

5-я серия

бесплатных
агро-
вебинаров



evasvet.ru/tm2026

теплый марафон 2026



без штрафных кругов

Анастасия Алексеевна Никифорова

Заведующая лабораторией диагностики фитопатогенов

МИКРОБИОЛОГИЯ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛИЧНЫХ КУЛЬТУР



Поливная вода как фактор фитосанитарного риска



В условиях интенсивного производства вода становится не только транспортом питательных веществ, но и носителем микрофлоры. Биопленки на трубах, фитингах, капельницах и миксере формируют скрытый резервуар бактерий и грибов, влияющий на здоровье растений и работу системы

Вода в системе: от источника к фитосанитарной нагрузке

Исходная точка

Исходная вода выглядит благополучно, но это не гарантирует стабильность микробиологического состава после прохождения всей гидросистемы. Именно поэтому важно отследить изменения по ходу движения потока

Точки контроля

Для оценки использовали 10 проб из: ВЗУ, накопительных ёмкостей, узла смешивания, капельных линий и дренажа. Такой набор позволяет увидеть не только источник, но и зоны нарастания загрязнения.

Где меняется вода

Основной интерес представляет переход от относительно «чистой воды» к участкам, где появляются условия для закрепления и размножения микроорганизмов. Здесь система начинает работать как биологически активная среда.

Центральный вопрос

Сравнение узлов даёт ответ на ключевой вопрос исследования: на каком этапе вода утрачивает исходную «чистоту» и становится фактором фитосанитарного риска для тепличных культур.

Биоплёнки как скрытый источник риска

➤ Структурированное сообщество

Биоплёнка — это не случайное скопление клеток, а упорядоченное сообщество, закреплённое на поверхности и защищённое матриком экзополисахаридов. Такая структура устойчива к вымыванию и обработке.

➤ Зоны формирования

Наиболее уязвимы внутренние поверхности труб, фитинги, миксер и эмиттеры. Именно здесь формируется скрытый резервуар бактерий и грибов, который постоянно подпитывает поливную воду.

➤ Технологический ущерб

Последствия проявляются не только в микробиологии, но и в эксплуатации системы: уменьшается проходимость капельниц, усиливается риск засоров и возрастает вероятность переноса инфекционного начала.

➤ Изменение свойств воды

По мере накопления биоплёнок вода перестаёт быть нейтральной средой. Она приобретает собственную биологическую активность и начинает участвовать в поддержании микробиологической нагрузки внутри системы.



Цель и логика исследования



Отбор проб по узлам системы

Схема отбора показывает, как вода проходит через ключевые узлы системы и где нужен контроль микробной нагрузки.	Равномерный отбор по пяти зонам позволяет сравнивать этапы системы и выделять участки с максимальным ростом обсеменённости.
---	---

Узлы системы полива	Кол-во отобранных проб, шт.
ВОДОЗАБОРНЫЙ УЗЕЛ (ВЗУ)	2
НАКОПИТЕЛЬНЫЕ ЁМКОСТИ	2
УЗЕЛ СМЕШИВАНИЯ (МИКСЕР)	2
КАПЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ	2
ДРЕНАЖ (ДО И ПОСЛЕ ОТЧИСТКИ)	2

* Материалы и методы исследования; 10 проб воды из пяти зон системы полива

Методы количественного микробиологического анализа

Метод посева

Общее микробное число определяли методом глубинного посева: 1 мл пробы вносили в стерильную чашку Петри и заливали расплавленным агаром, охлаждённым до 45 °С.

Единицы измерения

Колонии учитывали в пересчёте на 1 см³ пробы, что делает данные сопоставимыми между разными узлами системы и разными этапами прохождения воды.

Селективные среды

Для учёта бактерий использовали мясопептонный агар, а для выделения грибов — среду Чапека. Это позволяет отдельно оценивать бактериальную и грибную составляющие микрофлоры.

Как читать результаты: КОЕ/см³ и среды

01

Что измеряет показатель

Чем выше значение КОЕ/см³, тем интенсивнее микробное загрязнение и выше вероятность образования биоплёнок, засоров и фитосанитарных проблем в тепличной системе.

