

УДК 628.354

## **Расчет и проектирование грунтово-растительных площадок для очистки сточных вод и обработки осадка**

Алферчик В.В., Семикашева Э.Э.

Научный руководитель Ануфриев В. Н., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

*В статье рассмотрен порядок расчета и проектирования грунтово-растительных площадок для очистки сточных вод, также грунтово-растительных иловых площадок для и обработки осадка.*

В Беларуси на сегодняшний день продолжают использовать поля фильтрации. Для снижения негативного воздействия на окружающую среду, предлагается заменить их на очистные сооружения, основанные на грунтово-растительных площадках.

К грунтово-растительным площадкам относятся сооружения, различающиеся конструкцией и принципу действия. Во-первых, это водоемы, как правило, небольших и средних размеров, в которых очистка сточных вод производится с применением биоценоза растений. Во-вторых, это песчано-гравийные фильтры в грунте с растительностью, которая высаживается в верхний слой фильтра. Если первая группа сооружений по принципу действия близка к биологическим прудам (например, так называемые французские грунтово-растительные площадки), то вторая – к сооружениям очистки сточных вод в грунте. Последние имеют собственную классификацию, которая основана на направлении движения фильтрационного потока сточных вод в грунте.

В основном выделяют площадки с горизонтальным и вертикальным потоком в грунте. При использовании площадок с горизонтальным потоком, предварительно осветленная в септике вода может подаваться самотеком на площадку с фильтрующей загрузкой (мелкий гравий, крупнозернистый песок). Распределение сточной воды по площадке производится путем устройства слоя щебня с большой проницаемостью, расположенного наклонно во внутренней части сооружения. Дренаж, который собирает профильтрованную воду, выполняется аналогичным способом с противоположной стороны сооружения.

Грунтово-растительные площадки оснащены изоляцией откосов и дна сооружения от грунта основания. В качестве фильтрующей загрузки используют однородные песчаные смеси с мелкими зернами.

Коэффициент фильтрации песка  $k_{fA}$ , м/с, зависит от гранулометрического состава, и рассчитывается по формуле:

$$k_{fA} = (d_{10})^2 \times 10^{-2} \quad (1)$$

где  $d_{10}$  – диаметр частиц песка, меньше которых в грунте содержится 10 % частиц по массе по ГОСТ 25100 [1], мм.

Проницаемость фильтрующей загрузке определяется перед ее засыпкой в сооружении. Коэффициент неоднородности  $U$  определяется с расчетом по формуле

$$U = d_{10} / d_{60} < 5 \quad (2)$$

$d_{60}$  – диаметр частиц песка, меньше которых в грунте содержится 60 % частиц по массе, мм.

Фильтрующий материал должен быть суффозионностойким для предотвращения переноса зерен загрузки внутри слоя или в другой слой.

Загрузка укладывается без механического уплотнения таким образом, чтобы были возможны лишь незначительные просадки, например, путем временного заполнения водой фильтрующей загрузки.

Для изоляции грунтово-растительные площадки герметично уплотняются по основаниям и откосам, используя следующие варианты герметизации: полимерные герметизирующие мембраны с боковым усилением, бетонный или пластиковый желоб, минеральная герметизация глинистым материалом.

После завершения работ проверяют герметичность котлована для фильтрующей загрузки, заполняя его водой и проводя визуальный контроль. Испытания герметичности соединений изоляционных пленок и грунта выполняют без заполнения котлована фильтрующим материалом. Также учитывают несущую способность изоляционных пленок или полотен.

При использовании площадок с горизонтальным потоком, осветленная сточная вода направляется по безнапорному или напорному трубопроводу на устройства для распределения сточной воды по фильтрующей загрузке.

В виде фильтрующей загрузки используется песок с размером зерен до 4 мм или гравий с размером зерен от 2 до 8 мм. Распределение сточной воды по площадке производится через слой щебня, расположенного наклонно по отношению к борту внутренней части сооружения. Слой дренажа, который собирает профильтрованную воду с противоположной стороны сооружения, выполняют из крупного щебня. Поток сточной воды в фильтрующей загрузке направлен от распределительного устройства к дренажу со снижением уровня воды в грунте.

