

### **РАЗДЕЛ 3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

С. Е. Баранцева, Л. А. Шибека, Ю. А. Климош, И. М. Азаренко,  
*Белорусский государственный технологический университет, Минск,  
Республика Беларусь*

#### **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА ФИЛЬТРЕ С ЗЕРНИСТОЙ ПЕРЕГОРОДКОЙ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНОГО ЩЕБНЯ**

The features of pollution of water bodies with suspended solids are considered. The results of using a filter with porous granular filtering material obtained on the basis of waste from the production of road crushed stone from igneous granitoid rocks in the processes of wastewater treatment from suspended solids are presented. The possibility of its use as a filter material for highly efficient wastewater treatment from suspended solids has been established.

Современный этап развития планеты связан с повсеместным ухудшением качества компонентов окружающей среды. Это обусловлено совокупностью факторов, среди которых нерациональное природопользование, получение сиюминутной выгоды производителями различных видов продукции без учета экологических последствий, рост численности населения и др. Несмотря на прилагаемые усилия со стороны мирового сообщества, экологическая ситуация на планете остается сложной.

Одной из глобальных экологических проблем современности является загрязнение и истощение природных вод, которая для Республики Беларусь также является актуальной. Согласно статистическим данным [1] в 2020 году в Республике Беларусь образовалось 1152,1 млн м<sup>3</sup> сточных вод, из которых 89,8 % (1034,5 млн м<sup>3</sup>) сброшено в поверхностные водные объекты. Несмотря на повсеместно функционирующие очистные сооружения, вместе с очищенными стоками в указанные водные экосистемы поступило 15 тыс. т взвешенных веществ. Присутствие взвешенных веществ в высоких концентрациях в

природных водах увеличивает их мутность, снижает скорость процесса фотосинтеза водной растительности, изменяет цветность воды, ухудшает эстетический вид водоемов, требует применение дополнительных стадий очистки при использовании такой воды в технологических процессах на промышленных объектах или для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд населения и др.

Для снижения поступления взвешенных веществ со сточными водами в природные водоемы широкое применение на практике получили механические и физико-химические методы очистки сточных вод [2, 3]. В качестве очистного оборудования используют решетки, песколовки, отстойники, фильтры. Широкое применение на практике получили фильтры с зернистой перегородкой.

Цель работы – оценка возможности использования фильтра из зернистого пористого материала, полученного из отсева фракционированных отходов производства дорожного щебня Микашевичского РУПП «Гранит», являющегося одним из крупнейших в Европе предприятий по добыче и переработке плотных горных пород. Используемый зернистый материал получен из сырьевой композиции, содержащей в качестве основы гранитоидные отсева, представленные смесью магматических горных пород, объединенных общим понятием – гранитоиды, средний химический состав которых приведен в таблице 1 [4].

Дополнительными компонентами сырьевой композиции являются глина и порообразующая добавка – карбид кремния. Получение гранулированного материала производится по известной технологии производства керамзита, поэтому возможен отбор зерен необходимых размерных фракций для использования в фильтрах для очистки сточных вод,

В эксперименте использовали модельные сточные воды – аналог стоков, образующихся при производстве строительных материалов, содержащие взвешенные (глинистые) вещества в концентрации 1,5 г/дм<sup>3</sup>.

Таблица 1

## Средний химический состав гранитоидных пород (мас.%)

| Порода                    | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO <sub>общ.</sub> | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | ппп  |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|
| Лейкократовые<br>граниты  | 75,85            | 0,19             | 12,42                          | 1,38                | 0,02 | 0,31 | 0,85 | 3,07              | 5,20             | 0,09                          | 0,03            | 0,48 |
| Граниты                   | 71,62            | 0,36             | 13,88                          | 2,39                | 0,05 | 0,85 | 1,73 | 3,21              | 4,71             | 0,16                          | 0,06            | 0,71 |
| Гранодиориты              | 65,32            | 0,71             | 15,57                          | 4,75                | 0,12 | 1,96 | 2,61 | 3,83              | 3,34             | 0,10                          | 0,04            | 1,17 |
| Диориты                   | 59,67            | 0,82             | 17,73                          | 5,65                | 0,10 | 2,31 | 4,57 | 4,25              | 3,33             | 0,16                          | 0,11            | 0,99 |
| Диабазы,<br>габбродиабазы | 50,21            | 1,33             | 16,92                          | 10,56               | 0,18 | 5,19 | 7,58 | 3,69              | 1,88             | 0,19                          | 0,18            | 1,49 |

Исследования проводили на лабораторной установке, представляющей собой стеклянную колонку с внутренним диаметром 28 мм. Перегородка фильтра включала 3 вида зернистых материалов:

- нижний слой перегородки (с высотой слоя 20 мм) состоял из кварцевого песка с размером частиц 1,0–2,0 мм;
- средний слой (с высотой загрузки 20 мм) представлен кварцевым песком с размером частиц 2,5–7,0 мм;
- верхний слой (с высотой загрузки 50 мм) содержал пористый теплоизоляционный материал, полученный на основе вышеприведенной сырьевой композиции с размером частиц 4–12 мм.

