

# ОБРАТНЫЙ ДРЕНАЖ

Авторы: **Андрей Захаренко**, технический консультант Гродан  
**Андрис Стукс**, старший консультант Synergy Solutions

С гектара современной теплицы сбрасывают около 8000 м<sup>3</sup> дренажа в год. Благодаря досветке это значение мало зависит от расположения комбината. При повторном использовании дренажа можно сэкономить не менее 350 000 рублей с гектара. Из чего это складывается, вы сможете прочитать в этой статье.



## РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

На комбинатах боятся использовать дренаж из-за рисков распространения вирусных и бактериальных инфекций: бешенных корней, ВЗКМО и бактериозов. Действительно, даже один огурец с растения, потерянный из-за повторного использования дренажа, ставит под вопрос окупаемость. Поэтому риски развития болезней необходимо полностью устранить дезинфекцией дренажа.

Для стерилизации дренажа важна его цветность и мутность. Дренаж из матов Гродан не окрашен, и его можно повторно использовать с самого начала. Дренаж из органического субстрата долгое время остается окрашенным и затрудняет повторное использование.

Для описания эффективности удаления патогенов используется показатель логарифмического сокращения, где каждая единица – это десятикратное снижение популяции. Так, сокращение популяции на 4 порядка (99,99%) достаточно для повторно использования дренажа. Для этого можно использовать разное оборудование.

## ТЕРМИЧЕСКИЙ ДЕЗИНФЕКТОР

Нагревание – это простой и эффективный метод борьбы с патогенами. Нагревание воды до темпера-

туры 85–90 °С в течение нескольких минут уничтожает большинство патогенов, а выше 90 °С убивает ToBRFV и ВЗКМО при экспозиции не менее 3 минут (Prince, 1940). Нагревание только частично разрушает пестициды, как и хелатные формы удобрений, поэтому необходимо частично сбрасывать дренаж после внесения препаратов и наладить обязательный контроль содержания микроэлементов в подаче. Несмотря на наличие теплообменника, нагревание требует много энергии, что зачастую делает этот метод дезинфекции нецелесообразным на фоне других способов.

## ДЕЗИНФЕКЦИЯ УЛЬТРАФИОЛОТОМ

В основе метода лежит использование ультрафиолетового света (УФ) длиной волны 200–280 нм, разрушающего ДНК и РНК патогенов. Дозы излучения для эффективной дезинфекции зависят от патогена: для агробактерий требуется около 40 мДж/см<sup>2</sup>, для ToBRFV – около 250 мДж/см<sup>2</sup>, а для ВЗКМО – порядка 150 мДж/см<sup>2</sup> (Martín-Sómer M. et al., 2005).

УФ-излучение теряет эффективность в мутных и цветных растворах и неспособно самостоятельно разрушать хелаты и пестициды. Для этого требуются высокие дозы облучения или комбинация УФ с окислителями. Пестициды в поливной воде также вынуждают сбрасывать дренаж, чтобы патогены не развивали резистентность от разбавленных доз пестицидов. Железо в концентрации выше 0,3 мг/л и мутность выше 2 мг/л снижают эффективность УФ-облучателей, а в дренаже эти параметры обычно гораздо выше. Поэтому перед лампами устанавливают модули обезжелезивания и фильтры грубой очистки, которые требуют пристального внимания и обслуживания. За 10–16 тысяч часов наработки лампы теряют эффективность. Они содержат ртуть и требуют особой утилизации. Вероятно, в будущем они будут заменены на светодиодные источники света, более долговечные (Martín-Sómer M. et al., 2005), но не менее требовательные к мутности и цветности дренажа.

При обработке ультрафиолетом возможно образование нитритов, особенно при pH раствора выше 7 и в бескислородной среде. Нитриты, накопленные при облучении, могут быть токсичны. Огурцы более чувствительны: уже при 1–5 мг/л растения отстают в развитии (Voogt, 2008). Поэтому на огурцах УФ-установки используют с осторожностью. Для решения проблемы с нитритами можно комбинировать УФ-установки с окисными модулями – озоном или дозацией перекиси.

