

западных подступных ильменей производятся сельскохозяйственные попуски с размером расходов воды приблизительно 25 тыс. м³/с, при объемах стока 128-109 км³ уровень воды в дельте близится к отметке в 564-560 см, это позволяет залить весь нерестовый фонд, который составляет 520 тыс. га, из них 460 тыс. га – в дельте, в нижней зоне Волго-Ахтубинской поймы – 60 тыс. га; в Астраханской области – 455 тыс. га, т.е. все сенокосные угодья.

Таблица 2

Характеристика половодий при осуществлении попусков воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла за 2-ой квартал года

| Характеристика половодья | Объем стока за 2-ой квартал, км ³ | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | 135,4 | 130 | 120 | 110 | 90 | 85 | 80 | 75 |
| | Естественные условия | Зарегулированные условия стока | | | | | | |
| Ср. за 1930-1955 гг. | Рекомендуемые попуски | | | | При работе вододелителя | | | |
| Начало половодья | 27.04 | 27.04 | 27.04 | 27.04 | 30.04 | 29.04 | 29.04 | 29.04 |
| Пик половодья по водопосту г.Астрахани, см ^{*)} | $\frac{579}{285}$ | $\frac{565}{271}$ | $\frac{565}{271}$ | $\frac{561}{267}$ | $\frac{530}{236}$ | 681 | 648 | 657 |
| Дата наступления максимального уровня воды | 8.06 | 20-21.05 | 20-21.05 | 21-22.05 | 17.05 | 16.05 | 14.05 | 15.05 |
| Окончание половодья | 19.07 | 8.07 | 30.06 | 26.06 | 17.06 | 18.06 | 15.06 | 11.06 |
| Продолжительность, сутки | 84 | 73 | 65 | 61 | 49 | 51 | 48 | 44 |
| Промвозврат (полу-проходные, речные рыбы и проходная сельдь), тыс. т ^{**)} | 187 | 83 | 78 | 65 | 52 | 43/48 | 40/45 | 38/43 |

Примечания: с 1 января 1997 г. «0» графика водопостов Астрахани и Верхнего Лебяжьего составит – 28,0 м абс.; в числителе – данные по новому отсчету, в знаменателе – по-прежнему;

^{*)} – в условиях работы вододелителя уровни приводятся по водопосту Верхнего Лебяжьего;

^{**)} – числитель – без работы вододелителя, знаменатель – в условиях его эксплуатации

Приведенные в таблице значения промвозврата возможны только в условиях естественной повторяемости половодий различной обеспеченности стока.

Список литературы

1. Байдин С.С. Сток и уровни дельты Волги. М.: Гидрометеониздат. 1962. 337с.
2. Влоропаев Г.В.Иванова Т.В., Протопопова Т.Н. Исследование возможного формирования экологически благоприятных весенних попусков воды в Низовья Волги// Водные ресурсы. 1994. №1. Том 21. С.101-109.
3. Катунин Д.Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги. Астрахань. 2014. Изд-во КаспиНИРХ. 478 с.

УДК 628.33

ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А. Н. Ким¹, Е. О. Графова², Е. В. Давыдова³

¹Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(г. Санкт-Петербург, Россия)

²Петрозаводский государственный университет
(г. Петрозаводск, Россия)

³Астраханский государственный архитектурно-строительный университет
(г. Астрахань, Россия)

В данной работе проведен мониторинг качества воды в нижнем течении реки Волга и ее рукавов. Результаты проведенного исследования указывают на значительные сезонные колебания концентраций в воде загрязняющих веществ, причиной которых является смена гидрологических режимов. Полученные данные демонстрируют многократное превышение нормативных значений для поверхностных вод рыбохозяйственного водопользования по подавляющему большинству позиций. Для решения данной проблемы предложена двухступенчатая схема глубокой очистки сточных вод непосредственно в колодцах ливневой сети. Экспериментальным путем подтверждена эффективность такого технического решения.

Ключевые слова: сточные воды, двухступенчатое фильтрование, взвешенные вещества, нефтепродукты, водные ресурсы, концентрация загрязнений.

In this paper, the quality of water in the lower reaches of the Volga River and its branches has been monitored. The results of the study indicate significant seasonal fluctuations in the concentrations of pollutants in the water, the cause of which is the change in hydrological regimes. The obtained data demonstrate a multiple excess of the normative values for surface waters of fishery water use in the overwhelming majority of positions. To solve this problem, a two-stage scheme for deep wastewater treatment is proposed directly in the wells of the storm water network. Experimentally confirmed the effectiveness of such a technical solution.