02

Зачем нужны разные среды

МПА используют для бактерий, а среду Чапека — для мицелиальных грибов. Разные среды позволяют увидеть, какие группы микроорганизмов доминируют в конкретной точке.

03

Как интерпретировать рост

КОЕ/см³ показывает, сколько колониеобразующих единиц содержится в одном кубическом сантиметре пробы. Этот показатель удобен для прямого сравнения узлов системы между собой.

Бактерии обнаружены во всех пробах



Во всех пробах обнаружена бактериальная микрофлора, что подтверждает рост обсеменённости уже на уровне инфраструктуры полива.

Нагрузка возрастает по ходу системы, а дренаж до очистки даёт максимум. Процесс очистки значительно снижает уровень нагрузки, однако не гарантирует полное удаление микроорганизмов.

83–84 КОЕ/см³

— это умеренный рост бактериальной нагрузки по сравнению с ВЗУ.

Накопительные ёмкости уже показывают выход воды из уровня исходного источника и начало накопления микрофлоры.

*Комплексный микробиологический анализ 10 проб воды.

Узел смешивания как первая горячая точка

➤ Резкий переход

После узла смешивания вода уже проходит через контакт с удобрениями и интенсивным перемешиванием, поэтому микробная нагрузка заметно возрастает. Именно здесь система впервые демонстрирует устойчивый переход от исходной «чистоты» к биологически активной среде.

➤ Условия для роста

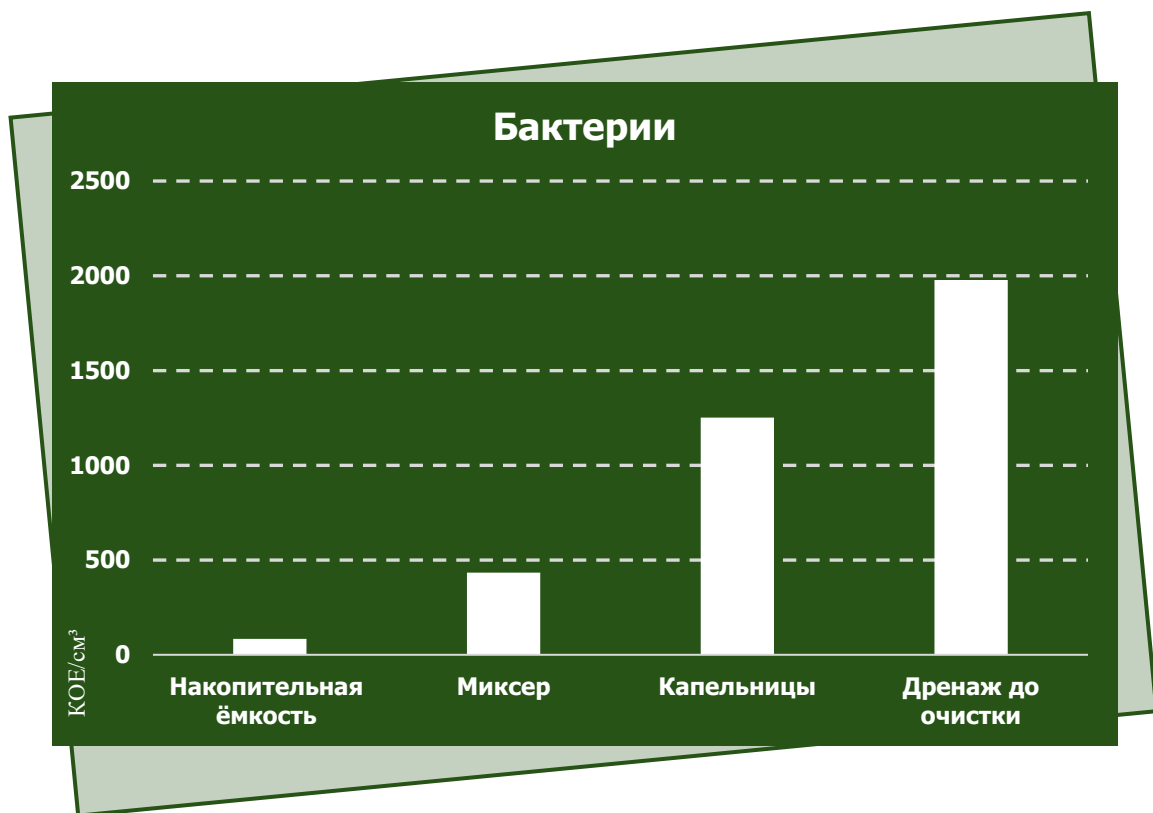
Миксер создаёт турбулентность, а вместе с ней — лучшее перемешивание питательного раствора и доступ кислорода. Для бактерий это означает ускоренную адаптацию, рост численности и более быстрое закрепление на поверхностях.

