



Технико-экологическая оценка при выборе технологии обеззараживания природных и сточных вод

I. Обеззараживание воды хлорированием

Метод обеззараживания воды путем добавления в нее хлора используется в нашей стране с давнего времени как наиболее **дешевый** способ. Добавление хлора в воду приводит к химическим реакциям с веществами, находящимися в воде. Обеззараживание микроорганизмов (их отравление) происходит в результате химических реакций взаимодействия хлора с органическими веществами, из которых состоят микроорганизмы. Основная форма дезинфектанта – гипохлорид в форме кислоты или натриевой соли (HClO , NaClO). Концентрации хлора в воде для обеззараживания от различных видов микроорганизмов отличаются в 50 раз.

Недостатки метода обеззараживания воды хлором:

1. Наличие хлорорганических веществ в питьевой воде, являющихся результатом взаимодействия хлора с органическими веществами, весьма опасно и может приводить, в частности, к канцерогенным заболеваниям.
2. Хлор в допустимых дозах убивает не все виды микроорганизмов. Стойкими к хлору являются, например, вирусы. Если выбрать дозу хлора для уничтожения всех микроорганизмов, то превышение допустимых концентраций остаточного хлора будет опасным и для здоровья человека.
3. Вода хлорированная вода подается потребителю по трубам от места хлорирования. Трубопровод вносит дополнительное заражение, что требует повышенных доз хлорирования.
4. Эффективность обеззараживания хлором зависит также от pH и температуры воды.
5. Экологическую опасность для обслуживающего персонала и окружающих представляет реагентное хозяйство, подвоз и хранение хлора.

После применения хлорирования в воде имеется остаточный хлор, который не допускает быстрого вторичного размножения микроорганизмов. Хлор эффективен против *Giardia Lamblia*. Однако, простейшие живут в поверхностных источниках воды, которые часто загрязнены азотистыми соединениями. Это снижает эффективность хлорирования в отношении *Giardia Lamblia*, поскольку хлор в такой воде, тратится на реакции образования хлораминов. Кроме того, в воде с растворенной органикой, образуются новые токсичные соединения: органические хлориды общего вида или тригалометаны (ТГМ), равновесие между которыми зависит от pH воды.

II. Обеззараживание воды озонированием

Для обеззараживания воды используются озонаторы, создающие озон в результате высоковольтного разряда. Озон уничтожает микроорганизмы в результате повреждения их клеточных оболочек.

Недостатки технологии обеззараживания воды озонированием:



1. Использование опасного высоковольтного (до 3 кВ) и сложного оборудования.
2. Высокая стоимость озонаторов.
3. Воду нельзя употреблять сразу. В течение одного-двух часов в воде сохраняется остаточный озон.
4. При наличии в воде растворенной органики могут образовываться т.н. «озониды», некоторые из которых опасны для здоровья.

