

5.7. Биологические пруды

Биологические пруды

Искусственные или естественные водоемы, используемые для очистки сточных вод под воздействием природных процессов самоочищения. Они могут применяться в качестве самостоятельных сооружений биохимической очистки и в сочетании с аэротенками или биофильтрами для доочистки очищенных в них сточных вод.

Преимуществами биопрудов

- низкие строительные и эксплуатационные затраты;
- высокое качество очистки при условии эффективного илоотделения;
- высокая стабилизация ила;
- буферная способность при залповых сбросах сточных вод и колебаниях pH и температуры;
- достаточная степень обеззараживания сточных вод и изъятия из них биогенных веществ.

Недостатки биопрудов

- зависимость работы от климатических условий;
- высокая потребность в заливных площадях из-за низкой скорости окисления загрязняющих веществ;
- необходимость периодической очистки;
- затруднения с отделением и отведением ила при высоких нагрузках.

В биопрудах при очистке сточных вод осуществляется полный природный цикл разрушения органических веществ. При этом на процесс очистки оказывают влияние многие факторы, к которым можно отнести:

- осаждение органических веществ;
- отмирание и размножение водорослей;
- сезонные и суточные колебания температуры;
- небольшая глубина проникания солнечных лучей в воду и т. д.

Воздействие этих факторов существенно затрудняет поддержание равновесия между самоочистной способностью прудов и поступающей в них массой органических веществ. В результате нарушения этого равновесия в биопрудах могут создаваться аэробные или аэробно-анаэробные условия. В зависимости от поддерживаемых в сооружении условий окисления органических веществ биологические пруды подразделяют на:

- аэрируемые, которые постоянно работают в аэробных условиях;
- факультативные или аэробно-анаэробные, которые работают в переменных условиях или в которых есть аэробные и анаэробные зоны.

При работе прудов не следует допускать образования и развития постоянных анаэробных процессов, т.к. в этом случае выделяются неприятные запахи и размножаются комары и мошки.

Аэробные условия в биологических прудах могут быть созданы двумя путями:

- естественная аэрация (естественное поступление кислорода из атмосферы и за счет фотосинтеза);
- искусственная аэрация (принудительная подача воздуха в воду путем применения той или иной системы аэрации).

Величина БПК_{полн} сточных вод, подаваемых в биологические пруды

Тип аэрации	Величина БПК _{полн} подаваемых в биопруды сточных вод, мг/л, не более	
	Очистка сточных вод	Доочистка сточных вод
Естественная аэрация	200	25
Искусственная аэрация	500	50

Допустимые расходы сточных вод, подводимых в биологические пруды

Тип аэрации	Допустимые расходы сточных вод, подаваемых в биопруды, м ³ /сут, не более.	
	Очистка сточных вод	Доочистка сточных вод
Естественная аэрация	500	10000
Искусственная аэрация	10000	Не ограничены

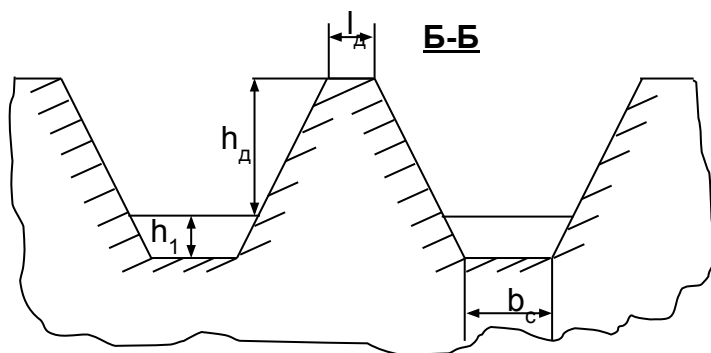
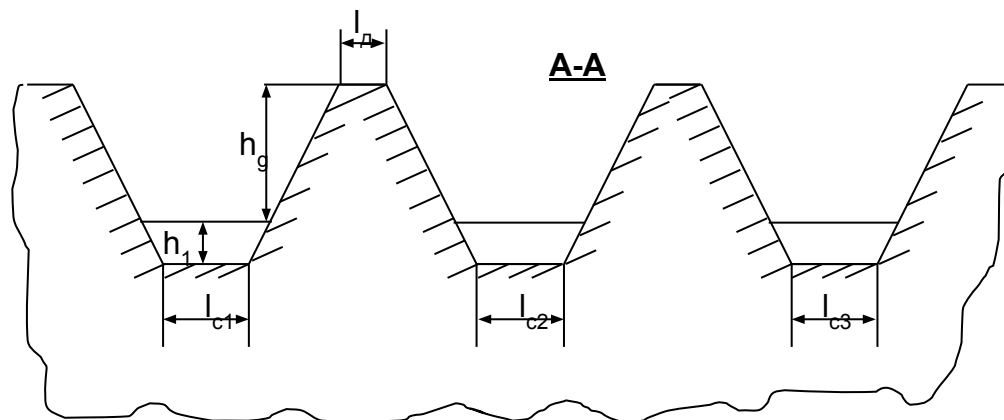
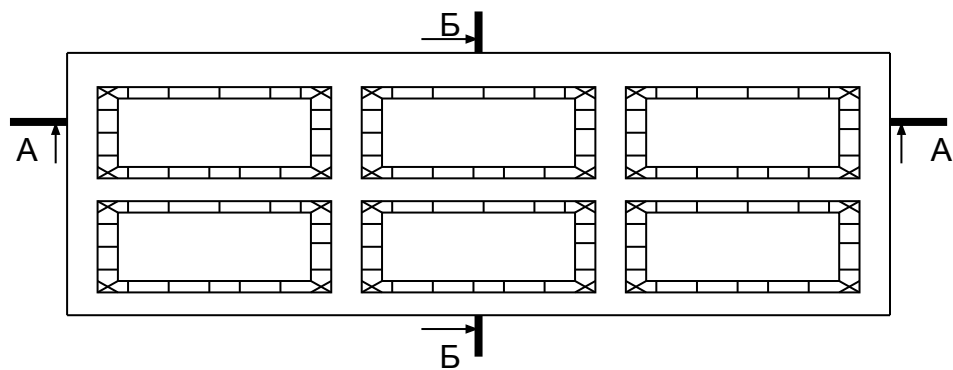
Биопруды следует устраивать на нефилтрующих или слабофилтрующих грунтах. При неблагоприятных в фильтрационном отношении грунтах следует осуществлять противофильтрационные мероприятия, т.е. гидроизоляцию сооружений. По отношению к жилой застройке их располагают с подветренной стороны господствующего направления ветра в теплое время года. Направление движения воды в них должно быть перпендикулярным этому направлению ветра.

