

дуальные директивы ЕС о безопасности труда на рабочих местах), 98/24/ЕС, 2000/54/ЕС, 2002/44/ЕС, 2003/10 ЕС, 2004/40 ЕС, 2004/37 ЕС (директивы о защите работников от химических, физических и биологических рисков, канцерогенов и мутагенов).

7. **В.В. Тихоненко** Идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков на АЭС / В.В. Тихоненко // Проблема безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2010. – Вип. 13. – С. 60-69.

8. Разработка и реализация первоочередных мер по снижению критических рисков травмирования в основных подразделениях ОАО «Высокогорский ГОК» / **Лагутин К.И., Напольских С.А., Кузнецов А.В.** и др. // Библиотека горного инженера-руководителя. – М.: Горная книга, Вып.11. – 2011. – 48 с.

9. **Муртонен М.** Оценка рисков на рабочем месте – практическое пособие / **М. Муртонен** // технический исследовательский центр Финляндии, 2007. – 66 с.

10. **Копыгин В.А.** Совершенствование методов анализа производственного травматизма при эксплуатации очистных механизированных комплексов: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охрана труда» / **В.А. Копыгин**; госуд. Восточн. научно-исследоват. ин-т по безопасности в горной промышл. – Кемерово, 2000. – 20 с.

11. **А.Н. Ширяев** Статистический последовательный анализ, М.: Наука, 1969

12. Математическая энциклопедия (в 5 томах) /Под ред. **И.М. Виноградова.** - М.: Сов. энциклопедия, 1977.

13. **Варпаховский Ф.Л., Солодовников А.С.** Алгебра. Элементы теории множеств. Линейные уравнения и неравенства. Матрицы и определители. - М.: Педагогика, 2004,- 160 с.

14. **Завало С.Т., Костарчук В.Н., Хацет Б.И.** Алгебра и теория чисел. Часть I - Киев: Вища школа, 1977. - 398 с.

15. **Куратовский К., Мостовский А.** Теория множеств. – М.: 2000 – 400 с.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.14

УДК 628.212.2

Н.Н. ПОЛОЦКАЯ, Т.И. БУРЛАЧЕНКО, Е.Н. СТЕБЕЛЬСКАЯ, О.В. СТЕБЕЛЬСКАЯ,  
Н.Н. ГОРОН, В.В. БЕЛОУСЕНКО, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

## ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В статье предлагаются очистные сооружения для очистки нефтесодержащих ливневых сточных вод городов Украины.

Ключевые слова: вода, стоки, очистные сооружения, очистка, утилизация, осадки.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленности и сельском хозяйстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

Рост городов, бурное развитие промышленности, сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Вода - ценнейший ресурс, который жизненно необходим для жизнедеятельности человека. Дождевые стоки - это один из удобнейших источников технической и питьевой воды. Однако для использования в качестве технической, а тем более питьевой - жидкость не должна содержать вредных примесей.

Большая часть поверхностной (дождевой) воды после ее очистки возвращается в реки в виде очищенных сточных вод.

В настоящее время особое значение имеет развитие современных систем очистки и отведения нефтесодержащих ливневых сточных вод, обеспечивающих высокую степень защиты окружающей природной среды от загрязнений.

Значительно влияют на ухудшение качества воды водоемов возвратные дождевые и талые воды с урбанизированных территорий - городов, полигонов отходов, свалок, сельхозугодий, объектов, находящихся на не канализованных территориях.

На современном этапе важным направлением рационального использования водных ресур-

сов Украины является разработка новых технологических процессов очистки загрязненных дождевых и талых вод.

В процессе очистки, как и в любом другом технологическом процессе, имеется сырье (загрязненные воды) и готовая продукция (очищенная вода).

Очистка дождевых и талых вод, сбросных вод после мойки транспорта предполагает обработку с целью разрушения или удаления из них вредных веществ.

Выбор методов очистки дождевых и талых вод, разработка на их основе технологической схемы очистки обосновываются теоретическими основами технологии кондиционирования воды, учитывающими концентрации загрязняющих веществ, их фазово-дисперсное состояние, а также особенности использования для очистки и доочистки загрязненных вод гидробионтов разных трофических уровней.

**Анализ исследований.** Технологический отдел КП «САНСЕРВИС» Управления благоустройства и жилищной политики исполкома Криворожского городского совета постоянно проводит контроль качества и состав ливневых сточных вод, сбрасываемых в городские водоёмы.

Степень загрязнения дождевых и талых вод зависит от ряда факторов: географического расположения объекта, климатических условий региона, интенсивности и продолжительности выпадения атмосферных осадков, загрязненности воздушного бассейна, санитарного состояния бассейнов водосбора, вида поверхностных покрытий территорий; наличия поблизости промышленных зон, автомобильных дорог и объема транспортных нагрузок.