III. Метод обеззараживания воды ультрафиолетовым облучением

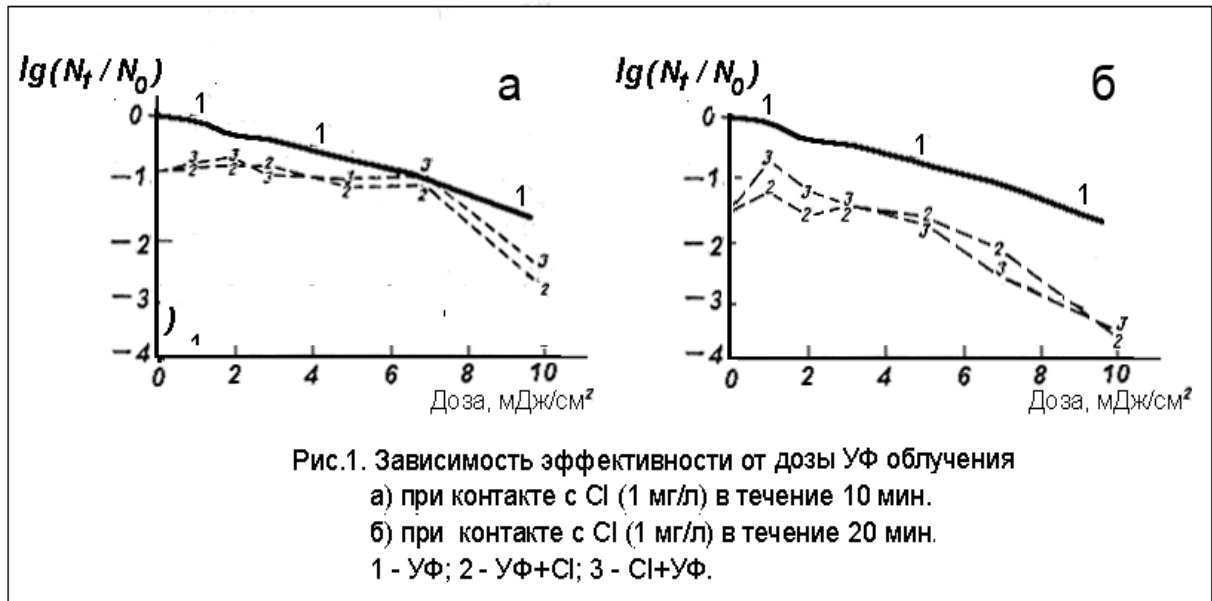
В отличие от приведенных выше химических методов обеззараживания этот метод обеззараживания воды - физический. Вода проходит через камеру обеззараживания установки, в которой подвергается воздействию бактерицидного УФ облучения. Гибель микроорганизмов происходит в результате поражения структуры ДНК, ответственной за наследственные механизмы.

Особенности УФ обеззараживания воды:

1. Все виды микроорганизмов, включая вирусы, уничтожаются УФ излучением. Безвредно для потребителя применяются большие дозы УФ облучения воды для уничтожения самых устойчивых форм микроорганизмов. **При тестировании воды, обработанной УФ облучением в нереально большой дозе 120 МДж/см² санитарно-показательным организмом *Dafnia*.**
2. Обладает мгновенным действием – не требует контактных резервуаров. Обеззараженная УФ излучением вода пригодна для использования сразу же.
3. Размещая установку УФ обеззараживания непосредственно перед потреблением воды, исключаем проблему зараженного водопровода.
4. Эффективность УФ обеззараживания не зависит от рН и температуры воды.
5. УФ технология обеззараживания воды является экологически чистой, поскольку УФ обработка воды, в отличие от хлорирования и озонирования, не изменяет ее химический состав.
6. Установки УФ обеззараживания воды безвредны для обслуживающего персонала и не требуют постоянного присутствия людей. Это экономичный метод не требует реагентов и содержания соответствующего хозяйства.

УФ обеззараживание воды – эффективный, экологически чистый, экономичный метод. Единственным недостатком **УФ обеззараживания воды** является **отсутствие последействия**. Поэтому важным условием адекватного применения УФ технологии является размещение УФ установок непосредственно перед потреблением воды.

В тех случаях, когда УФ установки не удастся разместить непосредственно перед потреблением воды, и при водоподготовке воды в бассейнах, применяют **совместное действие** УФ облучение и хлорирования. При этом применяются небольшие дозы хлора (в несколько раз меньшие, чем при использовании только хлорирования), что позволяет избежать проблем, связанных с появлением в воде хлорорганики благодаря практическому отсутствию избыточного хлора в воде.



На рис.1 представлены результаты микробиологического эксперимента /1/ по эффективности по E-Coli в водопроводной воде рассматриваемых методов. Линия 1 (сплошная) представляет эффективность воздействия УФ облучения, Линии 2 и 3 (пунктирные линии) представляют эффективность совместного действия УФ излучения и хлорирования воды в концентрации 1 мг/л. Линии 2 отличается от линии 3 очередностью воздействия УФ и хлора. На рис.1а воздействие хлора продолжалось 10 мин, на рис 1б – 20 мин. Очевидно, эффективность обеззараживания при использовании комбинированного воздействия по сравнению с применением одного УФ обеззараживанием повышается.

