

Тема АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ

- 1 Биоинженерные сооружения по очистке сточных и возвратных вод
- 2 Совершенствование проводящей сети специализированных мелиоративных систем
- 3 Биологические отстойники

г

Первый вопрос

В условиях Беларуси использование жидкой фракции стоков на орошение осуществляется в основном на землях осушенных гончарным дренажем, основным назначением которого является отвод избыточных вод. Наличие осушительной сети позволяет одновременно осуществлять перехват загрязненного дренажного стока с аккумулярованием его в пруде-накопителе.

В силу того, что дренажный сток, как правило, загрязнен аммонием и другими соединениями, сброс его в открытые водоемы недопустим.

Для предупреждения загрязнения природных вод в состав специализированных мелиоративных систем должны включаться сооружения, которые обеспечивали бы дополнительную очистку сбросных вод. В этой связи учеными и специалистами практиками разрабатываются различные конструкции отстойников, биолато и т. д. К ним предъявляются следующие основные требования:

- положительная природоохранная основа (предупреждение загрязнения поверхностных и грунтовых вод, деградации и загрязнения почв; ликвидация эрозии и др.);
- достаточная простота конструктивного и технологического исполнения;
- экономичность (подтверждается экономическим эффектом).

В качестве дополнительных требований можно отметить малую энергоемкость, возможность использования местных недефицитных материалов.

В последнее время обращается значительное внимание на естественные процессы самоочищения воды с использованием очистительной способности гидромакрофитов и микрофитов.

Гидромакрофиты, или высшая водная растительность (ВВР), используются в биологических отстойниках различного вида, на ботанических площадках, в биопрудах, фитофльтрационных устройствах, биоинженерных сооружениях регулирования качества воды и т. д. Это вызвано тем, что ВВР обладает значительной поглотительной способностью солей, в том числе и тяжелых металлов. В частности, в 1 кг воздушно-сухой массы тростника обыкновенного накапливается азота 20–26 г, фосфора – 10–20 г, калия – 10–30 г. Таким образом, 1 кг стеблей и корней может накопить 200–250 г нитратов, 100–125 г фосфора, 20–90 г калия [50]. Все это дает предпосылки для использования ВВР в качестве очистительного компонента в мелиоративных системах.

В КУСХП «Северный» Городокского района Витебской области были и созданы биоинженерные сооружения (рис. 4). Доочистка загрязненных вод происходит в результате фильтрации их через почву (в дне пруда первой ступени очистки заложен дренаж), а также за счет высшей водной растительности (рогоз, камыш), произрастающей преимущественно в 2-м пруде. Очищенная вода из второго пруда сбрасывается в водоприемник (р. Кабищанка) или в случае необходимости направляется на доочистку в биоканал, длина которого составляет 300 м. В его ложе также произрастает рогоз. Конструкция БИС позволяет сбрасывать воду после любой ступени очистки. Такие сооружения обеспечивают высокий водо-

охранный эффект. В них степень доочистки составляет по азоту аммонийному около 85–95 %, фосфору – 60–80 %, БПК₅ – от 86 до 95 % (Г. П. Щитников и др., 2005; П. Ф. Тиво и др., 2006).

Для улучшения впитывающей способности суглинистых почв необходимо перед залужением участка проводить разуплотнение под-пахотного слоя, кротование и после залужения по мере надобности щелевание. Для этой цели, как показывают исследования БГСХА, можно использовать также специальный водоналивной каток, по окружности которого шарнирно установлены зубья. С их помощью в дернине трав делаются вертикальные проколы диаметром 16–20 мм, где в процессе дождевания и задерживается поливная жидкость.

Для предотвращения просачивания биогенных элементов в нижележащие горизонты объемом жидкой фракции стоков, вносимой за один прием, не должен превышать величину вододерживающей способности корнеобитаемого слоя почвы.