Основными ингредиентами, загрязняющими дождевые, талые воды, сбросные воды от мойки транспорта, являются взвешенные вещества, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), азотсодержащие соединения, соли тяжелых металлов.

Нефть и нефтепродукты на современном этапе являются основными загрязнителями внутренних водоемов. Попадая в водоемы, они создают разные формы загрязнения: плавающую на воде нефтяную пленку, растворенные или эмульгированные в воде нефтепродукты, осевшие на дно тяжелые фракции и т.д. При этом изменяется запах, вкус, окраска, поверхностное натяжение, вязкость воды, уменьшается количество растворенного в ней кислорода, появляются вредные органические вещества, вода приобретает токсические свойства и представляет угрозу не только для гидробионтов, но и для человека. 12 г нефти делают непригодной для употребления тонну воды.

Вызывает серьезное беспокойство загрязнение водоемов пестицидами, инсектицидами и минеральными удобрениями, которые попадают с полей вместе со стоком дождевых и талых вод. Доказано, что инсектициды, содержащиеся в воде в виде суспензий, растворяются в нефтепродуктах, которыми загрязнены реки и озера. Это взаимодействие приводит к значительному ослаблению окислительных функций водных растений. Попадая в водоемы, пестициды накапливаются в планктоне, бентосе, рыбе, а по трофической цепи попадают в организм человека, действуя отрицательно как на отдельные органы, так и на организм в целом.

В реках и других водоемах происходит естественный процесс самоочищения воды. Однако он протекает медленно. Когда сбросы были невелики, реки сами справлялись с ними. В наш индустриальный век в связи с резким увеличением количества попадающих в водоемы и почву загрязняющих веществ последние уже не справляются со столь значительной нагрузкой. Возникла необходимость обезвреживать, очищать дождевые и талые воды, утилизировать их путем повторного использования очищенных возвратных вод для полива, мойки транспорта.

**Постановка задачи.** Управление градостроительства и архитектуры Криворожского горисполкома совместно с КП «Кривбассводоканал», КП «САНСЕРВИС» поставили задачу перед ГП «ГПИ «Кривбасспроект» о проектировании ливневой канализации, очистных сооружений ливневых нефтесодержащих сточных вод с применением более высокоэффективных методов механической очистки ливневых сточных вод.

Решение данной задачи позволит обеспечить удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов из ливневых сточных вод до 90 %.

**Изложение материала и результаты.** Наибольшее внимание при проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции очистных сооружений ливневых сточных вод уделяется разработке новых технологических решений в вопросах улучшения качества очищенных сточных вод, а также обработки и утилизации осадков, образующихся на сооружениях.

Для загрязненных дождевых, талых и сбросных моечных вод определяющим загрязняющим

веществом для выбора способов их очистки являются взвешенные вещества, концентрация которых в этих водах значительно - в 10-100 раз - превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) при сбросе возвратных вод в водоемы.

Эти загрязнения могут быть отнесены к I группе дисперсности, которые наиболее рационально извлекаются на установках и сооружениях механической очистки (песколовках, нефтеловушках, гидроциклонах, процеживателях, ситах, отстойниках и пр.).

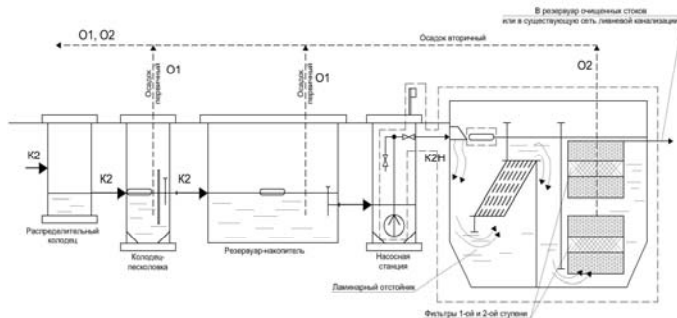
Степень очистки дождевых вод от грубодисперсных взвешенных веществ на этих сооружениях достигает 85-90 %, но даже остаточная концентрация 20-40 мг/л не соответствует нормативным требованиям, допускающим водоотведение возвратных вод с концентрацией взвешенных веществ менее 12-15 мг/л.

Не менее значимыми загрязнениями дождевых, талых и мочных вод являются мелкодисперсные взвешенные вещества, вещества коллоидной степени дисперсности, нефтепродукты в состоянии эмульсий. В загрязненных дождевых водах органические высокомолекулярные загрязняющие вещества, как растворенные, так и коллоидной степени дисперсности, контролируются по химическому потреблению загрязненной водой кислорода (ХПК) или биохимическому потреблению кислорода за 5 суток (БПК5).