## ОЗОН

Озон (O<sub>3</sub>) – сильный окислитель, который разрушает вирусы и бактерии. Озон разлагает пестициды (Van Ruijven J. et al., 2015) и хелатные формы удобрений. Озонирование вызывает рост нитратов в воде за счет окисления органического и минерального азота соединений. Учитывайте это при составлении питательного рецепта.

При совместном использовании озонаторов с УФ-установками можно достичь более глубокой дезинфекции, так как УФ-излучение способствует формированию

большого числа радикалов кислорода из молекулы озона. Озон быстро разлагается на кислород и не сможет навредить культуре, однако, при недостаточной экспозиции раствора, озон может попасть в корневую среду и навредить растениям. При утечке озона в атмосферу вред может быть нанесен уже и человеку. Для работы озонатора нужен или чистый кислород, или атмосферная подача. При использовании атмосферного кислорода нужны фильтры для очистки воздуха от влаги и пыли.

## ФИЛЬТРАЦИЯ

Фильтры с мелкими порами способны разделить микроорганизмы и раствор. Размер пор определяет скорость фильтрации и группы отделяемых патогенов. Поры размером 0,1 мкм и менее отделяют бактерии, а 0,005 мкм вирусы. По размерам пор выделяют ультра- и нано- фильтрацию, хотя границы между ними условны и пересекаются.

Вода и растворенные удобрения проходят сквозь поры под давлением от насоса, а микробы остаются в концентрате. Крупные частицы собираются снаружи мембраны, затрудняя фильтрацию и снижая скорость. Потому мембраны автоматически промываются обратным током, смывая накопившееся загрязнение. Промывка дает концентрат, который можно использовать для наиболее раннего обнаружения патогенов. Ведь в более концентрированном растворе вероятность обнаружить патоген многократно возрастает.

Фильтрация обесцвечивает раствор, поскольку удаляет из него сложные органические молекулы, в том числе и хелаты железа.

Мы рассмотрели несколько принципиально разных установок по очистке дренажа. Каждая имеет свои сильные и слабые стороны, поэтому мы рекомендуем выбирать с учетом рисков, эффективности, и капитальных и операционных затрат (таблица 1). Кроме того, специалисты Гродан помогут вам разобраться не только с поливами на каменной вате, но и с питанием растений, составлением сложных растворов, в том числе с использованием обратного дренажа.

**Таблица 1. Ориентировочная стоимость установок по очистке дренажа производительностью 15 м³**

Дезинфектор	Капитальные затраты, евро	Операционные расходы на 1000 м³, евро
Озон	75 000	163–170
Ультрафиолет	45 000	155–160
Тепловой	53 000	500–600
Ультрафильтрация	45 000	120–150
NUF	29 000	100–110

В расчетах цена электричества принята 7 рублей за кВт\*час

**БАЛЛАСТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИ ПОДМЕСЕ**

Высокое содержание некоторых элементов в исходной воде препятствует подмесе дренажа. Это прежде всего Na, а также Cl, S, и Mg. Растения не способны к активному выносу этих элементов, потому они накапливаются в субстрате, повышая концентрацию раствора. Высокая концентрация ограничивает доступность воды и снижает урожай. В зависимости от культуры и метода выращивания можно выделять разные уровни качества воды, ограничивающие подмес (таблица 2). Группа 1 – хорошее качество воды, дренаж можно подмешивать, группа 2 – потребуется на 5–20% больше дренажа, повторное использование дренажа будет ограничено, группа 3 – нельзя использовать для гидропоники без дополнительной обработки. Если нет другого источника воды, то стоит использовать обратный осмос для удаления солей.