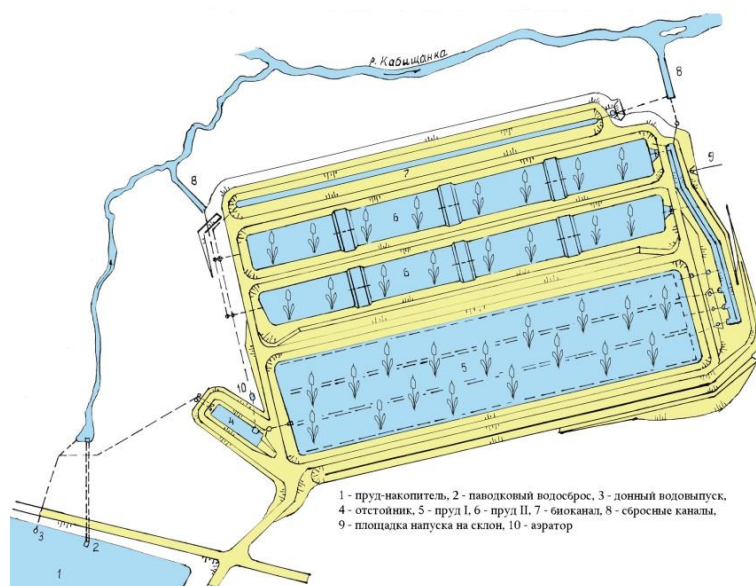


Рисунок 4— Схема биоинженерных сооружений

Для доочистки возвратных вод (дренажного и поверхностного стока) можно использовать также полив напуском по склону, устроенному на связных почвах. Первый вариант (рис. 5) конструктивно выполняется на склоне, засеянном травой, и содержит ороситель, представляющий собой, например, перфорированный трубопровод, уложенный поверх слоя водопоглощающего материала в траншею (или борозду), нижняя часть которой соединена с дневной поверхностью склона кротовинами.

Работа на сельскохозяйственном поле осуществляется следующим образом. Очищаемая жидкость подается в ороситель, из которого она фильтруется через водопоглощающий материал траншеи, проходит предварительную очистку от взвешенных частиц и попадает в кротовины. Последние закладываются с уклоном, обеспечивающим незаиляющие и неразмывающие скорости движения воды в них. Протекая по кротовинам, загрязненная вода взаимодействует с почвой и выходит по ним на поверхность склона. Затем она перехватывается траншеей с водопоглощающим материалом и процесс повторяется, что в итоге обеспечивает доочистку стоков.

Второй вариант сельскохозяйственного поля орошения также располагается на склоне, засеянном травой, поперек которого выполнены пористые засеваемые валики из смеси равных частей торфа, песка и растительной массы. Для обеспечения почвенной очистки поверхность склона разрыхлена на глубину перегнойного горизонта, а подстилающий слой уплотнен. Очистка загрязненного поверхностного стока происходит в результате фильтрации его

через пористые валики, а также перемещения по разрыхленному перегнойному горизонту и поверхности почвы.

Особенностью третьего варианта является наличие на засеянном склоне кротовин. Их выполняют в несколько ярусов таким образом, чтобы они соединяли поверхность склона с перехватывающими траншеями, располагающимися поперек склона. Причем кротовины устроены с различным уклоном. В верхней части склона кротовины нижнего яруса выполнены с положительным уклоном, среднего – с нулевым, а верхнего – с отрицательным. В нижней части склона все кротовины имеют отрицательный уклон. Здесь может очищаться жидкость, загрязненная большим количеством взвешенных веществ, после этого она попадает в перехватывающую канаву, расположенную в нижней части склона, а из нее – на орошение, технические цели или на сброс. После заиления всех кротовин и перехватывающих траншей поле перепахивается и используется для выращивания сельскохозяйственных культур.

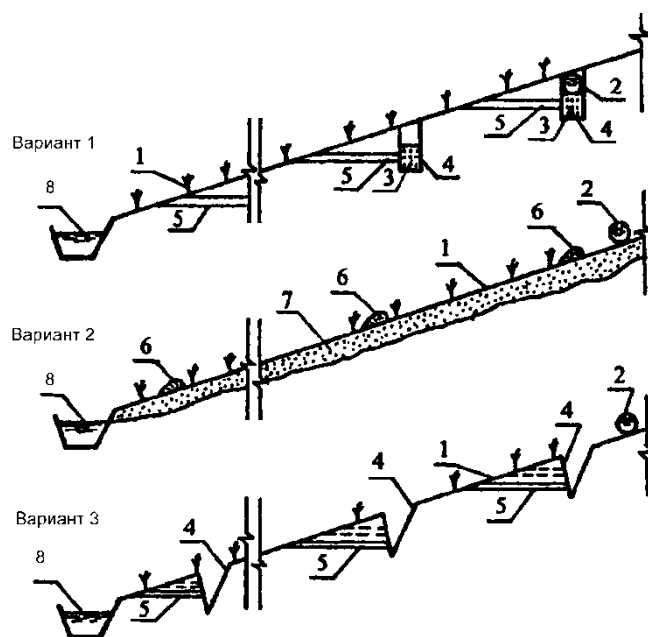


Рисунок 5– Земледельческие поля орошения для доочистки возвратных вод: 1 – засеянный склон; 2 – ороситель; 3 – водопоглощающий материал; 4 – траншея (борозда); 5 – кротовина; 6 – пористые валики; 7 – разрыхленный слой; 8 – перехватывающая (водосборная) канава

В плане траншеи выполняются поперек склона приблизительно параллельно его горизонталям. Число ярусов траншей принимают в зависимости от требуемой степени очистки (не менее 2–3). Допустимые уклоны поверхности должны быть 0,2–0,04, оптимальная глубина траншей – 0,6–1,0 м.