Концентрация нефти и нефтепродуктов в загрязненных дождевых водах определяется как эфирорастворимые вещества (эти вещества в воде мало растворимы).

Институт «Кривбасспроект» в рабочих проектах «Ливневая канализация и очистные сооружения промплощадки шахты «Родина», шахты им. газеты «Правды», шахты «Гвардейская», шахты «Восточная» и многих других предусмотрел новейшую технологию очистки ливневых нефтесодержащих сточных вод.

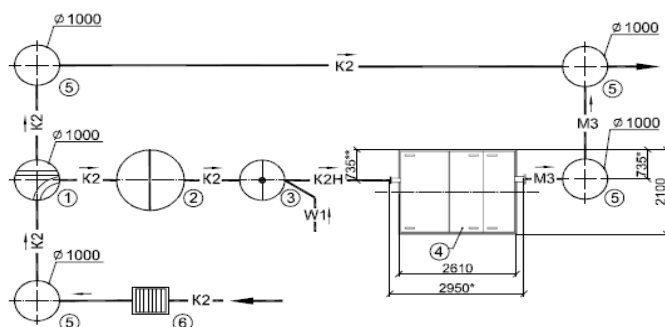
Для очистки ливневых нефтесодержащих сточных вод на территории шахт и промплощадок предусмотрены очистные сооружения. В состав очистных сооружений входят: песколовка-гидрозатор (резервуар); насосная станция для подачи воды на установку; установка для очистки ливневых стоков ВЛМ; резервуар очищенных стоков.



**Рис. 1.** Принципиальная схема очистки ливневых сточных вод: 1 - песколовка – резервуар, предназначенный для задержания крупного мусора, песка, жиров и частично нефтепродуктов; 2 - резервуар-накопитель предназначен для накопления очищенных ливневых вод; 3 - насосная с фекальным насосом, укомплектованная автоматикой, трубопроводами и арматурой, предназначена для подачи сточных вод на установку ВЛМ; 4 - установка ВЛМ – подземный контейнер для очистки ливневых нефтесодержащих сточных вод; 5 –

смотровые колодцы; 6 - ливнеприёмник

Подача стока на установку осуществляется автоматически фекальным насосом. Трубопроводная обвязка насоса, за счёт сбросного трубопровода и арматуры, позволяет отрегулировать оптимальную расчётную подачу стока на установку.



**Рис. 2.** Технологический разрез очистных сооружений

Ливневые сточные воды поступают на очистку с концентрацией:

- взвешенных веществ (В.В.) - 500 мг/л;
- нефтепродуктов (Н.П.) - 50 мг/л.

Ливневые сточные воды с площадок собираются в резервуаре-накопителе и далее направляются на проектируемые очистные сооружения. После очистки вода поступает в резервуар очищенных вод или в существующую сеть ливневой канализации.

Установки ВЛ.М-1/20 Украинско-Российского экологического предприятия «Комплект Экология» Украина г. Днепропетровск предназначены для удаления нефтепродуктов и взвешенных веществ из ливневых сточных вод.

В этих установках решаются следующие вопросы: механическая очистка ливневых нефте-содержащих сточных вод; удаление песка; аккумулярование (усреднение) стока; подача стока на установку; выпуск очищенного стока.



Рис. 3. ВЛ.М-1/20 производительностью 1...20 л/с

Установка ВЛ.М-1/20 представляет собой прямоугольный резервуар из нержавеющей стали заглубленный в грунт с утепленными крышками. Резервуар – блок емкостей разделен перегородками на технологические зоны:

- зона коалесценции (слияние капель при соприкосновении);
- зона сепарации;
- зона фильтрации.

Первая зона коалесценции оборудована съемной касетой с четырьмя коалесцирующими пластинами.

Вторая зона сепарации оборудована сепаратором, состоящим из тонкослойных пластмассовых модулей.

Третья зона фильтрации оборудована съемными касетами с многослойной фильтрующей загрузкой:

- верхний слой - пористые пластмассовые гранулы с высокой грязеемкостью;
  - средний слой - специальный синтетический сорбент с высокой сорбционной емкостью;
  - нижний слой - специальный синтетический сорбент с высокой сорбционной емкостью.
- Каждый слой разделен пластмассовой сеткой.

Кассеты устанавливаются на резиновых пористых прокладках и прижимаются специальными эксцентриковыми фиксаторами с регулировочными болтами, что обеспечивает полную герметизацию.

Поверхностная сточная вода является одновременно суспензием и эмульсией.

Нефтепродукты и взвешенные вещества крупной дисперсии всплывают и оседают при достаточно коротком времени гидравлической задержки (2÷15 минут), что составляет 70÷90 % общего количества загрязнений.