Лишние элементы в питательном растворе могут помешать дать достаточно элементов питания. Например, для сборов среднеплодного огурца в 4,0 кг/м² в неде-

лю и поливе около 4,3 л/м² в день нужно не менее 11 ммоль/л К на подаче. Содержания Са и Mg составят около 5 и 2 ммоль/л соответственно, и ЕС такого раствора будет не менее 2,5 мСм/см. Кажется, что всю оставшуюся концентрацию можно заполнить Na, но он будет накапливаться в дренаже все больше и больше. Так, в модельном эксперименте было показано значительное накопление натрия. При концентрации Na в сырой воде в 0,8 ммоль/л и полном использовании дренажа за 17 недель оборота концентрация на подаче выросла до 8 ммоль/л Na (Savvas et al, 2005). Поэтому концентрация Na в мате должна быть строго меньше концентрации К и не более 1–0,5 ммоль/л для полного использования дренажа (таблица 3).

**Таблица 3. Ограничения по Na при полном использовании дренажа**

Культура	Na в субстрате, ммоль/л	Na на подаче, ммоль/л
Томат	< 8	< 0,9
Огурец	< 6	< 0,7
Роза	< 4	< 0,3
Баклажан	< 6	< 0,4
Перец	< 6	< 0,4
Клубника	< 4	< 0,3

**АНАЛИЗЫ ДРЕНАЖА**

Для полного повторного использования дренажа обязательно знать состав приходящего раствора, и он не должен меняться во времени. Значит, потребуется не менее трех емкостей для дренажа: для сбора грязного дренажа, емкость для накопления чистого дренажа и для расходования чистого дренажа после анализа состава. Перед началом забора чистого дренажа сделайте качественный химический анализ. Можно выделить следующие критерии качества анализа:

– **Сходимость и баланс. Сумма катионов равна сумме анионов, выраженных в ммоль/л, и деленые на 10, соответствуют ЕС в мСм/см. Подробнее об этом рассказано в курсе на по ссылке:**



<https://university.rwl.ru/courses/258>

– **Воспроизводимость. Анализы продолжают сходиться и быть точными при повторении.**

Поэтому частичные анализы имеют мало смысла – если есть данные не о всех макроэлементах, то невозможно проверить суммы ионов и их соответствие с концентрацией. На основе анализа можно рассчитать долю подмеса и рецепт.

Растения активно поглощают из раствора К и NO<sub>3</sub>, поэтому их уровень в субстрате снижается относительно подачи. В то же время употребление S, Cl, Са и Mg идет пассивным образом, и они накапливаются в мате, а значит, и в дренаже. Так, при неконтрольном подмешивании дренажа растения могут остаться без К и NO<sub>3</sub>, что приведет к проблемам. Поэтому обычно рекомендуют не менее половины ЕС давать удобрениями, когда на другую полови-

ну ЕС придется смесь воды и дренажа. Зная точный состав дренажа, можно ориентироваться не только на ЕС растворов, но на отдельные элементы, что исключает ошибки и позволяет подмешивать больше дренажа вплоть до полного его использования.

**РАСЧЕТ РЕЦЕПТА С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПОДМЕСА ДРЕНАЖА ПО ЕС**

Этот метод актуален, если вы делаете анализ дренажа раз в неделю, и дренаж одновременно расходует и накапливается. Тогда при подмесе следует быть осторожным и использовать не более половины удобрений, или ЕС, из дренажа. Это можно задать в настройках климатического компьютера. В Фито – «держать ЕС возврата», в Priva – i403, строка 3 «требуется», «столбец ЕС подачи». Нужно помнить, что задаваемое значение описывает концентрацию от смешения воды и дренажа. Рассмотрим пример расчета подмеса дренажа на томате.

В строчках 1, 2 и 3 таблицы 4 собраны рецепт и анализы дренажа и воды, соответственно. Для примера возьмем крайний случай, когда в финальном рецепте удобрения будут наполовину возвращены в полив. Рассчитаем объемную долю дренажа в финальном растворе:

$$V_{\text{дренаж, \%}} = (ЕС_{\text{воды}} - ЕС_{\text{подача}} * \%_{\text{подмеса}}) / (ЕС_{\text{вода}} - ЕС_{\text{дренаж}}), \text{ где}$$

ЕС<sub>дренаж</sub> – концентрация дренажа,  
 ЕС<sub>подача</sub> – концентрация смеси воды и дренажа,  
 %<sub>подмеса</sub> – желаемая доля ЕС от воды и дренажа, в примере – 50%.  
 ЕС<sub>вода</sub> – концентрация воды из основного источника,  
 При этом доля дренажа связана с долей сырой воды:  
 V<sub>дренаж, \%</sub> = 100 – V<sub>воды, \%</sub>.