Кротовины выполняются перпендикулярно траншее (при больших уклонах поверхности с целью увеличения длины кротовины допускается закладывать их под углом к траншеям). Расстояние между кротовинами должно быть 1–1,5 м. Они должны соединять нижнюю часть траншеи с дневной поверхностью склона, причем уклон их принимают в пределах 0,002–0,005. Расстояние между траншеями определяется из соотношения

$$B = t(i_1 - i_2)l, \quad (1)$$

где B – расстояние между траншеями, м;

t – глубина траншей, м;

i_1 – уклон поверхности склона;

i_2 – уклон дна кротовин;

l – технологический запас на аэрацию стоков и очистку их растениями, принимаемый в пределах 10–15 м.

Ориентировочные параметры поливного участка приведены в табл. 9.11. В ней указана длина склона, необходимая для наибольшей очистки стоков (применительно к возвратным водам допустимо ее уменьшение в 1,5–2 раза).

Т а б л и ц а 9.– Параметры поливного участка земледельческого поля орошения для очистки сточных и доочистки возвратных вод (1-й вариант)

Уклон поверхности склона	Средняя длина кротовин, м	Расстояние между траншеями, м	Требуемая длина склона, м
0,20	5	16–20	80
0,15	7	18–22	75
0,10	10	19–23	70
0,08	12	20–24	65
0,06	18	23–27	60
0,04	26	29–33	60

В качестве водопоглощающего материала можно использовать торф и солому (или пожнивные остатки). Причем первая траншея заполняется соломой до распределительного трубопровода оросителя, который укладывают поверх соломы так, чтобы расстояние от его верха до дневной поверхности склона составляло 0,2–0,3 м.

Поверх распределительного трубопровода укладывается солома слоем 0,05–0,1 м и торф слоем 0,1–0,2 м. Траншеи остальных ярусов заполняются соломой слоем 0,4 м, а затем торфом до дневной поверхности склона.

В состав поливного участка, выполненного по второму варианту, входит засеянный травой склон, перегнойный горизонт которого разрыхлен перед посевом трав. На поверхности склона выполнены засеваемые валики из смеси торфа, песка и растительной массы.

В плане валики выполняются поперек склона приблизительно параллельно его горизонталям. Число валиков принимается в зависимости от требуемой степени очистки (не менее 3–5). Они выполняются высотой 0,15–0,25 м с коэффициентом заложения откосов $m \geq 5$ и засеваются травосмесью с нормой высева, увеличенной в 1,5–2 раза. Первый валик от трубопровода представляет собой смесь крупно-зернистого песка и торфа в соотношении 1:1, второй – в соотношении 1:2, третий и последующие валики – в соотношении 1:3, а последний – соответственно 2:1.

В зависимости от уклона поверхности ориентировочно параметры поливного участка можно принять по табл. 12.

Т а б л и ц а 12– Параметры поливного участка земледельческого поля орошения для очистки сточных и доочистки возвратных вод (2-й вариант)

Уклон поверхности склона	Расстояние между траншеями, м	Требуемая длина склона, м
0,02	8–12	30
0,04	8–12	50
0,06	8–12	75
0,08	6–10	100
0,10	6–10	130

*Для доочистки возвратных вод допустимо уменьшение длины склона в 1,6–2 раза.

Участки для устройства данной системы выбираются на слабоводопроницаемых почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава, имеющих достаточную защищенность подземных вод от загрязнения. Суточная нагрузка стоков на 1 га площади поливного участка зависит от природных условий и состава стоков и обычно составляет около $500 \text{ м}^3/\text{га}$ в сутки.

При подготовке участка производят планировку, уборку камней и другие работы по поверхностному улучшению. Для создания плотного травяного покрова норма посева семян увеличивается также в 1,5–2 раза. В состав многолетних злаковых трав следует включать канареечник, мятлик луговой и другие влаголюбивые травы.

Эффективность очистки на этих полях очень высокая. В частности, БПК₅ снижается на 95 %, происходит практически полная очистка от взвешенных веществ.

Второй вопрос

Исследования, проведенные на специализированных оросительных системах, показывают, что в большинстве случаев почвенно-биологическая очистка загрязненных сточных вод недостаточна. Возвратный сток загрязняется, поэтому необходимо предусмотреть его доочистку, так как весь объем его повторно использовать на полив не всегда удается.

Возможно применение нескольких вариантов.

Пруды-накопители, из которых предусмотрены сбросы воды в водоприемник, могут иметь конструкцию, обеспечивающую доочистку поступающих в них вод (рис. 6).