Остальные 20÷30 % загрязнений представляют собой суспензии и эмульсии (соответственно  $BV < 0$  мг/л,  $НП < 50$  мг/л).

В соответствии с вышеизложенным построена технология очистки поверхностного стока по стадиям:

- на первой – простейший отстойник;
- на второй – коалесценция – разрушение эмульсий (нефтепродуктов);
- на третьей – сепарация укрупненных нефтепродуктов и взвешенных веществ (ламинарный отстойник);
- на четвертой - фильтрация, в основном, взвешенных веществ в слое пористых гранул с высокой грязеемкостью;
- на пятой - I ступень сорбции нефтепродуктов специальным сорбентом и фильтрация взвешенных веществ (фильтр I ступени);
- на шестой - II ступень сорбции нефтепродуктов специальным сорбентом и фильтрация взвешенных веществ (фильтр II ступени).

Сток под напором подается на установку и поступает в камеру гашения напора. Далее сток проходит через коалесцирующие пластины, где разрушаются эмульсии. Укрупненные капли нефтепродуктов отрываются от коалесцирующих пластин и потоком под полупогружной перегородкой выносятся в зону сепарации.

Сепарация осуществляется по схеме «снизу – вверх».

Благодаря тонкослойным модулям устраняется гидравлическая пульсация, что позволяет

интенсивно выделить нефтепродукты. Капли нефтепродуктов, всплывая, дополнительно укрупняются на наклонных пластинах, что обеспечивает их быстрое всплытие на поверхность.

Взвешенные вещества оседают на наклонных пластинах, уплотняются, сползают под силой гравитации вниз и накапливаются в конусе сепаратора.

Периодически осадок удаляется через стояк переносным насосом или специальным автотранспортом.

Через переливную регулируемую планку под отбойником сток поступает в зону фильтрации. Фильтрация осуществляется по схеме «сверху – вниз».

Сток, проходя через слой пористых гранул, очищается от взвешенных веществ.

Далее фильтрацией через сорбент сорбируются остатки эмульсий нефтепродуктов и задерживаются остатки взвешенных веществ.

Во втором слое сорбента осуществляется финальная очистка нефтепродуктов и взвешенных веществ. Далее сток из зоны фильтрации под полупогружной перегородкой поступает в камеру сброса, откуда самотеком по трубопроводу отводится из установки.

Осадок, накопившийся в грязеуловителе, периодически вывозится на специальном автотранспорте, а нефтепродукты собираются нефтесорбирующими плавающими бонами.

Вариант выпуска очищенного стока определяется требованиями, установленными государственными органами контроля. Очищенные ливневые воды можно использовать для полива территории и для технических целей.

**Выводы.** Установки ВЛ.М-1/20 Украинско-Российского экологического предприятия «Комплект Экология» Украина разработаны с высокой степенью очистки, минимальными затратами на строительство, просты, надёжны в эксплуатации, компактны, имеют возможность к расширению, не требуют постоянного обслуживания.

Эффективность очистки:

взвешенные вещества до очистки - 500 мг/л, после очистки - 3 мг/л;

нефтепродукты до очистки - 14 мг/л, после очистки - 0,05 мг/л.

По мере технического и научного прогресса способы очистки нефтесодержащих ливневых сточных вод будут совершенствоваться и в дальнейшем.

#### *Список литературы*

1. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Хаскин С.А. и др. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Под общей ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
2. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А. И. и др. Канализация: Учебник для вузов. – Изд. 5-е, перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
3. Игнатенко А.Г., Ушаков П.Ф., Васливанов А.А.. Каталог оборудования для очистки природных и сточных вод / ЗАО научно- производственной фирмы «Экотон». – Харьков, 2006. – 120 с.
4. Вознесенский В.Н. Очистка ливневых и производственных сточных вод на локальных очистных сооружениях / В.Н. Вознесенский, В.В. Лядов // Водоснабжение и санитарная техника. 1999. - №6. – С. 29-30.
5. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983. – 263 с.
6. Справочное пособие к СнИП 2.04.03-85. Раздел 7. Сооружения для регулирования и очистки поверхностного стока с территории промпредприятий. – М.:Стройиздат, 1990г.
7. Ботук Б.О, Федоров Н.Ф. Канализационные сети - Стройиздат, 1977. – 254с.
8. Калицун В.И. Водоотводящие системы и сооружения – Москва Стройиздат, 1990г. – 331с.
9. Курганов А.М. Закономерности движения воды в дождевой и общесплавной канализации – М.: Стройиздат, 1982г. - 72с.
10. Алфёров Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. – М.: Стройиздат, 1985г. - 272с.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.14