Keywords: waste water, two-stage filtration, suspended substances, oil products, water resources, pollution concentration.

Негативное воздействие на окружающую среду является неизбежным следствием существования и деятельности человека, при этом уровень антропогенной нагрузки зачастую превышает природные возможности биологического самоочищения экологических систем.

В процессе жизнедеятельности человека и урбанизации городов происходит нарушение экологического баланса и постоянное увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду.

Так, годовой ущерб экологии от транспортного комплекса в России составляет около 1,5% валового национального продукта, при этом доля экологического ущерба от автомобилей – 63% [1].

Однако большая часть проводимых в России исследованиях воздействия урбанизации на экологию чаще всего сводятся к оценке загрязнения воздушной среды и шумового уровня, при этом внимание загрязнению прилегающей к автомобильной дороге и мостовому переходу территории, водоемов и грунтовых вод дорожными поверхностными стоками уделяется незначительно [2].

В крупных городах поверхностный сток представляет собой внушительные объемы загрязненных вод, которые чаще всего без очистки, с превышением норм ПДК в несколько, а иногда и в сотни раз, попадают в водные объекты и на прилегающую территорию, что противоречит требованиям природоохраны.

Как следствие – состояние водных ресурсов в целом по Российской Федерации в последние годы улучшается недостаточно. Сложившаяся неблагоприятная ситуация в первую очередь требует решения вопроса с водоотведением поверхностного стока.

Общий объем сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты находится на стабильно высоком уровне [3].

Интегральная схема для каждого федерального субъекта Российской Федерации за 2014 год с отображением доли загрязненных сточных вод в общем объеме водоотведения в поверхностные водные объекты с ранжированием по категориям приведена на рис. 1.



Рис. 1. Интегральная схема доли загрязненных сточных вод в общем объеме водоотведения в поверхностные водоемы (2014 г.)

Для оценки сложности ситуации в ходе настоящего исследования проведен мониторинг качества воды в нижнем течении реки Волга и ее рукавов, расположенных на территории Астраханской области. Выбор объектов обследования, обусловлен тем, что при охвате лишь 8% общей площади Российской Федерации с прилегающих территорий в Волжский бассейн производится сброс сточных вод более 45% всех промышленных и 50% сельскохозяйственных предприятий страны. Токсическая нагрузка на экосистему усиливается объемами загрязнений коммунального хозяйства и ливневыми стоками 442 городов [4].

Географически пойменная и дельтовая зоны бассейна располагаются в Прикаспийской низменности, образуя большую «сточную яму» накопления загрязнений по всему спектру элементов таблицы Менделеева [5]. Несмотря на физико-химические и биологические процессы, а также процессы полимеризации, приводящие к частичному самоочищению воды и снижению

миграционной способности загрязняющих веществ, в рукавах устья реки фиксируется максимум присутствия токсических соединений [6-7].

Для решения вопроса глубокой очистки поверхностного стока очень важно уже сегодня выбрать наиболее эффективную и целесообразную технологию очистки, основываясь на данных по объему поверхностного стока и его загрязненности. Качественные показатели степени очистки поверхностных сточных вод при сбросе их в водные объекты представлены в табл. 1, 2.

Стоит отметить, что в России, в отличие от других стран, к качеству очищенной сточной воды предъявляются более высокие (в некоторых случаях и чрезмерно жесткие) требования. Если сопоставить требования по удалению из сточной воды органических и химических загрязнений, можно выявить ингредиенты, которые нужно удалить в первую очередь. Удаление остальных загрязнений будет происходить в качестве сопутствующего эффекта [8].

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, которые допускаются к сбросу в централизованные дождевые системы водоотведения

| Параметры | Допустимое значение концентрации загрязняющих веществ в натуральной пробе |
|---------------------------|---|
| Взвешенные вещества, мг/л | 300 |
| БПК ₅ , мг/л | 7,0 |
| Азот аммонийный, мг/л | 1,2 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,5 |

Таблица 2

Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, которые допускаются к сбросу в водные объекты рыбохозяйственного назначения

| Параметры | Допустимое значение концентрации загрязняющих веществ в натуральной пробе |
|---------------------------|---|
| Взвешенные вещества, мг/л | 10 |
| БПК ₅ , мг/л | 3,0 |
| Азот аммонийный, мг/л | 0,39 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,05 |

Двухступенчатая схема фильтрования для глубокой очистки поверхностного стока позволяют получать высококачественную воду, которая соответствует нормам и ПДК для сброса в водоемы. При этом предлагаемый метод, является экономически целесообразным, т.к. фильтрующие модули монтируются в существующую сеть ливневой канализации, и не требует дополнительного строительства сооружений, а так же не занимают свободные зоны городского пространства. При нормальной работе очистного устройства фильтрация очищаемой жидкости происходит через боковую (вертикальную) и нижнюю (донную) поверхности фильтрующего модуля. Конструкция фильтрующего модуля первой и второй ступени при сверхнормативном расходе ливневых стоков предусматривает возможность перелива жидкости через его верхнюю часть первой ступени (рис. 2).