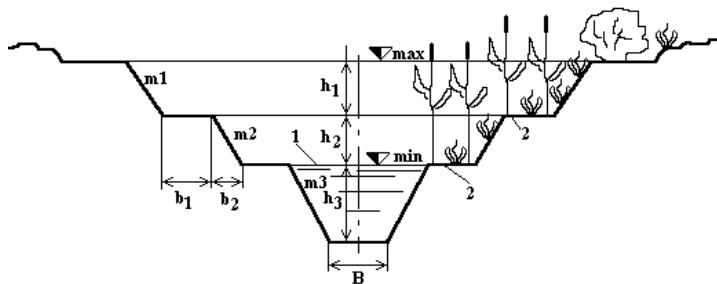


Рисунок 6—. Пруд-накопитель:

1 — минимальный уровень воды;

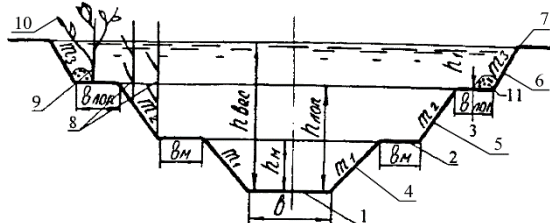
2 — площадки для высшей водной растительности

В этом случае целесообразно строительство каскада мелководных прудов, обеспечивающих оптимальные условия перемешивания воды и развития гидробионтов, способствующих самоочистительной способности прудов. Причем при перетекании воды из верхних прудов в нижние она должна аэрироваться, что может быть достигнуто применением специальных водосливов. Возможна дополнительная аэрация воды в прудах с помощью специальных приспособлений.

Большой водоохраный эффект дает применение специальных отстойников, которые могут также выполнять функции прудов-накопителей. Для улучшения условий очистки воды в таких отстойниках желательно культивировать высшую водную растительность, обладающую высокой поглотительной способностью относительно биогенных элементов, соединений тяжелых металлов и других загрязнителей. Как указывалось выше, в 1 кг воздушно-сухой массы тростника обыкновенного накапливается 20–26 г азота, 10–20 г фосфора, 10–30 г калия. Учитывая то, что ВВР нормально развивается при определенных (различных для каждого вида макрофитов) уровнях воды, ее культивируют на специальных мелководных участках или бермах.

Доочистку возвратных вод можно выполнять и в процессе транспортировки их по проводящей сети. Для этой цели можно применять специальные биомелиоративные каналы. Схематично конструкция канала приведена на рис. 7.

Поперечный разрез



Продольный разрез

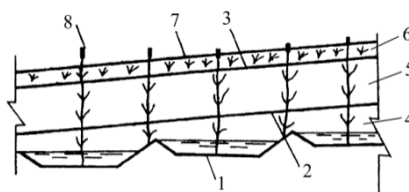


Рисунок 7— Конструкция биоканала:

- 1 — дно; 2 — нижняя берма; 3 — верхняя берма; 4, 5 — откосы;
 6 — бровка; 7–10 — высшие водные растения; 11 — валик;
 b — ширина биоканала по дну; b_m — ширина бермы
 при пропуске бытовых расходов ($Q_{\text{быт}}$); $b_{\text{ЛОП}}$ — ширина бермы
 при пропуске летне-осенних дождевых паводков ($Q_{\text{ЛОП}}$);
 h_m — уровень воды в бытовой период; $h_{\text{ЛОП}}$ — уровень воды
 при пропуске $Q_{\text{ЛОП}}$; $h_{\text{вес}}$ — уровень воды при пропуске
 весеннего половодья; m_1, m_2, m_3 — коэффициенты
 заложения откосов.

Конструкции этого типа совмещают функции водосбросной сети и очистных сооружений, что значительно упрощает процесс доочистки возвратных вод. Однако применение для этих целей каналов общего принятого поперечного сечения связано с определенными трудностями. Это вызвано тем, что водосбросные каналы обычно выполняют функции магистральных и нагорных, что обуславливает резкое изменение расхода, а следовательно, уровней и скоростей движения воды в них в разные сезоны года.

Наиболее эффективно очистка и доочистка сточных вод с помощью ВВР происходит при минимальных скоростях их движения. С другой стороны, нормальное развитие ВВР обеспечивается при некоторых оптимальных (различных в зависимости от вида ВВР) глубинах воды. Хотя большинство видов ВВР выдерживают довольно длительное затопление даже в вегетационный период, оно действует на них угнетающе, а у некоторых видов, например у рогоза узколистного, отрицательно воздействует на созревание семян, что ухудшает процесс размножения этих растений.

Таким образом, мелиоративное сооружение для очистки (доочистки) сточных вод и возвратного стока должно удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Скорости движения воды должны быть минимальными.
2. Уровни воды должны поддерживаться в оптимальных пределах, определяемых видом ВВР.

3. Не допускается полное затопление ВВР в период летне-осенних паводков (или регулируется длительность его в зависимости от вида ВВР).

4. Не допускается полное пересыхание воды в сооружении, если по технологическим, гидрологическим и другим причинам отсутствует подача в него стоков, поверхностных и дренажных вод.

Учитывая то, что в мелиоративном канале практически невозможно поддерживать постоянный расход воды в связи с изменением в различные гидрологические периоды объема поверхностного и дренажного стока, разработана специальная его конструкция, обеспечивающая выполнение вышеперечисленных требований. Этот канал предназначен для сбора с прилегающего водосбора загрязненного поверхностного и дренажного стока и транспортировки его (а при необходимости и стоков, дополнительно подаваемых в канал) в водоприемник с одновременной очисткой посредством ВВР.