Так, если желаемая концентрация на подаче ЕС<sub>подача</sub> = 2,8 (таблица 4), то максимум что мы будем получать из смеси дренажа и воды, это 2,8:2 = 1,4. При концентрации дренажа в 4 и воды в 0,36 их вклад в объем раствора составит 29 и 71% соответственно. Отсюда можно рассчитать концентрацию каждого элемента:

$$C_{\text{подача}} = C_{\text{дренаж}} * V_{\text{дренаж}} + C_{\text{вода}} * V_{\text{вода}},$$

строка 4 в таблице 4.

Тогда количество необходимых удобрений можно рассчитать, вычитая из рецепта концентрации смеси воды и дренажа, строка 5 в таблице 4.

**Таблица 4. Пример расчета подмеса дренажа с ограничением подмеса дренажа по концентрации в 50%**

	ЕС	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Na	S-SO <sub>4</sub>	Cl
1 Рецепт	2,8	17,5	1,2	1,5	10,8	5,5	2,5	0,0	4,4	1,7
2 Дренаж	4,0	24,6	0,0	0,6	9,0	10,0	5,5	0,0	6,5	2,4
3 Вода	0,4	2,9	0,0	0,0	0,0	1,0	0,8	0,0	0,4	0,0
4 Вода и дренаж	1,4	9,1	0,0	0,2	2,6	3,6	2,1	0,0	2,1	0,7
5 Добавить удобрений		8,4	1,2	1,5	8,2	1,9	0,4		2,3	1,0

Получившийся в строке 5 рецепт можно рассчитать и распределить по маточным бакам. Как видно из полученных цифр со временем будут накапливаться S, Cl, Са и Mg, и доля этих элементов в маточных баках будет снижаться, а N и К – расти.

Отдельно следует остановиться на фосфоре. С ростом pH фосфаты теряет мобильность и выпадают в осадок. Поэтому фосфор лучше давать целиком из удобрений, без учёта возвращающегося дренажа, и компенсировать его добавление или снижением нитрата или добавлением калия. Аналогичное актуально и для хелатных форм микроэлементов, в особенности железа. Бор можно возвращать с дренажом.

Такой способ подмеса позволяет экономить порядка трети стоимости удобрений при возврате дренажа (таблица 6).

**РАСЧЕТ РЕЦЕПТА С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ОТДЕЛЬНОМУ ЭЛЕМЕНТУ**

Ограничение в подмесе дренажа можно обойти. Это актуально в разных ситуациях:

1. Дренажа очень много, и вся вода на полив может быть дренажом. Так бывает, если дренаж из-под огурца используется в полив томата, например, при начале работы с дренажом или опасении распространения заболеваний.

2. В воде избыток некоторых элементов питания, чаще всего Na или Mg, и они накапливаются в дренаже, тогда долю подмеса придется сократить.

Рассмотрим пример из таблицы 5. Применим формулу 1 не к концентрации, а каждому отдельному элементу, без коэффициента перед концентрацией на подаче:

$$V_{\text{дренаж, \%}} = (C_{\text{воды}} - C_{\text{подача}}) / (C_{\text{вода}} - C_{\text{дренаж}})$$

где С – концентрация каждого макроэлемента в ммоль/л.