Котлованы биологических прудов устраиваются с использованием, по возможности, естественных понижений рельефа местности. Форму прудов в плане принимают в зависимости от типа аэрации, а именно: при естественной, механической и пневматической аэрациях – прямоугольной; при использовании самодвижущихся аэраторов – круглой. В прямоугольных сооружениях рекомендуются плавные скругления углов для предотвращения образования в них застойных зон. Радиус этих скруглений должен быть не менее 5 м. Кроме того, в прудах с естественной аэрацией с целью обеспечения гидравлического режима движения воды, близкого к условиям полного вытеснения, отношение длины сооружения к его ширине должно составлять не менее 20, а при меньших значениях этого отношения рассредоточенные впуски и выпуски сточных вод. При искусственной аэрации соотношение сторон секций может быть любым, но при этом скорость движения воды, поддерживаемая аэраторами, в любой точке пруда должна быть не менее 0,05 м/с.

Конструктивно биологические пруды состоят не менее чем из двух параллельных секций с 3...5 последовательными ступенями в каждой. При этом следует предусматривать возможность отключения любой секции для чистки или профилактического ремонта без нарушения работы остальных. Секции и ступени биопрудов разделяются ограждающими дамбами и плотинами, выполняемыми из грунтов, способных сохранять форму. Их минимальная ширина по верху должна составлять 2,5 м.

При наличии фильтрации через оградительные дамбы и платины следует предусматривать противофильтрационные экраны из глины (толщиной 0,3 м) или полимерных пленок.

Схема двухсекционного биологического пруда с трехступенчатой очисткой сточных вод



Крутизна откосов разделительных и оградительных дамб и плотин

Вид грунта	Крутизна откосов
Мокрые глинистые и суглинистые грунты	1:2
Мокрые песчаные и супесчаные грунты	1:3
Сухие глинистые и суглинистые грунты	1:1,5
Сухие песчаные и супесчаные грунты	1:2

Впуски сточных вод в биологические пруды, а также переливы жидкости между ступенями очистки, осуществляются с помощью колодцев, снабженных устройствами, позволяющими изменять уровень наполнения ступеней. Отметка лотка перепускной (впускной) трубы должна быть выше дна пруда на 0,3...0,5 м. При этом впуск воды в пруды с искусственной пневматической аэрацией производится через горизонтальный трубопровод, выход которого располагается на бетонной подушке, направляется вверх под углом 90° и находится ниже отметки предполагаемого уровня льда, а с механической аэрацией – через трубопровод непосредственно в зону активного перемешивания. Кроме того, в месте выхода перепускной трубы во избежание размыва склона, соответствующие его участки укрепляются камнем или бетонными плитами. Для выпуска стоков из сооружения (ступени) предназначено сборное устройство, размещаемое ниже уровня воды на 0,15...0,20 рабочей глубины пруда (глубины воды).