Особенностями данной конструкции является то, что в канале трапецеидальной формы поперечного сечения выполняют две бермы – нижнюю (на отметке горизонта воды в бытовой период) и верхнюю (на отметке горизонта воды в период летне-осеннего дождевого паводка).

На дне канала, выполненного с чередованием участков с прямым, нулевым и обратным уклоном, но со средним уклоном в сторону водоприемника, осуществлена посадка ВВР (например, рогоза узколистного). На нижней берме и откосах канала, расположенных между нижней и верхней бермой, осуществлена посадка осоковых, на верхней берме – посадка кустарниковой растительности. Она препятствует попаданию в канал во время снеготаяния и ливней пожнивных остатков и других крупных загрязнителей. Кроме того, образующийся прикорневой валик у кустарника на берме не препятствует попаданию в канал поверхностного стока, а служит дополнительным фильтром.

Работоспособность предлагаемой конструкции проверялась на полевых моделях. В качестве основного макрофита использовался рогоз узколистный (общая длина участков с этой ВВР – 55 м). Полевые модели были построены на оросительных системах Республики Беларусь и Российской Федерации. Осредненные результаты трехлетних исследований представлены в табл. 13.

Т а б л и ц а 13– Степень очистки загрязненных вод полевой моделью биомелиоративного канала

Показатель	Концентрация ингредиентов в воде биоканала		% очистки
	Исток	Устье	
K ⁺	<u>132,7</u>	<u>31,1</u>	<u>69,7</u>
	142,6	11,5	91,9
NH ₄ ⁺	<u>219,6</u>	<u>29,1</u>	<u>71,1</u>
	63,3	3,9	93,8
Ca ²⁺	<u>50,1</u>	<u>46,3</u>	<u>12,5</u>
	34,6	25,2	27,2
Mg ²⁺	<u>23,4</u>	<u>15,7</u>	<u>35,9</u>
	16,0	8,3	48,2
NO ₃ ⁻	<u>5,4</u>	<u>1,8</u>	<u>80,9</u>
	9,4	0,7	92,6
Cl ⁻	<u>96,6</u>	<u>28,5</u>	<u>70,7</u>
	95,2	7,7	91,9
PO ₄ ³⁻	<u>6,2</u>	<u>1,8</u>	<u>66,1</u>
	5,1	0,6	88,2

Примечание. В числителе приведены данные по Республике Беларусь, в знаменателе – по Российской Федерации.

Из анализа приведенных данных следует, что биомелиоративный канал обладает высокой очистительной способностью и может быть использован для очистки загрязненных вод.

Основная очистка в канале происходит в бытовой период, так как в паводковые периоды из-за разбавления чистой водой концентрация вредных веществ в стоке обычно значительно меньшая.

Поверхностный сток, поступающий в канал через его бровку, проходит многоступенчатую предварительную очистку (в основном от взвешенных веществ) на откосах и бермах канала.

Поэтому снижается вероятность заиления его русла на нулевых и отрицательных участках уклона. На этих участках создаются нормальные условия жизнедеятельности ВВР при отсутствии поступления стока в канал. При прохождении летне-осеннего паводка затапливается нижняя берма, благодаря чему резко увеличивается площадь живого сечения потока без значительного увеличения его глубины и скорости движения, поэтому ВВР на дне канала полностью не затапливается и не повреждается.

Весенний паводок проходит во вневегетационный период, поэтому уровень его не лимитирован жизнедеятельностью ВВР.

Во вневегетационный период (зимний) надземную и надводную массу ВВР сжигают или скашивают, чем предотвращается избыточное накопление на дне канала отмерших органических остатков (и заиление дна канала на участках с нулевым и обратным уклоном), а также вредных веществ, содержащихся в них.

Для доочистки возвратных вод применимы разнообразные сооружения и конструкции. Простейшим и необходимым водоохраным сооружением является ограждающая сеть, препятствующая попаданию возвратного стока в гидрографическую сеть. Она выполняется или в виде ограждающих каналов, или в виде ограждающих засеваемых дамб (высота – 0,5–1,5 м, заложение откосов: верхового – более 3, низового – 1,5–2,5, ширина по верху – 3 м и более). В пониженных элементах рельефа, где в сбросной канал возможно сосредоточенное поступление загрязненного поверхностного стока, можно устраивать каналы-накопители-фильтры (рис. 8), работающие в режиме предварительной доочистки возвратных вод. Основная доочистка в этой конструкции происходит во время фильтрации загрязненного стока через ограждающие дамбы. Для дополнительной доочистки возвратных вод в каналах-накопителях рекомендуется высаживать высшую водную растительность.