➤ Скрытый резервуар

На внутренних стенках узла смешивания легко формируются биоплёнки, которые защищают клетки от вымывания. Они становятся постоянным источником микрофлоры, из-за чего миксер следует рассматривать как первую «горячую точку» системы.



Капельницы: зона максимального роста бактерий



Капельницы работают как участки максимального риска: малый диаметр каналов, застой и постоянное поступление питательных веществ создают условия для накопления микрофлоры

После миксера нагрузка ускоренно растёт и достигает пика в капельницах; это подтверждает их роль основного участка микробной пролиферации.

1978 КОЕ/см³

зафиксировано в дренаже до отчистки,
что стало максимальным значением в
системе

Дренаж до очистки отражает
суммарное состояние корневой зоны
и всей гидросистемы: в него попадают
микрофлора, органические остатки
и метаболиты.

Эффект очистки дренажа: снижение в 6 раз



Очистка дренажной воды заметно снижает бактериальную нагрузку, но не устраняет микрофлору полностью. Остаточные клетки сохраняют потенциал повторного заселения системы.

Снижение примерно в шесть раз подтверждает эффективность обработки, однако сохранение 327 КОЕ/см³ требует дальнейшего санитарного контроля.

Бактериальная нагрузка вдоль системы



Последовательность значений показывает, что система не сохраняет исходное состояние воды: на каждом этапе микробиологическая нагрузка возрастает, особенно после миксера и в зоне эмиттеров.

График демонстрирует устойчивый рост обсеменённости вдоль технологической цепочки и частичное восстановление после очистки дренажа.

Почему миксер и капельницы стали горячими точками



➤ Питательная база

В узле смешивания вода получает удобрения и проходит интенсивное перемешивание, поэтому бактерии быстрее переходят в активный рост. Дополнительная питательная база усиливает обсеменённость уже на раннем этапе

➤ Застой и адгезия

В капельницах поток замедляется, а в узких каналах появляются застойные зоны. Это повышает вероятность адгезии клеток к поверхности и облегчает формирование устойчивых биоплёнок.

➤ Уязвимость эмиттеров

Малый диаметр эмиттеров делает их особенно чувствительными к накоплению микрофлоры. Даже небольшое загрязнение быстро влияет на проходимость, поэтому капельницы становятся ключевым участком фитосанитарных рисков.