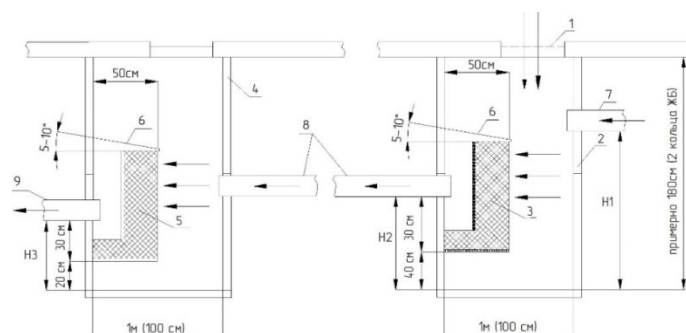


Рис. 2. Схема очистки поверхностного стока двухступенчатым фильтрующим модулем:

1 – люк с решеткой; 2 – колодец дождеприемный с фильтрующим модулем первой ступени – 3; 4 – колодец дождеприемный с фильтрующим модулем второй ступени – 5; 6 – козырек защитный; 7 – подводный трубопровод (вариант) $H1-H2 \geq 300$ мм; 8 – соединительный трубопровод; 9 – отводящий (сбросной) трубопровод $H2-H3 \geq 200$ мм

Для подтверждения эффективности глубокой очистки поверхностного стока по двухступенчатой схеме фильтрования были проведены испытания. Для проведения испытаний использовался испытательный стенд (рис. 3). Испытания были проведены на современном техническом уровне в условиях приближенных к натурным.

На испытательном стенде очистке подвергалась исходная модельная вода (ИМВ), которая приготавливалась на водопроводной воде путем добавления в нее навески мелкозернистого песка дисперсностью 50-150 мкм, а также мерной порции нефтепродуктов (отработанное машинное масло) с тем, чтобы концентрация взвешенных веществ (ВВ) в ИМВ составляло порядка 200 мг/л, а нефтепродуктов (НП) – 10 мг/л.

Технологическая схема испытательного стенда предусматривала последовательное напорное двухступенчатое фильтрование, при котором обеспечивалась непрерывность потока фильтрования на первой и второй ступенях очистки.

Приготовление ИМВ производилось в баке 1 вместимостью 100 л, устанавливаемым на заданной высоте (см. рис. 2), где осуществлялось постоянное перемешивание при помощи электромешалки 2. Из бака 1 ИМВ поступала по прозрачному полиэтиленовому шлангу в фильтровальную колонку первой ступени 3 диаметром 50 мм, выполненную из оргстекла.

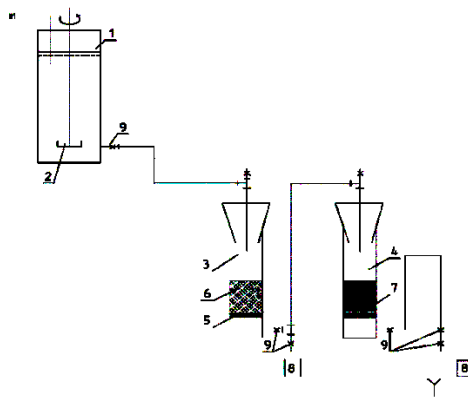


Рис. 3. Схема испытательного стенда двухступенчатого фильтрующего модуля:

1 – бак исходной модельной воды (ИМВ); 2 – мешалка; 3 – фильтровальная колонка первой ступени; 4 – фильтровальная колонка второй ступени; 5 – подложка из волокнисто-пористого полиэтилена; 6 – фильтрующий материал торфосорбент; 7 – сорбционный материал (БАУ); 8 – пробоотборник; 9 – зажим, регулятор расхода

В колонке 3 фильтрующая загрузка состояла из 2-х слоев: нижний слой в виде подложки 5 из волокнисто-пористого полиэтилена толщиной 4 мм (фильтрующий элемент ФЭС-Пл-700Х2000-4 «ФФМК, ТУ 2291-001-27536148-2013»), а верхний слой 6 – ТОРФОСОБЕНТ толщиной слоя 200 мм (материал фильтрующий, изготовленный из верхового торфа моховой группы по ТУ 039133-001-12872024-16).