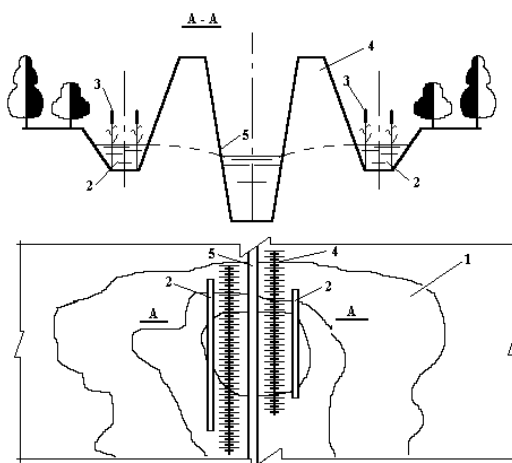
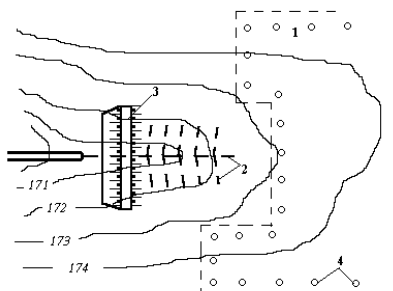


Рисунок 8– Канал-накопитель-фильтр:

1 – поля орошения; 2 – канал-накопитель; 3 – высшая водная растительность;
4 – ограждающая фильтрующая дамба; 5 – сбросной канал

Пруды-фильтры (рис. 9) работают по тому же принципу, что и каналы-накопители-фильтры. Они могут устраиваться в пониженных элементах рельефа, в том числе и непосред-

ственно на сбросном канале – на участке предварительной или основной доочистки возвратных вод.



6

Рисунок 9– Пруд-фильтр:

1 – поля орошения; 2 – дренаж в ложе пруда;
3 – дамба пруда; 4 – защитные лесополосы

Биологические пруды с посадками ВВР рекомендуется применять на первой стадии доочистки возвратных вод при каскадном устройстве накопителей. В качестве ВВР (макрофитов) можно использовать рогоз узко- и широколистный, камыш, тростник, аир. Конструктивно это мелководные (1–3 м) пруды с посадками ВВР, особенностью которых является наличие альгобактериального комплекса, обеспечивающего в процессе жизнедеятельности очистку воды, в основном от биогенных элементов, органических веществ, БГКП, ПАВ, нефтепродуктов. Интродукция в прудах ВВР позволяет использовать дополнительный механизм очистки, свойственный сообществам макрофитов (минерализующая деятельность перифитона ВВР, поглощение и накопление загрязняющих элементов как самими макрофитами, так и фито- и бактериопланктоном, обитающим в их зарослях).

В значительной мере очистительная способность ВВР зависит от их вида, режима работы. В среднем содержание азота снижается на 10–80 %, органических веществ – до 90 %, взвешенных веществ – до 98 %, БГКП – на 98 %.

Ориентировочные показатели очистительной способности ВВР приведены в табл. 14.

Таблица 14–Показатели эффективности очистки сточных вод ВВР

Контролируемый показатель	До очистки ВВР (после отстаивания)	После очистки ВВР	Процент очистки
ХПК, мг O ₂ /л	50,3	10,0	19,9
ВПК, мг O ₂ /л	13,7	6,4	46,7
Щелочность, мг-экв/л	2,4	2,0	83,3
Жесткость, мг-экв/л	1,6	1,0	62,5
Хлориды, мг/л	37,9	14,5	38,2
Сульфаты, мг/л	98,0	42,1	42,9
Фосфаты, мг/л	1,4	0,3	21,4
Нитриты, мг/л	6,2	0,25	4,0
Нитраты, мг/л	2,5	1,03	41,2
Аммонийный азот, мг/л	6,9	0,94	13,6
Взвешенные вещества, мг/л	280,0	42,0	15,0
Сухой остаток, мг/л	4305,0	10,4	0,24
Общее микробное число	2,3 ¹⁰	0,4 ¹⁰	17,4

Данный способ очистки и доочистки стоков гораздо менее капиталоемкий в сравнении с промышленными способами (применением аэротенков, биофильтров и др.), но он требует

использования больших водных площадей, длителен по времени и не освобождает от необходимости периодического удаления накопившихся в прудах-отстойниках илов.

Для интенсификации процесса очистки стоков, в основном в безморозные периоды, предлагается использовать культуру высшей водной растительности, способную к быстрому росту, размножению и интенсивному поглощению из водной среды практически всех биогенных элементов и их соединений. Одним из экономически эффективных способов очистки (доочистки) является метод с применением тропического цветкового растения эйхорнии (водного гиацинта). Это растение является представителем высшей водной растительности и способно к быстрому росту при периодическом удалении излишков. В процессе очистки стоков с помощью эйхорнии водные объекты освобождаются от многих биогенных элементов и их соединений, значительно снижается активность тяжелых металлов и радионуклидов. Происходит разрушение органических соединений, фенолов, нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ.

