на качестве воды в реках, а также в прибрежной зоне Черного моря.

В условиях олимпийской стройки наиболее загрязненные поверхностные стоки поступают с временных строительных площадок совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер — «Альпика-Сервис», площадок обслуживания,

стоянок автотранспорта и вахтовых поселков вдоль берегов реки Мзымта. Площадь этих участков составляет 1–10 га. По данным действующих локальных очистных станций, концентрация загрязнений по БПК_{полн} колеблется от 1 до 50 мг/л, взвешенных веществ – от 10 до 1000 мг/л, нефтепродуктов – от 1 до 20 мг/л.

Локальные очистные сооружения ливневых вод не адаптированы к условиям Сочинского курортного региона. Они были построены по устаревшим типовым проектам, с фильтрующей загрузкой картриджного типа, сложны в эксплуатации, зачастую совершенно не учитывают особые климатические условия, не способны обеспечить выполнение чрезвычайно жестких требований к параметрам качества очищенной воды, рассчитанным на основе величин ПДК (в том числе взвешенных веществ 3 мг/л, нефтепродуктов 0,05 мг/л). Необходимо усовершенствовать существующие и на этой основе разработать новые методы очистки поверхностных вод, повышающие надежность и упрощающие эксплуатацию действующих очистных сооружений.

С целью изучения параметров работы локальных очистных станций ливневой канализации была разработана и смонтирована на площадке действующих очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации опытно-производственная установка. Исходя из состава ливневого стока, наиболее целесообразным для его очистки представляется блок сооружений механической

и физико-химической очистки. В качестве основного метода предварительной механической очистки стока, учитывая высокие требования по концентрации взвеси при последующем осветлении на фильтрах, было исследовано реагентное тонкослойное отстаивание, интенсифицирующее процесс осветления. Для выделения оставшихся на выходе из отстойника взвешенных веществ, нефтепродуктов и органических веществ применена ранее не апробированная в очистке поверхностного стока волокнистая загрузка типа «ерш» [1].

Установка включала тонкослойный отстойник, адгезионный волокнистый фильтр, сорбционный зернистый фильтр. Реагентное хозяйство состояло из емкости рабочего раствора флокулянта, насоса-дозатора, запорно-регулирующей арматуры. Раствор реагента дозировали в трубопровод, подающий воду из накопительного резервуара в тонкослойный отстойник. Очистке подвергали ливневый сток, привезенный с места выпуска в р. Мзымта и предварительно отстаиванный в накопительном баке, тем самым моделировали условия подачи стока из аккумулялирующего резервуара. Содержание взвешенных веществ в стоке составляло 200 мг/л, нефтепродуктов 20 мг/л. Технологическая схема пилотной установки представлена на рис. 1.

На первом этапе исследований изучали работу каждого узла отдельно, а затем всего очистного комплекса. По результатам экспериментов, проведенных на тонкослойном отстойнике, на-

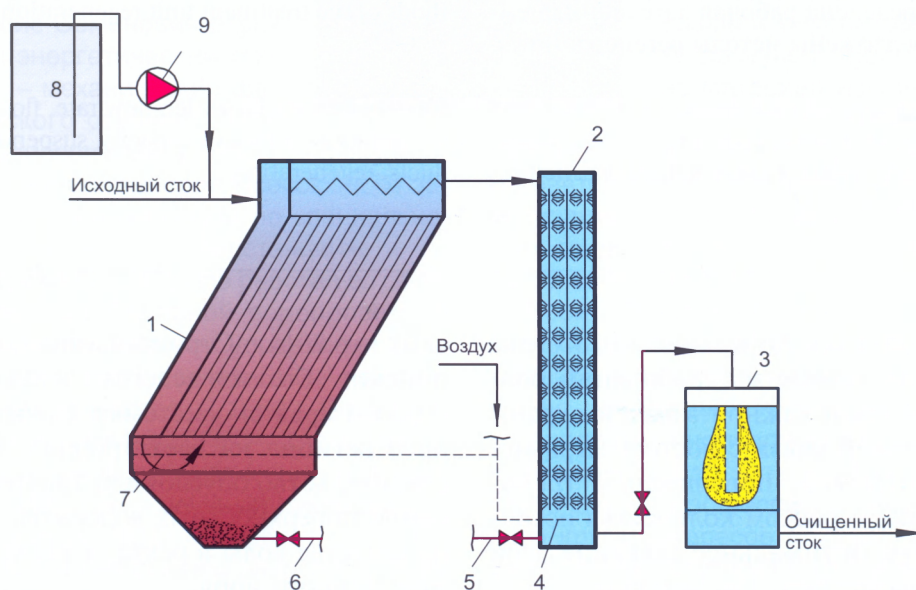


Рис. 1. Технологическая схема опытной установки

1 – тонкослойный отстойник; 2 – волокнистый адгезионный фильтр; 3 – зернистый сорбционный фильтр; 4 – барботер регенерации волокнистого фильтра; 5 – отвод регенерационных вод; 6 – подача осадка на обезвоживание и утилизацию; 7 – барботер регенерации полочного модуля; 8 – емкость раствора реагента; 9 – насос-дозатор