В табл. 1 представлены результаты экспериментов по эффективности УФ обеззараживания воды, искусственно зараженной вирусами полиомелита, и такими трудно уничтожимыми микроорганизмами, как клостридии, лямблии (цисты).

Таблица 1.

Снижение заражения воды УФ облучением, $lg(N_0/N)$

Вид заражения	Доза УФ облучения, мДж/см ²							
	12	20	30	40	50	60	70	90
Вирус полиомелита	1,05	1,85	2,01	2,82	∞	∞	∞	∞
Клостридии	0	0	0	1,0	1,64	1,90	2,81	3,85
Лямблии (цисты)	0	0	0	0	0	0,03	0,31	0,61

В приведенных испытаниях степень инактивации цист лямблей определялась по стандартной методике, требующей отсутствие (разрушение) цист в поле зрения микроскопа. В поле зрения микроскопа инактивированные цисты не отличаются от активных. В литературе приводится информация о том, что цисты лямблей уже при дозах УФ облучения ~ 30 мДж/см² теряют способность к активации (превращаться в лямблии).

Нами были проведены исследования, аналогичные представленным на рис.1. В таблице 2 представлены результаты экспериментов по эффективности



обеззараживания искусственно зараженной воды совместным действием УФ облучения и хлорирования в небольших дозах.

Таблица 2.

Снижение заражения воды совместным действием УФ облучения и хлорирования, $\lg(N_0/N)$

Вид заражения	Доза УФ мДж/см ²	Концентрация хлора, мг/л				
		0	1	3	5	7
Вирус полиомелита	30	2,01	3,11	3,47	∞	∞
Клостридии	60	1,90	1,47	2,02	3,52	∞
Лямблии (цисты)	70	0,31	0,37	0,60	1,89	∞

Результаты наших экспериментов показывают значительное повышение эффективности обеззараживания воды по вирусу полиомелита совместным действием УФ облучения и хлора даже при малых дозах хлорирования.

IV. Установки УФ обеззараживания воды

Установки обеззараживания воды с помощью ультрафиолетового облучения производят США, Канада, Германия, Франция, Италия, Великобритания, Голландия, Финляндия, Израиль, Корея и, в последние десять лет, Россия..

Итак, сопоставление различных технологий обеззараживания воды по критериям эффективности, стоимости и экологической чистоты приводит к выбору технологии УФ обеззараживания воды. В настоящее время в России и странах СНГ применение экологически чистой технологии УФ обеззараживания воды становится традиционным.

Эффективность УФ установок определяется дозой УФ облучения микроорганизмов в воде. Доза УФ облучения определяется бактерицидной составляющей мощности УФ облучателей установки и временем облучения.

Зарубежные фирмы, используют высококачественные УФ облучатели, производимые в США, Канаде, Германии и Голландии, но производительность установок (штатный режим) они задают для микробиологического загрязнения исходной воды, традиционного для их стран. При эксплуатации зарубежных УФ установок в России и странах СНГ, в условиях гораздо большего микробиологического загрязнения исходной воды, зарубежные установки в штатном режиме оказываются недостаточно неэффективными. Приходится значительно увеличивать дозу УФ облучения, путем увеличения времени УФ облучения воды, то есть использовать установки в режиме меньшей, по сравнению с указываемой фирмами, производительности. Как следствие, стоимость обеззараживания воды становится достаточно высокой, особенно, если учесть в два-три раза большую стоимость установок и запасных частей к ним.

Установки УФ обеззараживания производства НПО "ЭНТ" учитывают степень микробиологического загрязнения исходной воды, традиционную для России и стран СНГ. Их производительность в штатном режиме обеспечивает



большие дозы УФ облучения по сравнению с зарубежными и отечественными аналогами. Они эффективны не только против бактерий и вирусов, но также против споровых форм и микобактерий (дрожжей).

Одним из ведущих российских производителей УФ обеззараживания воды является НПО «ЭНТ». Установки НПО "ЭНТ" эффективно работают в различных отраслях в разных регионах России, Белоруссии, Казахстана и Украины.