Третий вопрос

Способность ВВР к накоплению, утилизации, трансформации многих веществ делает их незаменимыми в процессе самоочищения водоемов. Полученные данные о проведенных работах по очистке и доочистке сточных вод с помощью ВВР отвечают требованиям и санитарно-гигиеническим показателям, предъявляемым к качеству воды, выпускаемой в естественные водоемы либо подаваемой в систему оборотного водоснабжения или для различных технологических целей. Наибольшая экологическая эффективность достигается при применении комплекса мероприятий (табл. 15).

Т а б л и ц а 15– Экологическая эффективность водоохранных мероприятий по снижению содержания биогенных элементов в водных объектах

Наименование мероприятия	Экологическая эффективность, %
1. Создание в водоеме зоны высших водных растений	20–40
2. Систематическое скашивание осенью водной растительности	45–55
3. Очистка ложа от илистых отложений	20–40
4. Регулирование русел рек	10–30
5. Борьба с синезелеными водорослями	55–65
6. Оборудование мест для водопоя скота	5–15
7. Аэрация водоемов	30–50

Кроме биологических прудов с посадками ВВР разработаны конструкции биологических отстойников, которые представляют собой разновидность биологических прудов. Устраиваются на водосбросных каналах в пониженных элементах рельефа в виде безуклонной выемки, которая конструктивно выполняется глубже канала на 0,3–0,5 м за счет сосредоточенного прямого и обратного уклона его (рис. 10).

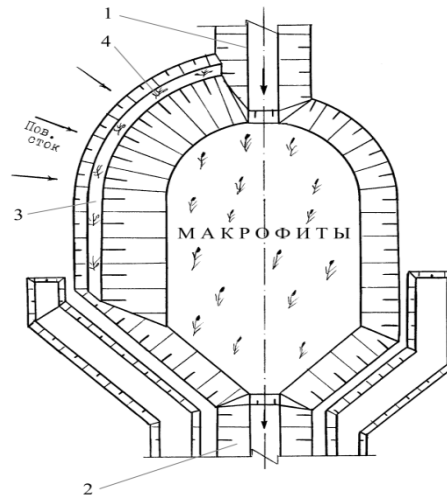


Рисунок 10– Биологический отстойник:
 1 – подводящий канал; 2 – отводящий канал; 3 – берма;
 4 – кустарниковая растительность

На дне отстойника высаживаются макрофиты. Крутизна откосов отстойника и канала принимается одинаковой за исключением откоса, где возможен сосредоточенный приток в канал поверхностного стока в месте пересечения каналом ложбины. Этот откос выполняется более пологим с коэффициентом заложения 3–6. Он закрепляется сплошной одерновкой. Для предварительной очистки поверхностного стока на этом откосе выполняется берма, на которой высаживается кустарниковая растительность. Сужение выходной части отстойника обеспечивает повышение скоростей движения воды в нем и самопромывку этой части отстойника от наносов в период паводка. Для этой же цели входная часть отстойника выполнена криволинейной в плане, что обеспечивает завихрение воды на входе. Размеры отстойника рассчитываются исходя из необходимого времени контакта воды с ВВР в расчетный период.

Стоки, проходящие доочистку в таких отстойниках, должны быть предварительно очищены от взвешенных веществ, так как очистка отстойников без повреждения ВВР затруднительна.

Для нормальной жизнедеятельности макрофитов нежелательны большие уровни очищаемых стоков в отстойниках, поэтому подачу стоков в них желательно выполнять через водорегулирующие сооружения.

В частности, биологический отстойник можно использовать в качестве сооружения для доочистки возвратного стока, где подача очищаемой жидкости осуществляется через водосбросное регулирующее сооружение.

Размеры отстойника (площадь F , занимаемая макрофитами) определяются из соотношения

$$F = \frac{W(C_i - \text{ПДК}_i)}{V_i}, \quad (2)$$

где W – объем очищаемой воды, м^3 ;

C_i – концентрация i -го загрязняющего элемента в очищаемой воде, $\text{г}/\text{м}^3$;

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го элемента, $\text{г}/\text{м}^3$;

V_i – очистительная способность макрофитов по снятию i -го загрязнителя в очищаемой воде, $\text{г}/\text{м}^2$.

Расчеты проводятся для всех загрязнителей, концентрация которых превышает ПДК. За расчетную площадь принимается наименьшая.

В данной конструкции рекомендуется использовать автоматические водосбросы, причем забор воды должен осуществляться не только с поверхности, но и из глубины накопителя – для улучшения его санитарного состояния.

Накопитель также можно использовать для частичной доочистки стоков посредством ВВР, которую культивируют на специальных бермах для обеспечения нормальных условий ее жизнедеятельности.

Эффективность очистки возвратного стока может быть существенно повышена применением специальных отстойников. Конструкция одного из них приведена на рис. 11.

Отстойник работает следующим образом. Загрязненная вода через входной канал 1 подается в первую секцию 3 отстойника. Вследствие резкого увеличения площади живого сечения потока скорость движения воды уменьшается и взвешенные вещества выпадают на дно первой секции 3.