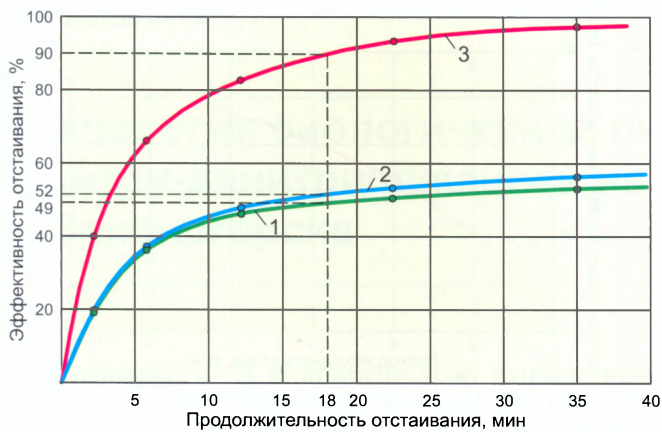


Рис. 2. Зависимость эффективности отстаивания поверхностного стока от продолжительности процесса 1 – исходный сток; 2 – то же, с коагулянт без подщелачивания; 3 – то же, с флокулянт

значали необходимые размеры волокнистого и зернистого сорбционного фильтров.

Предварительно была исследована кинетика седиментации взвеси стока, подаваемого на очистку. Опыт проводили с помощью торзионных весов в цилиндре со слоем воды 100 мм на трех моделях стока: исходный без добавки реагентов; исходный с добавлением коагулянта (сернокислый алюминий дозой 30–40 мг/л, используемый в регионе на большинстве работающих очистных установок поверхностного стока); исходный с добавлением флокулянта (Праестол 853 с предварительно подобранной дозой 1 мг/л). Как видно из рис. 2, введение коагулянта не давало заметного эффекта по сравнению с флокулянт, что связано с низкой карбонатной щелочностью ливневого стока (менее 1 мг-экв/л), характерной для поверхностного стока Сочинского региона. При гидролизе сернокислого алюминия вода подкислялась, что приводило к необходимости регулирования величины водородного показателя.

В пилотной установке был использован тонкослойный отстойник с восходящим движением потока и пирамидальным днищем для накопления и удаления выделившегося осадка. Данная конструкция отстойника хорошо зарекомендовала себя в комплектно-блочных установках очистки бытовых сточных вод и при реконструкции действующих очистных станций. Корпус выполнен из металла, полочное пространство — из листов винипласта толщиной 3 мм и расстоянием между ними 50 мм. Размеры полочного пространства 1×1 м, высота 1,2 м; ширина пазух регулируется от 50 до 150 мм; габариты отстойника 1,7×1,3×2,1 м. Для периодической регенерации полочного пространства под ним установлена система водовоздушной регенерации, кото-

рая состоит из перфорированных пластмассовых труб диаметром 32 мм.

Основными параметрами режима работы тонкослойного отстойника являются скорость движения нисходящего потока осветляемой воды в паузах отстойника, обеспечивающая флокуляцию взвесей и хлопьеобразование, а также скорость восходящего потока в полочном пространстве и нагрузка на зеркало воды. Исследования проводили при изменении расхода исходного стока (от 2 до 10 м³/ч) и ширины пазух.

Волокнистый фильтр представлял собой цилиндрическую пластмассовую емкость диаметром 300 мм и высотой 2 м, заполненную синтетическими водорослями «ерш» из смеси лески с лавсаном (сечение волокна 0,2 мм, диаметр «ерша» 140 мм, масса погонного метра 110 г, объем загрузки 0,14 м³, удельная поверхность 0,15 м²/г). Загрузка имела положительный заряд потенциала протекания, который практически пропорционально зависит от скорости фильтрования [2].

В условиях исследуемой опытной установки скорость протока находилась на уровне 70 м/ч, потенциал протекания при этом составил +22 мВ, что свидетельствует о возможности применения ершового фильтра для задержания отрицательно заряженных глинистых частиц [3]. В нижней части фильтр оборудован системой водовоздушной регенерации, состоящей из трех трубчатых аэраторов. Шаг ершей между осями в плане составлял 100×100 мм, что позволило максимально использовать объем фильтра, не оставляя свободного пространства между ершами. Суммарная площадь поверхности ершей фильтра 231 м².

Вторая ступень фильтра, предназначенная для снижения концентрации нефтепродуктов до уровня 0,05 мг/л, представляла собой тканевый мешок, заполненный зернистым сорбентом на основе природного алюмосиликата «С-ВЕРАД®». Сток подавался внутрь фильтра через перфорированную трубу, расположенную в объеме загрузки с целью максимального использования поверхности сорбента.