Расход очищенной воды на выходе из колонки 4, а следовательно и заданная скорость фильтрования, регулировался зажимом 9 таким образом, чтобы скорость фильтрования в колонках 3 и 4 имела задаваемое значение – 5; 7,5; 10 м/ч, при этом расход воды определялся при помощи мерной емкости (цилиндра, пробоотборника) 8 и секундомера.

Отбор проб воды для анализа производился через заданные промежутки времени (1 час) в течение фильтроцикла продолжительностью в одном опыте 5 часов. Содержание ВВ определялось на фотоэлектрокалориметре ФЭК-56М, а нефтепродукты – флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

Результаты испытаний. Рабочие параметры режимов работы фильтрационных колонок 3 и 4 (рис. 3).

Содержание загрязнений в исходной модельной воде ИМФ, поступающей на колонку 3: взвешенные вещества ВВ – 200 мг/л; нефтепродукты НП – 10 мг/л.

Задаваемые скорости фильтрования на обеих колонках – V_f , м/ч: 5; 7,5; 10.

Продолжительность фильтроцикла в одном опыте – 5 ч.

Число опытов в одной серии – 3.

Осредненные результаты опытов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели качества очищенной воды после первой и второй ступени очистки

| Серия опытов | V_f , м/ч | Первая ступень, мг/л | | Вторая ступень, мг/л | |
|--------------|-------------|----------------------|-----------|----------------------|-------------|
| | | ВВ | НП | ВВ | НП |
| 1 | 5 | 7,1–7,8 | 0,22–0,31 | 5,7–6,4 | 0,037–0,042 |
| 2 | 7,5 | 8,8–10,7 | 0,27–0,36 | 4,8–5,3 | 0,045–0,052 |
| 3 | 10 | 12,9–17,3 | 0,43–0,55 | 7,3–1,5 | 0,055–0,068 |

Из табл. 3 видно, что при скорости фильтрования 7,5 м/ч достигаются приемлемые параметры очистки, соответствующие нормам сброса очищенных поверхностных стоков в природные водоемы, по нефтепродуктам – 0,05 мг/л.

Вывод. Двухступенчатая схема фильтрования для глубокой очистки поверхностного стока (ФМС-2ДВ «ЭКОВОД») с учетом новых технических решений, обеспечивает качество очищенного поверхностного стока по взвешенным веществам 5 мг/л, по нефтепродуктам – 0,05 мг/л.

Список литературы

1. Ильина А.А. Экологические аспекты очистки поверхностных стоков с автомобильных дорог. – М., 2004. – (Сб. науч.-метод. работ по повышению уровня обоснованности проектов автомоб. дорог и сооружений на них / Союздорпроект; Вып. 7).
2. Ильина А.А. Влияние автомобильного транспорта на загрязнение поверхностных стоков с автомобильных дорог и мостов // Новости в дор. деле: Науч.-техн. информ. сб. / ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР». – М, 2004. – Вып. 2.
3. А.Н.Ким, А.В.Михайлов, Е.О.Графова. Технические аспекты поверхностного стока с урбанизированных территорий. Монография/ Санкт-Петербург, 2017.
4. Садчиков П.Н., Давыдова Е.В. Определение параметров концептуальной модели управления качеством очистки поверхностных сточных вод // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 11 (110). С. 1408–1414.
5. Ким А.Н., Давыдова Е.В., Полянская Д.И. Отведение и очистка поверхностного стока в Астрахани: современное состояние и перспектива развития // Градостроительство и архитектура. 2016. № 2 (23). С. 31-35.
6. Графова Е.О., Кузьменков А.А. Водоотведение и очистка поверхностных стоков. Особенности проектирования и очистки: учеб. пособ. Петрозаводск: ПетрГУ, 2015. 52 с.
7. Сизов А.А., Серпокрылов Н.С., Каменев Я.Ю. Методика выбора технологии очистки периодических сбросов сточных вод // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. №4(8). С.71–74.
8. Ким А.Н., Давыдова Е.В. Модернизация фильтрующего модуля ФМС на дождевой канализационной сети // Изв. Вузov. Строительство. 2017. № 7. С. 48-58.