**Таблица 5. Пример расчета подмеса дренажа с ограничением подмеса дренажа по отдельному элементу**

	ЕС	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Na	S-SO <sub>4</sub>	Cl	Cl
1 Рецепт	2,8	17,5	1,2	1,5	10,8	5,5	2,5	0,0	4,4	1,7	1,7
2 Дренаж	4,0	24,6	0,0	0,6	9,0	10,0	5,5	0,0	6,5	2,4	2,4
3 Вода	0,4	2,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,8	0,0	0,4	—	0,0
4 Возможная доля	67%	67%	—	247%	120%	50%	36%	—	66%	71%	0,7
5 Вода и дренаж	1,7	10,7	0,0	0,2	3,3	4,3	2,5	0,0	2,6	0,9	1,0
6 Добавить удобрений	1,1	6,8	1,2	1,5	7,5	1,2	0,0	0,0	1,8	0,8	1,0

Минимальное значение в примере: 36% соответствует Mg. Если допустить весь Mg на подаче из дренажа и воды, то доля подмеса по ЕС возрастет с 29% из прошлого примера до 36%.

В таблице цветом выделен магний. Теперь его можно не добавлять в заправку, и он целиком подается только из дренажа и воды.

С таким методом подмеса экономия возрастает от 31% до 37% без дополнительных вложений.

**Таблица 6. Цена макроэлементов в 1 м<sup>3</sup> маточных баков с разным подмесом. Расчет по оптовым ценам удобрений в центральной части России на осень 2024 г.**

Тип подмеса	Цена, руб.	Экономия
Без подмеса дренажа	12 690	0%
С подмесом по 50% ЕС	8754	31%
С подмесом по элементам	8000	37%

Повторное использование дренажа – это простой метод увеличения эффективности производства. Перед его использованием следует убедиться в качестве дезинфекции раствора и наладить качественный химический анализ на предприятии или в лаборатории. Специалисты Гродан всегда готовы вам помочь разобраться в этом вопросе.

## ВЫВОДЫ:

- Использование обратного дренажа значительно экономит удобрения и повышает их эффективность.
- Главное препятствие – риски распространения болезней. Потеря только одного плода с растения за весь оборот делает подмес нерентабельным.
- Наиболее рентабельный метод обеззараживания – фильтрация.
- Для подмеса дренажа нужен точный химический анализ подачи, вытяжки из мата и дренажа.
- В субстрате Na должно быть строго меньше, чем K.
- При одновременном накоплении и расходовании дренажа из одной емкости половина ЕС должна быть сложена удобрениями
- При точном составе дренажа можно увеличивать подмес до полной замены воды.
- Фосфор и микроэлементы всегда давайте целиком удобрениями



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lévesque S. et al. Comparative analysis of regenerative in situ electrochemical hypochlorination and conventional water disinfection technologies for growing ornamental crops with recirculating hydroponics //Agricultural Water Management. – 2022. – Т. 269. – С. 107673.
2. Martín-Sómer M. et al. A review on LED technology in water photodisinfection //Science of the Total Environment. – 2023. – Т. 885. – С. 163963.
3. Price W. C. Thermal inactivation rates of four plant viruses //Archiv für die gesamte Virusforschung. – 1940. – Т. 1. – С. 373–386.
4. Rossel Bernedo L. J. et al. Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable //Revista de Investigaciones Altoandinas. – 2020. – Т. 22. – №. 1. – С. 68–77.
5. Savvas D. et al. NaCl accumulation in a cucumber crop grown in a completely closed hydroponic system as influenced by NaCl concentration in irrigation water //European Journal of Horticultural Science. – 2005. – Т. 70. – №. 5. – С. 217.
6. Sonneveld C. et al. Plant nutrition in future greenhouse production. – Springer Netherlands, 2009. – С. 147.
7. Van Ruijven J. et al. Double use of water treatment in soilless growing systems: disinfection of recirculating solution and removal of plant protection products from discharge water //International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses-GreenSys2015 1170. – 2015. – С. 571–588.
8. Voogt W., Enthoven N.L.M., Gademan W., Khodabaks R., Meijjs J., van Os E.A., Zwartveld D. Evaluatie risico's UV ontsmetting. Verkenning van de nitrietvorming en toxiciteit van nitriet. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, 2008. 15 с.



grdn-grow.ru  
andrey.zaharenko@rwl.ru  
тел: +7 926 091 27 20; +7 (495) 777 79 79  
Россия, г. Москва, 115054  
Павелецкая площадь, 2с2