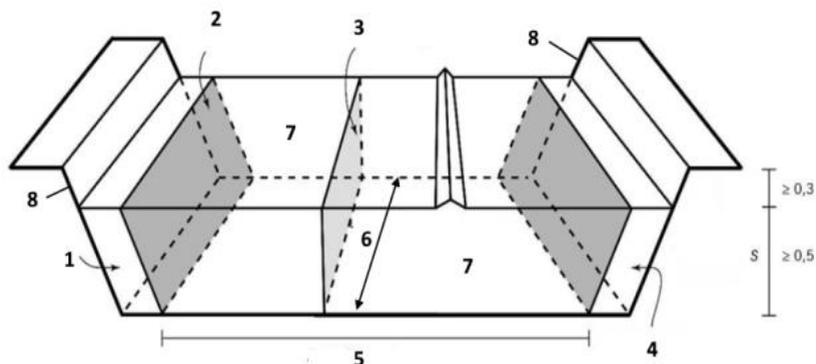


Рис. 1. Аксонометрическая проекция грунтово-растительной площадки с горизонтальным потоком:

1 – распределительный слой; 2 – инфильтрационное сечение; 3 – площадь притока ( $A_{\text{Треб}}$ ); 4 – дренажный слой; 5 – длина фильтрующей загрузки ( $L_{\text{ГФ}}$ ); 6 – ширина зоны фильтрации ( $B$ ); 7 – фильтрующая загрузка; 8 – надводный борт

Требуемая площадь в сечении зоне фильтрации грунтово-растительной площадки с горизонтальным потоком  $A_{\text{Треб}}$ , м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$A_{\text{Треб}} = 2h_{\text{нач}} \frac{Q_w \cdot L_{\text{ГФ}}}{k_{\text{ГБ}} \cdot (h_{\text{нач}}^2 - h_{\text{кон}}^2)}, \quad (3)$$

где  $Q_w$  – суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$k_{\text{ГБ}}$  – коэффициент фильтрации фильтрующего загрузки, м/сут;

$h_{\text{нач}}$  – высота уровня воды в начале загрузки, м;

$h_{\text{кон}}$  – высота уровня воды на выходе, м;

$L_{\text{ГФ}}$  – длина потока в нижней части фильтрующей загрузки между распределительным и дренажным слоями, м.

Площадь дна грунтово-растительной площадки с горизонтальным потоком определяется по формуле

$$A_{\text{д}} = \frac{Q_w \cdot C_{\text{ХПК}}}{f_{\text{А,ГФ,ХПК}}}, \quad (4)$$

где  $f_{\text{А,ГФ,ХПК}}$  – среднесуточная удельная поверхностная нагрузка по ХПК на площадь дна фильтра, принимаемая не более 16 г/(м<sup>2</sup>·сут);

$C_{\text{ХПК}}$  – ХПК сточной воде, поступающей на площадку, гО<sub>2</sub>/сут.

Участки фильтрующей загрузки в области откосов при расчете не учитывают.

На грунтово-растительных площадках с вертикальным потоком, КНС подает сточную воду из септика в распределительную систему трубопроводов. Распределение сточной воды по площади фильтрационной загрузки производится перфорированными трубопроводами. После фильтрования сточной воды через рабочий слой фильтрационной загрузки, дренажные трубопроводы собирают фильтрат и удаляют его из сооружения. (рисунок 2) [2], [3].