Почему дренаж показал максимум

Суммарный вклад зоны корней

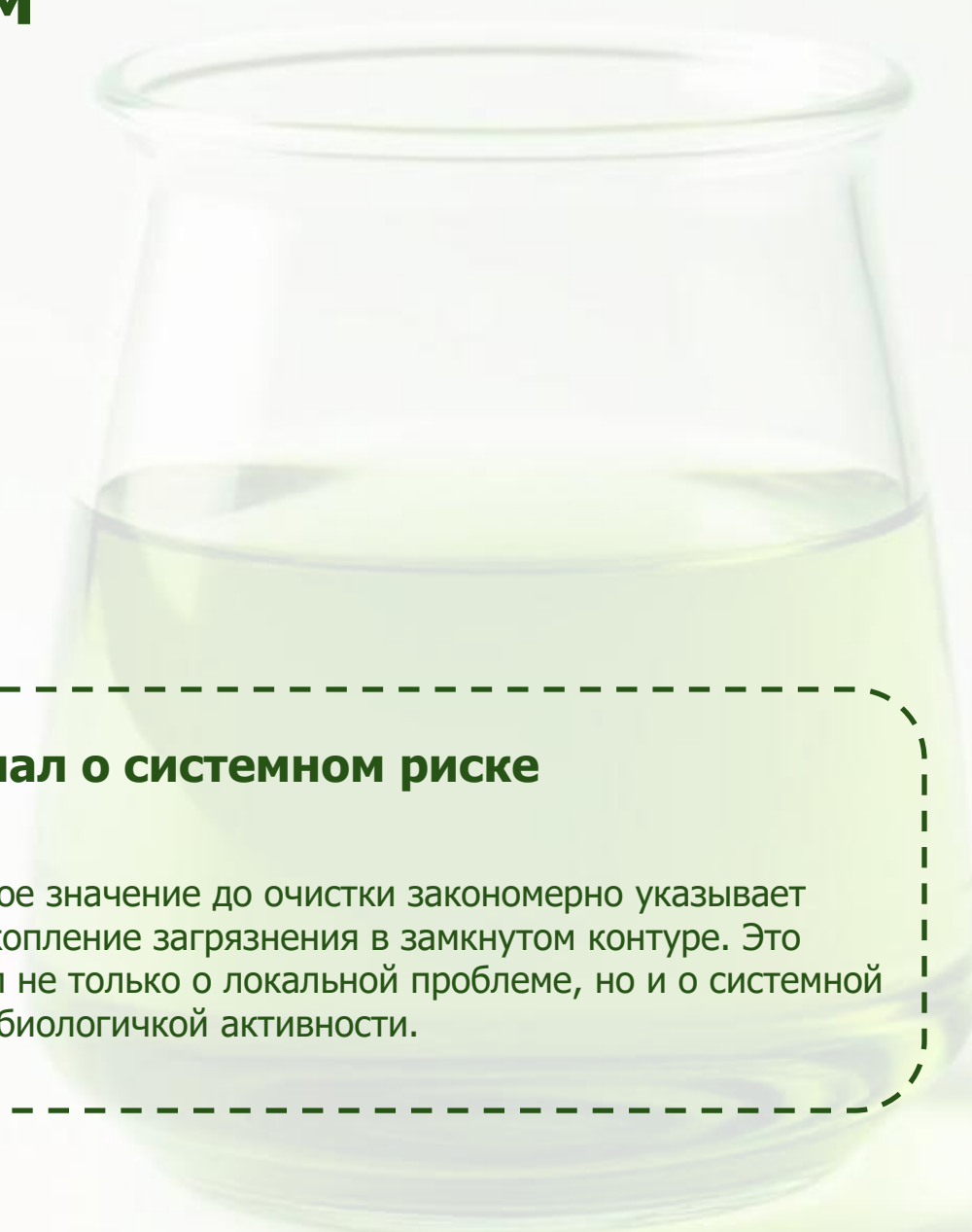
В дренаже концентрируются клетки из корневой зоны, частицы субстрата и растворённые органические вещества. Поэтому его состав точнее отражает реальную микробную нагрузку, чем отдельная проба из трубопровода.

Интегральный показатель

Дренаж включает продукты жизнедеятельности растений и микроорганизмов, которые не задерживаются на одном участке системы. Из-за этого он становится удобным интегральным показателем санитарного состояния тепличного биоценоза.

Сигнал о системном риске

Пиковое значение до очистки закономерно указывает на накопление загрязнения в замкнутом контуре. Это сигнал не только о локальной проблеме, но и о системной микробиологической активности.



Фитопатогенные грибы не обнаружены

- 01** **Опасные патогены не выявлены**

В пробах не выявлены *Fusarium oxysporum* и *Pythium* spp., которые часто рассматриваются как наиболее опасные водно-передаваемые фитопатогены для тепличных культур.
- 02** **Нет фоновой грибной контаминации**

Отсутствие *Penicillium* spp. и *Mucor mucedo* дополнительно подтверждает, что исходная водная среда не несла типичной грибной контаминации для данной цепочки отбора.
- 03** **Благополучие источника**

Результат по всем пробам показывает, что источник водоснабжения и первые узлы системы не были заселены этими микромицетами на момент исследования.
- 04** **Значение для теплицы**

Практически это означает отсутствие прямого водного заноса указанных грибов в тепличную систему, по крайней мере в пределах анализируемой выборки.