Установка работала следующим образом. Ливневый сток из накопительного бака поступал по напорной линии в пазухи отстойника, куда насосом-дозатором вводили раствор флокулянта. В процессе реагентного отстаивания сток осветлялся и через водосборные лотки, расположенные над полками, направлялся на фильтрование. На первой ступени фильтрование осуществлялось сверху вниз, нисходящий поток проходил через волокнистую ершовую загрузку и направлялся на вторую ступень, где глубоко

доочищался в зернистом сорбционном фильтре. При заданных условиях, согласно которым концентрация взвешенных веществ на выходе из отстойника должна быть не более 20 мг/л, из волокнистого фильтра – 3 мг/л, установка обеспечивала производительность 5 м³/ч.

Экспериментальные исследования показали, что 90% загрязнений оседает в отстойнике в течение первых 18 минут (при применении катионоактивного флокулянта Праестол 853). Как видно из рис. 3, необходимые показатели очистки по взвешенным веществам достигались при расходе 5 м³/ч и ширине пазух 50 мм. При этом скорость нисходящего потока в пазухах составляла 14 мм/с, скорость восходящего потока в полочном пространстве – 1,4 мм/с, нагрузка на зеркало воды – 5 м³/(м²·ч). Эффективность задержания взвешенных веществ составляла 90% (с 200 до 20 мг/л), нефтепродуктов – 75% (с 20 до 5 мг/л). Удаление нефтепродуктов происходило в результате их адсорбции на образовавшихся хлопьях, которые в процессе отстаивания накапливались в пирамидальном днище. Осадок удалялся под гидростатическим давлением открытием задвижки у пирамидального днища. Рабочая адгезионная емкость волокнистого фильтра, при которой вынос из фильтра взвешенных веществ еще не превышает 3 мг/л, составила 300 г/кг (рис. 4), нефтепродуктов – 70 г/кг. В сорбционном фильтре эффективность очистки по нефтепродуктам находилась на уровне 96–98% при скорости фильтрования 5–6 м/ч, концентрация нефтепродуктов снизилась с 3 до < 0,05 мг/л.

Каждый узел станции должен быть готовым к удобной и быстрой регенерации или замене. Так, в пилотной установке тонкослойный отстойник оснащен системой воздушной регенерации полочного пространства; волокнистый фильтр легко восстанавливался также продувкой воздухом, подаваемым аэраторами, закрепленными на дне фильтра; промывочные воды из тонкослойного отстойника и волокнистого фильтра отводились в аккумулирующий резервуар; загрузка сорбционного фильтра «С-ВЕРАД®» может полностью меняться в короткие сроки благодаря простой системе монтажа тканевого мешка с сорбентом (хомутами).

Выводы

Предложенная технология является перспективным направлением совершенствования методов и аппаратов очистки поверхностного стока с производственных площадок г. Сочи. Наиболее эффективно реагентное отстаивание в тонкослойном отстойнике в сочетании с адгезионным

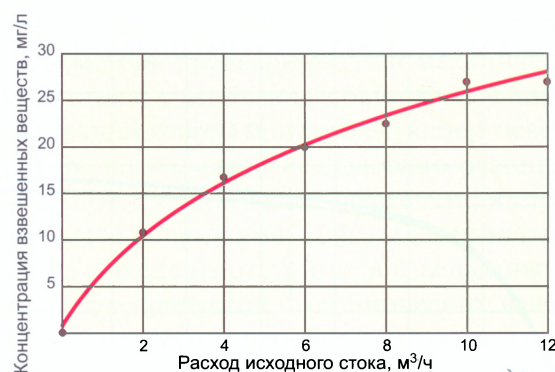


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки по взвешенным веществам в тонкослойном отстойнике от расхода исходного стока



Рис. 4. Зависимость грязеемкости волокнистого фильтра от концентрации взвешенных веществ на выходе из фильтра

волокнистым фильтром с ершовой загрузкой. По сравнению с традиционными для региона методами на исследуемой установке достигается более глубокая очистка, удовлетворяющая требованиям по основным загрязняющим компонентам. Применение катионоактивного флокулянта Праестол 853 позволяет снизить в 2 раза эксплуатационные расходы на реагенты (в сравнении с сернокислым алюминием). Предлагаемая технология повышает надежность работы сооружений очистки за счет удобства регенерации узлов технологической схемы и быстрой замены фильтровально-сорбционных элементов установки (при необходимости).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2264252, РФ. МПК С 02 F 3/10. Каталитический ерш-насадка для массообменных реакторов / Куликов Н. И., Куликова Е. Н., Кочетков А. Ю. // Изобретения. Полезные модели. 2005.
2. Куликов Н. И. Теоретические основы очистки воды. – Макеевка, ДГАСА, 1999.
3. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулятами. – М.: Наука, 1977.