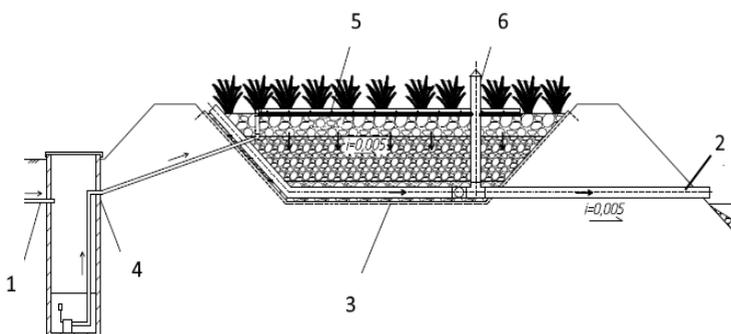


Рис. 2. Вид грунтово-растительной площадки с вертикальным потоком. 1-подача исходной сточной воды; 2- отведение очищенной сточной воды; 3 – дренажная система 4 – КНС; 5 распределительная система, 6 – вентиляция

Площадь грунтово-растительной площадки с вертикальным потоком определяется по формулам:

$$A_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{w}} \cdot C_{\text{ХПК}}}{f_{\text{А,ВФ,ХПК}}}, \quad (5)$$

$$A_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{w}}}{q_{\text{А,ВФ}}}, \quad (6)$$

где  $f_{\text{А,ВФ,ХПК}}$  – среднесуточная удельная поверхностная нагрузка ХПК на общую площадь верхней части фильтра, принимаемая не более 20 г/(м<sup>2</sup>·сут);

$q_{\text{А,ВФ}}$  – удельная гидравлическая нагрузка на общую площадь верхней части фильтра, принимаемая не более 80 л/(м<sup>2</sup>·сут).

При расчетах принимают большее значение из результатов.

Во время периодической подачи сточных вод на поверхность фильтрующей загрузки, минимальный объем сточных вод определяют исходя средней удельной гидравлической нагрузки, которая принимается не менее 6 л/(м<sup>2</sup>·мин). Среднюю продолжительность периода между

периодической подачей сточных вод на секцию принимают 6 ч. Последующая подача сточной воды осуществляется после того, когда объём воды в загрузке фильтра будет минимальным.

В качестве альтернативного способа обработки осадка для небольших и средних очистных сооружений сточных вод может рассматриваться применение иловых площадок с подсадками влаголюбивых растений. Грунтово-растительные площадки, предназначенные для обработки осадка, имеют определенные особенности устройства и эксплуатации [4].

Эффективность обработки осадка на грунтово-растительных площадках достигается за счет сочетания физическо-химических и биологических процессов. При подаче осадка твердые примеси удерживаются на поверхности фильтрующей загрузки секции площадки, а иловая вода фильтруется через загрузку, далее собирается дренажной системой и направляется обратно на очистные сооружения. Естественный рост корней растений создает поры и условия для дренажа слоя осадка и загрузки площадки. При эксплуатации площадок не требуется регулярного удаления подсушенного осадка, при этом новый объем осадка подается поверх предыдущего подсушенного слоя осадка.

Использование грунтово-растительных иловых площадок для обработки осадка позволяет достичь устойчивую систему обработки избыточного ила с минимальным воздействием на окружающую среду.

## Литература

1. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация
2. Ануфриев В. Н., Проектирование и устройство гравийных фильтров с искусственной аэрацией / В.Н. Ануфриев, Г.А Волкова, В.В, Алферчик, Э.Э Семикашева// Сборник материалов X Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума 9–10 ноября 2023 года «НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ – 2023» Том 1. Минск БНТУ – 175 с.
3. Алферчик В.В. Задачи и технические решения при очистке сточных вод сельских населенных пунктов/ В.В Алферчик, Э.Э Семикашева, В. Н. Ануфриев, Г. А. Волкова. //В сборнике научных статей международной научно-практической конференции молодых учёных «Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения» приуроченной ко Всемирному дню Водных ресурсов, 28 марта 2024 г. – Брест 2024, 214 с
4. Алферчик В.В Применение иловых грунтово-растительных площадок для обезвоживания осадка/В.В Алферчик, Э.Э Семикашева, В. Н. Ануфриев// В сборнике Материалы 80-ой студенческой научно-технической конференции в рамках Международного молодежного форума «Креатив и инновации» 2024» 21 мая 2024 года. – Минск: БНТУ 2024 79 с.