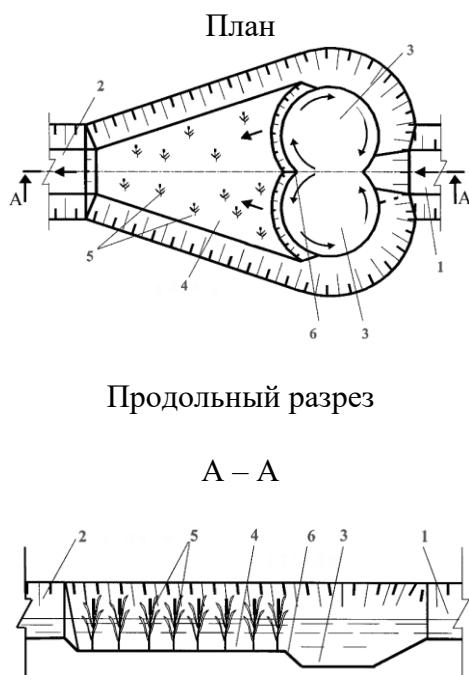


Рисунок 11 – Гравитационно-биологический отстойник для очистки загрязненных вод:

1 – входной канал; *2* – выходной канал; *3*, *4* – секции отстойника; *5* – высшая водная растительность; *6* – струенаправляющая грань

В связи с тем что первая секция 3 отстойника выполнена глубиной большей, чем вторая секция 4, а также с тем, что первая секция 3 в плане выполнена в виде окружностей, сопряжение секций отстойника 3 и 4 образует струенаправляющую грань 6. Ось входного канала пересекает окружности, образующие первую секцию 3 отстойника, по хорде длиной меньше их диаметра, поэтому во время движения воды по первой секции 3 поток воды отклоняется в стороны струенаправляющей гранью 6. Возникает медленное круговое движение воды. Путь прохождения ее по первой секции 3 отстойника значительно увеличивается, что способствует более полному выпадению взвешенных частиц в осадок.

По мере заполнения первой секции 3 отстойника верхний (наиболее очищенный) слой воды переливается через струенаправляющую грань 6 и поступает во вторую секцию 4 с высшей водной растительностью 5, где происходит биологическая очистка воды от растворенных в ней химических соединений.

При пропуске промывных расходов (например, наименее загрязненных химическими соединениями паводковых вод – при использовании отстойника в качестве конструктивного элемента гидромелиоративных систем) повышенные скорости потока с круговым движением способствуют промывке первой секции 3 отстойника. При недостаточности промывки можно периодически подчищать эту секцию экскаваторами, причем высшая водная растительность 5 не повреждается, так как она культивируется только во второй секции 4 отстойника.

Вторая секция 4 отстойника в плане выполнена сужающейся к выходному каналу 2, что приводит к постепенному увеличению скорости потока и препятствует заилению этой секции.

Вторая секция 4 отстойника в вертикальной плоскости выполнена глубже, чем выходной канал 2. Поэтому в ней будет поддерживаться необходимый для нормальной жизнедеятельности высшей водной растительности 5 уровень воды даже при кратковременном прекращении подачи ее в отстойник (по технологическим причинам или природным факторам).

Площадь F , занимаемая ВВР, определяется по формуле (2).

Расчеты проводятся для всех загрязнителей, концентрация которых превышает ПДК. За расчетную принимается наибольшая площадь.

Радиус окружности первой секции двухсекционного отстойника по дну рассчитывается по зависимости

$$r = \frac{Q - Vmh^2}{2Vh}, \quad (3)$$

где Q – расход очищаемой жидкости, проходящей по каналу, м³/с;

V – средняя скорость движения воды по первой секции, м/с;

m – коэффициент заложения откосов первой секции;

h – глубина потока воды в первой секции при пропуске расчетного расхода, м.

Среднюю скорость потока можно определить по формуле

$$V = AQ^{0,2}, \quad (4)$$

где A – эмпирический коэффициент; $A = 0,033$ для $\bar{W} < 1,5$; $A = 0,044$ для $\bar{W} = 1,5-3,5$; $A = 0,055$ для $\bar{W} > 3,5$ (\bar{W} – средневзвешенная гидравлическая крупность наносов, мм/с);

Q – расчетный расход, м³/с.

Ориентировочно среднюю скорость потока в зависимости от средневзвешенной гидравлической крупности наносов можно принять в пределах 0,02–0,05 м/с.

Расстояние между центрами окружностей первой секции равно:

$$B = (0,7-0,8) 2r. \quad (5)$$

Глубина второй секции отстойника принимается на 0,2–0,4 м больше глубины канала, а первой – на 0,7–1,0 м больше глубины второй.

Применение отстойника позволяет значительно улучшить экологическую обстановку на полях орошения. Он может быть использован как в качестве самостоятельного очистного сооружения, так и в качестве конструктивного элемента комплекса сооружений по очистке загрязненных в процессе производства вод.