Trichoderma spp. как индикатор биологической активности

Где гриб отсутствует

Trichoderma spp. не выявлены в ВЗУ и накопительных ёмкостях, что подчёркивает чистоту исходной воды и ранних участков системы до контакта с миксером.

Где гриб появляется

После узла смешивания гриб появляется в капельницах и дренаже до очистки в диапазоне 185–305 КОЕ/см³, то есть именно здесь формируется благоприятная среда.

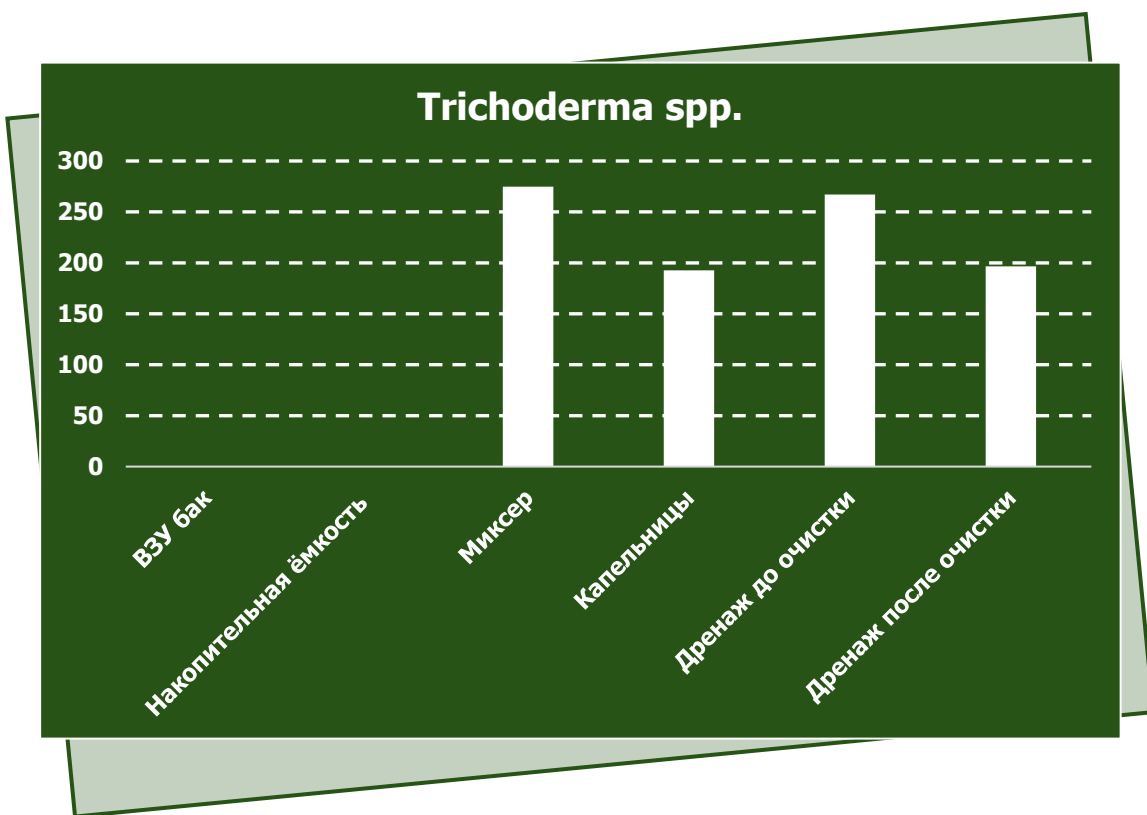
Индикатор активности

Такая локализация делает *Trichoderma* spp. удобным индикатором биологической активности: он сигнализирует о наличии органического субстрата и возможном наличии биоплёнок.

Остаточное количество

После очистки количество снижается до 196,5 КОЕ/см³, но не исчезает полностью.

Динамика *Trichoderma* вдоль системы



Trichoderma появляется не в исходной воде, а после миксера и далее сохраняется в наиболее активных участках системы.

Что означает присутствие *Trichoderma*

➤ Сапротрофный статус

Trichoderma spp. — распространённый почвенный сапротроф. Присутствие в системе отражает условия, благоприятные для роста микрофлоры.