Раствор модельных сточных вод пропускали через зернистый фильтр. Оценку эффективности очистки сточных вод от взвешенных веществ проводили по изменению оптической плотности исходного раствора стоков и образующегося фильтрата. Измерение оптической плотности проводили при длине волны 540 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм для каждой пробы фильтрата объемом 25 см<sup>3</sup>. Раствором сравнения выступала дистиллированная вода. Оценку работы фильтра проводили также по величине скорости фильтрования сточных вод через установку. С этой целью фиксировали продолжительность образования каждой порции фильтрата. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Установлено, что при дальнейшем пропускании сточных вод через фильтр происходит увеличение времени фильтрования сточных вод. При этом степень очистки стоков не изменяется. Наблюдаемое явление обусловлено заполнением пористого пространства между гранулами зернистого материала фильтрующей загрузки и свидетельствует о повышении гидравлического сопротивления в системе. Для увеличения скорости прохождения сточных вод через фильтр требуется создание давления над перегородкой или вакуума после нее. Также это может служить основанием для переключения фильтра на стадию регенерации.

Очистка сточных вод от взвешенных веществ с использованием фильтра  
с зернистой перегородкой

| Объем сточных вод, прошедший через фильтр, см <sup>3</sup> | Скорость фильтрования сточных вод, см <sup>3</sup> /с | Степень очистки сточных вод, % |
|--|---|--------------------------------|
| 25   | 0,065   | 17,8                           |
| 50   | 0,020   | 37,5                           |
| 75   | 0,035   | 46,4                           |
| 100  | 0,018   | 90,1                           |
| 125  | 0,017   | 99,8                           |
| 150  | 0,017   | 99,8                           |
| 175  | 0,016   | 99,8                           |
| 200  | 0,015   | 99,8                           |

Анализ результатов, показал, что с увеличением объема сточных вод, прошедших через фильтр, возрастает степень очистки стоков. Это обусловлено снижением пористости фильтрующей загрузки за счет накопления в ней задержанных из ранее прошедших через фильтр сточных вод взвешенных веществ. При пропускании через фильтр с зернистой загрузкой 125 см<sup>3</sup> сточных вод наблюдается высокая степень очистки – 99,8%, которая при последующем пропускании стоков не изменяется.

Результаты исследований свидетельствуют о возможности использования в качестве материала фильтрующей перегородки в зернистых фильтрах гранул, полученных на основе отхода переработки магматических горных пород, полученных при производстве дорожного щебня, количество которых составляет почти 25 % от выпускаемой продукции, составляющей более 21 млн. т в год.

Благодаря особенностям структуры используемого пористого материала и его частично остеклованной поверхности, он обладает химической инертностью по отношению к веществам, содержащимся в сточных водах типового предприятия по производству строительных материалов. Достоинством его использования в качестве зернистой фильтрующей загрузки является то, что на стадии его получения можно варьировать размер получаемых гранул, используемых в процессе создания фильтра.

Полученные результаты позволяют рекомендовать для высокоэффективной очистки сточных вод от взвешенных веществ фильтры, где в качестве зернистой загрузки используется материал, полученный из отхода производства дорожного щебня – гранитоидных отсеков. Следует отметить, что эффективная очистка сточных вод с использованием гранитоидных отсеков, занимающих огромные прилегающие к предприятию территории, позволяет внести совместный вклад в улучшение экологической напряженности Республики Беларусь.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/9c4/9c40a9f749c9becf2c0df53bdb7105cc.pdf> (дата обращения 26.03.2022).

2. Воронов, Ю. В., Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.

3. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера: учебник для академического бакалавриата / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 283 с.

4. Химические анализы горных пород кристаллического фундамента Белоруссии. Справочник / А. М. Пап [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1988. – 243 с.

S. E. Barantseva, L. A. Shibeka, Y. A. Klimosh, I. M. Azaranka,  
*Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus*

**WASTEWATER TREATMENT ON A FILTER WITH A GRANULAR  
PARTITION BASED ON A POROUS GRANULAR MATERIAL FROM  
ROAD RUBBLE PRODUCTION WASTE**