С целью предотвращения волновой эрозии внутренних склонов дамб, а также развития высшей водной растительности, их выкладывают камнем, плитами и покрывают асфальтом по щебеночной подготовке полосой с шириной 1,5 м (на 1 м ниже уровня воды и на 0,5 м выше). Чтобы плиты не сползали, делается уступ, служащий упором для них. Внешний откос дамб следует засеивать медленно растущей травой с низким травостоем, способной предотвращать эрозию, например, пыреем сизым. Превышение строительной высоты дамбы над расчетным уровнем воды в пруде должно быть не менее 0,7 м.

Для повышения эффективности очистки сточных вод до $\text{БПК}_{\text{полн}} = 3 \text{ мг/л}$, а также снижения содержания в них биогенных элементов (в первую очередь, азота и фосфора) рекомендуется использовать в прудах высшую водную растительность (камыш, рогоз, тростник и др.). Эта растительность должна быть размещена в последней ступени пруда. Причем, площадь, занимаемая высшей водной растительностью можно определить по нагрузке, составляющей $10000 \text{ м}^3/\text{сут}$ на 1 га при плотности посадки $150 \dots 200$ растений на 1 м^2 .

Основы расчета

Биологические пруды с естественной аэрацией

Необходимый объем пруда и отдельных его ступеней

$$V = tQ,$$

t – время пребывания сточных вод в пруде или его ступени, сут.;

Q – суточный расход сточных вод, м³/сут.

Время пребывания сточных вод в первых и последней ступенях биологического пруда

$$t_I = \frac{1}{KK_1} \lg \frac{L_0}{L_t},$$

$$t_{II} = \frac{1}{K'K'_1} \lg \frac{L'_0 - L_B}{L'_t - L_B},$$

K и K' – коэффициенты использования объема, соответственно каждой из первых ступеней и последней ступени, определяемые в зависимости от отношения длины пруда к его ширине; K_1 и K'_1 – константы скорости потребления кислорода для первых и последних ступеней пруда, соответственно; L_0 – БПКполн воды, поступающей в рассматриваемую ступень, мг/л; L'_0 – то же, для последней ступени, мг/л; L_t – БПКполн воды, выходящей из рассматриваемой ступени, мг/л; L'_t – то же, для последней ступени, мг/л; L_B – остаточная величина БПКполн очищенных сточных вод, обусловленная внутриводоемными процессами и принимаемая летом 2...3 мг/л (для цветущих прудов – до 5 мг/л), зимой – 1...2 мг/л.

Если температура сточных вод отлична от 20 °С, то величины констант скорости потребления кислорода следует скорректировать по формулам:

- при температуре воды 5...30 °С:

$$K_T = K_1 \cdot 1,047^{T-20},$$

- при температуре воды 0...5 °С:

$$K_T = K_1 \cdot [1,12(T + 1)^{-0,022}]^{T-20},$$

K_1 – значение константы скорости потребления кислорода при температуре воды 20 °С, сут⁻¹;

T – температура сточных вод, °С.

Время пребывания сточных вод в биологическом пруде

$$t = \sum_{1}^{N-1} t_l + t_{II} ,$$

N – число ступеней очистки сточных вод в биопруде.

Общая площадь зеркала воды пруда по условиям аэрации

$$F_{aэр} = \frac{QC_T(L_0 - L_t)}{K(C_T - C_t)r_a} ,$$

C_T – растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры и давления мг/л; C_t – концентрация кислорода, которую необходимо поддерживать в воде, выходящей из пруда, мг/л; r_a – величина атмосферной аэрации при дефиците кислорода, равном единице, $r_a = 3 \dots 4$ г/(м² · сут).

Общая площадь пруда по производительности

$$F = \frac{V}{H},$$

V – объем пруда, м³; H – расчетная глубина пруда, м.

Расчетная глубина пруда

$$H = \frac{K(C_T - C_t)r_a t}{C_T(L_0 - L_t)}.$$

Биологические пруды с искусственной аэрацией

Необходимый объем пруда и отдельных его ступеней

$$V = tQ,$$

Q – суточный расход сточных вод, м³/сут; t – время пребывания сточных вод в пруде или его ступени, сут.

$$t = \frac{N}{2,3K_d} \left(\sqrt[2]{\frac{L_0}{L_0 - L_t}} - 1 \right),$$

K_d – динамическая константа скорости потребления кислорода, сут⁻¹:

$$K_d = \beta_1 K_1,$$

β_1 – коэффициент, зависящий от скорости движения воды в пруде

$$\beta_1 = 1 + 120v,$$

v – скорость движения воды в пруде, м/с.

Площадь пруда рассчитывается аналогично прудам с естественной аэрацией. При этом расчетную глубину пруда следует принимать равной 3,0...4,5 м.

Расчет системы аэрации производится аналогично аэротенкам.

После прудов с искусственной аэрацией необходимо предусматривать отстаивание очищенной воды в течение 2,0...2,5 ч. Для этих целей могут быть использованы отдельностоящие отстойники, рассчитываемые аналогично вторичным отстойникам аэротенков или последняя не аэрируемая ступень пруда, рассчитываемая как горизонтальный отстойник.