➤ Индикатор участков риска

Для тепличного хозяйства важен не только сам факт обнаружения, но и место выявления: сохранение *Trichoderma* после миксера и в капельницах указывает на активные зоны системы.

➤ Порог биологической активности

При умеренных значениях гриб может выполнять роль биоконтроля, однако уровни выше 200 КОЕ/см³ уже связаны с органическим субстратом и устойчивыми биоплёнками на внутренних поверхностях.



Trichoderma как маркер риска колонизации

Появление в системе

Первый сигнал — *Trichoderma* появляется там, где до этого его не было: это значит, что вода прошла участок, способный поддерживать рост микрофлоры и удерживать клетки.

01

Условия закрепления

Далее оценивают контекст: миксер, капельницы и дренаж дают питательные остатки, застой и поверхность для закрепления клеток, поэтому здесь вероятность колонизации возрастает.

02

Маркер уязвимости

Если среда поддерживает сапротроф, то при заносе более агрессивных патогенов система уже готова к их удержанию; поэтому *Trichoderma* рассматривают как ранний маркер уязвимости.

03

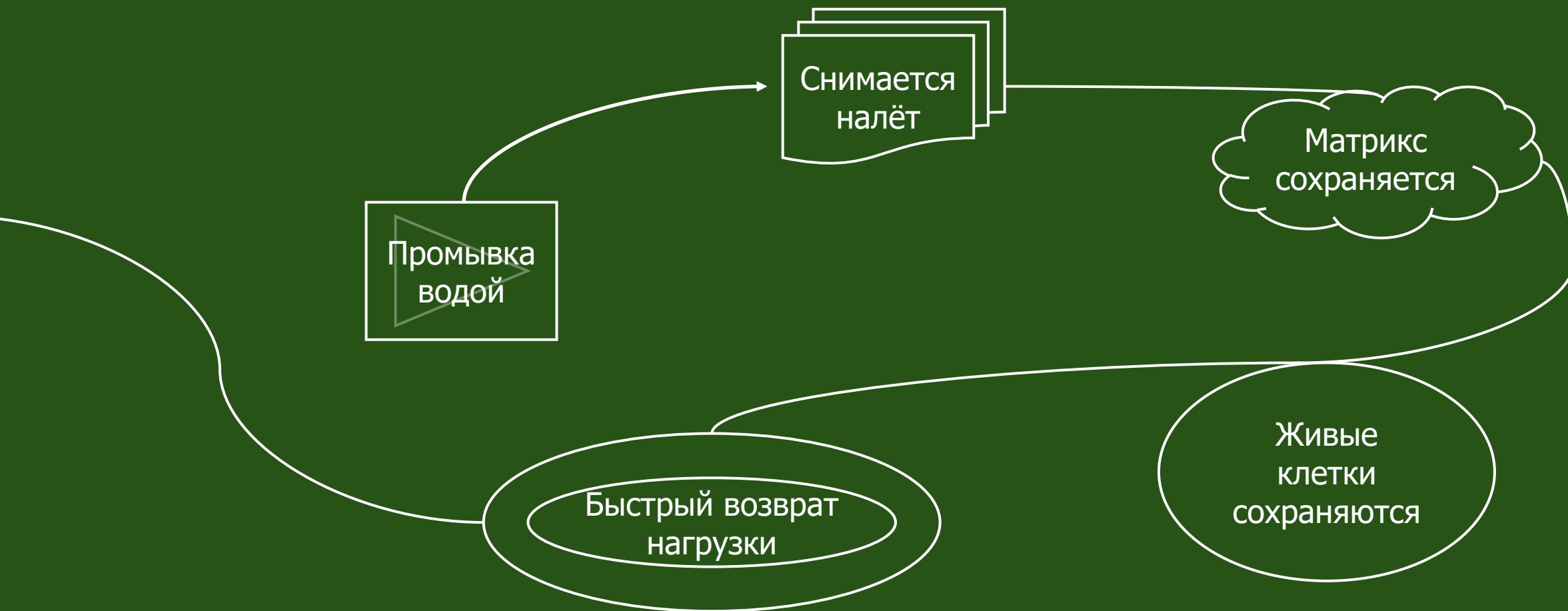
Формирование биоплёнок в узлах полива

По данным микробиологического анализа узлов системы капельного полива и литературы о биоплёнках.



