

Питьевая вода и ультрафиолет: где ставить УФ, на какую дозу ориентироваться и что контролировать на станции

Зачем внедрять УФ-обеззараживание именно в системах подготовки питьевой воды?

Централизованные системы в РФ в основном используют поверхностные источники, доля подземных — меньше. При этом источники испытывают серьёзную антропогенную нагрузку, из-за чего исходная вода нередко не соответствует гигиеническим требованиям по санитарно-химическим и микробиологическим показателям. Повышенная микробная обсеменённость прямо связана с риском кишечных и вирусных инфекций, что подтверждено результатами санитарно-вирусологических исследований, например, по распространению гепатита А водным путём. На этом фоне безреагентное УФ-обеззараживание и по физике процесса, и по организационным требованиям хорошо ложится в технологию питьевой воды.

Чем УФ выгодно отличается от традиционного хлорирования?

Хлор и хлорсодержащие реагенты образуют в воде побочные галогенорганические соединения (ГОС) различных классов; их перечень велик, а токсикологическая значимость высока. Кроме того, часть возбудителей показывает устойчивость к стандартным режимам хлорирования. УФ-обеззараживание, напротив, позволяет инактивировать вирусы и цисты патогенных простейших без внесения реагентов и без образования перечисленных побочных продуктов. Это — один из ключевых аргументов в пользу УФ-стадий в питьевом водоснабжении.

На какую УФ-дозу ориентироваться при питьевой воде?

Исторически в ранних методических указаниях для питьевой воды и бассейнов приводилась минимальная доза 16 мДж/см², но накопленный опыт и пересмотр микробиологических требований показали, что этого недостаточно для вирусов и паразитарных возбудителей. В настоящее время для питьевой воды рекомендуется доза не менее 25 мДж/см², а при неблагоприятной эпидемиологической ситуации — 40 мДж/см². Эти

ориентиры не противоречат прежним документам: они уточняют минимально достаточный уровень с учётом эпидрисков.

Дополнительно, в блоке нормативов отдельно оговорено, что для обеспечения эффективности в отношении вирусов в разные периоды, включая неблагоприятные, должна обеспечиваться доза не менее 40 мДж/см²; это согласуется и с международной практикой.

Где в технологической схеме ставить УФ и почему «конец цепочки» удобнее?

Предварительные стадии (коагуляция, отстаивание, фильтрация) снижают содержание органических соединений, улучшая УФ-пропускание. Озонирование и сорбция дополнительно повышают прозрачность в УФ-диапазоне. В результате с точки зрения инактивирующей дозы и энергозатрат максимально эффективно размещать УФ-обеззараживание в конце технологической цепочки — после стадий, улучшающих оптические характеристики воды.

Как качество воды влияет на реальную УФ-дозу в реакторе?

Ключевой параметр — коэффициент УФ-пропускания на длине волны 253,7 нм. Для питьевых вод фактически измеренные значения варьируют в широких пределах: от 67–70 % до 80–82 % и выше; для части подземных вод (включая нефтеносные территории) встречаются и существенно более низкие значения (например, 51–57 %). Чем ниже УФ-пропускание, тем строже требования к компоновке реактора и мощности источников, чтобы обеспечить требуемую дозу при заданном расходе.

Какие источники ультрафиолета применяют в питьевой воде и почему?

В промышленной практике для средних и больших расходов воды используются ртутные лампы низкого давления (включая амальгамные) и лампы среднего давления. Выбор определяется необходимой единичной мощностью и габаритами аппаратов: при той же производительности лампы среднего давления позволяют компактнее организовать облучаемый объём, лампы низкого давления дают излучение на 254 нм, соответствующее максимуму бактерицидной эффективности для воды.

Как УФ-обеззараживание сочетается с хлорированием и влияет ли оно на качество воды?

Если перед УФ-стадией проводилось хлорирование и в воде остался свободный хлор, после обработки дозой порядка 40 мДж/см² возможно небольшое снижение его концентрации — на несколько процентов. В остальном при дозах, кратно превышающих «обычно применяемые», изменений большинства показателей качества воды не наблюдается. Это облегчает включение УФ-обеззараживания в комбинированные схемы без ухудшения органолептики и химических характеристик.

Как организовать производственный контроль УФ-обеззараживания на станции?

Производственный контроль формализован: помимо отбора повторных проб, необходимо вести контрольные журналы по стадиям очистки и обеззараживания, соблюдать технологические регламенты (включая режимы для УФ-оборудования), контролировать дозу УФ, регламенты промывок фильтров и обслуживающих операций. Итоговая эпидбезопасность станции оценивается по совокупности протоколов за период в увязке с анализом технологических показателей всей системы водоподготовки и распределения.

Где уместны УФ-установки помимо классических станций водоподготовки?

УФ-обеззараживание используют и в локальных системах: на вводе в отдельное здание или в специально выделенном помещении, обслуживающем группу зданий (повысительные насосные станции, центральные тепловые пункты и пр.). Это особенно полезно в распределительных сетях с застойными или тупиковыми участками, влияющими на микробиологические показатели качества воды. Также применяются сверхмалые системы (от единиц до сотен л/ч) для обеспечения питьевой водой домохозяйств — по сути, бытовой класс оборудования.

Как нормативная база поддерживает применение УФ для питьевой воды?

Сформирован набор методических документов: от санитарного надзора за применением УФ в технологии подготовки питьевой воды до

санитарно-вирусологического контроля эффективности обеззараживания. В частности, нормативный блок фиксирует целевые дозы и условия их обеспечения в зависимости от типа воды и эпидемиологической обстановки. Это создаёт понятные рамки для проектирования, аттестации и эксплуатации УФ-оборудования на питьевой воде.

Каков практический алгоритм для инженера при внедрении УФ на питьевой воде?

1. Оценить УФ-пропускание исходной и очищенной воды и расположить УФ-стадию после операций, улучшающих прозрачность.
2. Принять целевую дозу: не ниже 25 мДж/см² для обычных условий и 40 мДж/см² — при неблагоприятной эпидситуации и для вирусологически значимых сценариев.
3. Согласовать выбор источников (низкое или среднее давление) под требуемую производительность и компоновку реактора.

Организовать контроль дозы и эксплуатационные регламенты в составе производственного контроля станции