Почему промывка не устраняет биоплёнки полностью

Основано на выводах о том, что чистая вода удаляет только часть поверхностного загрязнения, а не весь биоплёночный комплекс.



Регулярный микробиологический мониторинг

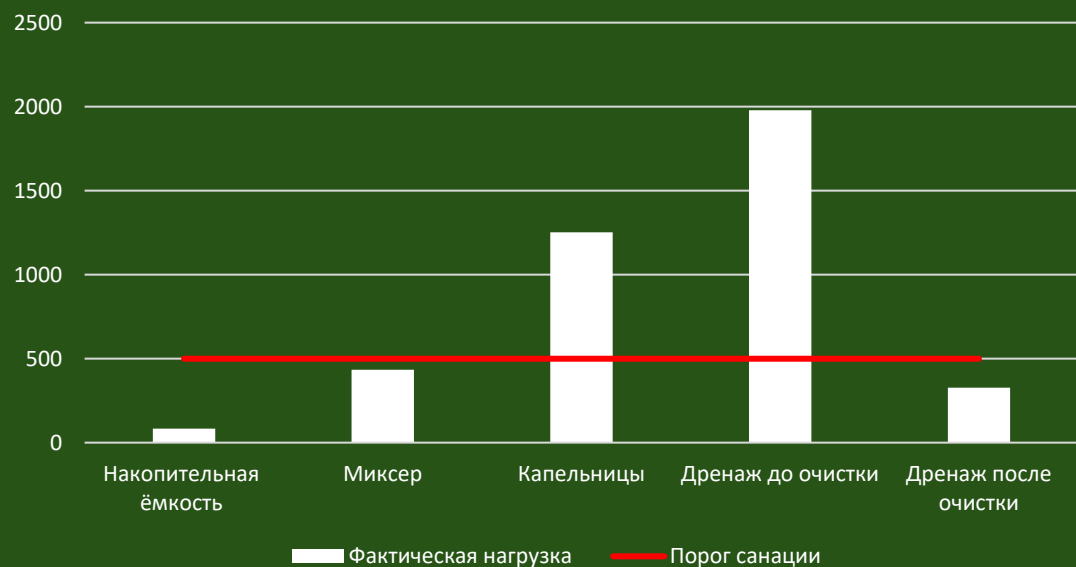
Мониторинг строят так, чтобы быстро фиксировать рост обсеменённости и не пропускать локальные очаги загрязнения.

Двухнедельный контроль в постоянных точках позволяет сопоставлять результаты во времени и вовремя запускать внеплановую санацию.

Параметр	Режим
Интервал	14 суток
Бактерии	МПА
Грибы	Чапек
Точки	фиксированные

Порог для внеплановой санации

Порог для внеплановой санации



Порог 500 КОЕ/см³ выбран для капельниц, потому что именно здесь система первой выходит в режим ускоренного микробного роста.

Превышение порога в капельницах и дренаже подтверждает необходимость санации до накопления устойчивых биоплёнок и вторичной реколонизации.

*пороговое значение по результатам микробиологического анализа системы полива.

Профилактическая санация пероксидом водорода

Регулярность обработки

Пероксид водорода используют как профилактическое средство не реже одного раза в 14 суток, чтобы не допускать устойчивого накопления микрофлоры в магистрали.

Профилактический режим

Его задача — не разовая дезинфекция, а поддержание санитарного состояния системы на фоне активной вегетации, когда риск биологического зарастания максимален.

Контроль эффекта

Обработку следует сочетать с мониторингом капельниц и дренажа: только так можно оценить, насколько эффективно снижается микробная нагрузка после санации.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

Поливная вода в теплице — это динамическая микробная система: контроль капельниц и дренажа, порог 500 КОЕ/см³ и регулярная санация помогают сдерживать биоплёнки и вторичную колонизацию.

Анастасия Алексеевна Никифорова

Заведующая лабораторией диагностики фитопатогенов