

ЦНИИТЭИ ПИЩЕПРОМ

Серия 11. САХАРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Обзорная информация

Выпуск 12

Методы и устройства для обеззараживания оборотных вод
в свеклосахарном производстве



МОСКВА

1983

УДК 623.179:664.1

Методы и устройства для обеззараживания оборотных вод в свеклосахарном производстве. Сорокин А. И., Пархомец А. П. 1983, выпуск 12, 1—24.

Рассмотрены методы обеззараживания воды, микрофлора оборотных и сточных вод сахарного завода, влияние методов очистки воды на эффективность ее обеззараживания. Даны описания устройств для проведения обеззараживания воды в сахарной промышленности.

Таблица 1, рисунков 5, библиографий 8.

Министерство пищевой промышленности СССР
Центральный научно-исследовательский институт
информации и технико-экономических исследований
пищевой промышленности

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Серия II. САХАРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Обзорная информация

Выпуск I2

Методы и устройства для обеззараживания оборотных
вод в свеклосахарном производстве

год основания - 1960

периодичность - 16 выпусков в год

Москва 1983

МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Методы обеззараживания воды можно разделить на реагентные и безреагентные. К реагентным методам относятся: обработка воды окислителями - хлором, озоном, перманганатом калия; введение в воду ионов меди, ртути, серебра. Безреагентными методами являются: обработка воды ультрафиолетовыми лучами и ультразвуковыми волнами; действие ионизирующего излучения и термическая обработка.

Любой метод обеззараживания приводит к свертыванию белков бактериальной клетки, неспецифическому или специфическому химическому связыванию, комбинированному действию.

Свертывание белков происходит при тепловой обработке, действии электролитов и ряда веществ ($CuSO_4$, $AgNO_3$, $HgCl_2$ и ZnO), вызывающих коагуляцию коллоидных суспензий протоплазмы клеток.

Многие реакционноспособные вещества (хлор, иод, фенол, формальдегид, крезол, сильные кислоты и щелочи) взаимодействуют с одним или многими белками и родственными им соединениями, в том числе и с протоплазмой клетки, в результате чего клетка погибает.

Специфическим связыванием обладают антибиотики. При относительно низкой концентрации антибиотики способны проникать в клетку и подавлять или блокировать действие одной или нескольких групп ферментов, что приводит к гибели клетки.

© Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований пищевой промышленности, 1983 г.

Распространенным методом обеззараживания воды является обработка ее газообразным хлором, хлорной известью, гипохлоритами натрия и кальция, хлораминами и двуокисью хлора.

Бактерицидное действие хлора обуславливается наличием хлорноватистой кислоты HClO и ионов ClO^- , которые, взаимодействуя с бактериальной клеткой, нарушают обмен веществ, что приводит к ее гибели.

Перспективным методом является озонирование, которое применяют для обеззараживания воды и очистки сточных вод от ряда органических веществ. Озонирование обеспечивает высокий бактерицидный эффект и не требует контроля дозирования. Однако распространению метода препятствует сложность технологии получения, хранения и транспортирования озона к месту потребления, так как он взрывоопасен.

Обеззараживание воды ионами тяжелых металлов (медь, серебро, ртуть, цинк) основано на способности их подавлять микроорганизмы. Однако, учитывая токсичность соединений меди, ртути и цинка, метод имеет ограниченное применение.

Применяют два способа обработки воды ионами серебра: добавление к воде готовых препаратов (раствора нитрата серебра, аммиачного раствора серебра - аммаргема и др.) и приготовление воды электролитическим методом в специальных устройствах - ионаторах. В связи с высокой стоимостью серебра и его препаратов этот метод используется только для обеззараживания питьевой воды.

Преимуществом безреагентных методов является отсутствие изменений физико-химического состава воды и мгновенное протекание процесса обеззараживания при наличии всех видов бактерий, в том числе спорных.

Под воздействием ультрафиолетовых лучей происходит денатурация белка в протоплазме клеток микроорганизмов и распад молекул - фотоллиз. Из-за слабой проникающей способности ультрафиолетовых лучей метод применяется только для обеззараживания питьевой воды.

Ультразвуковые волны при частоте 20, 25, 30 кГц равноценны по бактерицидному действию; основная масса бактерий гибнет за 2-5 с. Значительное влияние на бактерицидный эффект ультразвука оказывает интенсивность колебаний. Несмотря на эффективность применения ультразвука для обеззараживания воды, он не нашел практического применения.

В последние годы проводятся опыты по радиационной очистке и обеззараживанию сточных вод [17].

ВНИИ ВОДГЕО совместно с Институтом электрохимии АН СССР провел исследования по радиационной обработке природных вод γ - излучением для устранения цветности и запаха. Одновременно определяли эф-

факт обеззараживания дозами, необходимыми для обезвреживания и дедозорации воды [1].

Установлено, что обработка воды γ -излучением или ускоренными электронами дозой $5 \cdot 10^5 - 1,5 \cdot 10^5$ рад обеспечивает комплексный эффект очистки (устраняется запах, цветность и др.).

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ОБОРОТНЫХ ВОД В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Микрофлора оборотных вод. На сахарных заводах СССР и за рубежом используется оборотное водоснабжение, что позволяет сократить расход свежей воды и количество сточных вод.

При длительной рециркуляции воды в оборотной системе в ней накапливаются различные органические соединения, перешедшие в воду из свеклы при ее гидротранспортировании и мойке. Дисперсный состав таких веществ представлен органическими соединениями в виде раствора или коллоидальной форме.

Количественная характеристика загрязнений оборотных вод выражается через бихроматную окисляемость (ХПК) воды. Загрязнения оборотных вод являются хорошей питательной средой для развития микроорганизмов в воде.

Микроорганизмы оказывают отрицательное воздействие на технологические процессы и качество сахара. В результате их жизнедеятельности образуются кислоты, происходит ослизнение соков и сиропов, которое ухудшает их фильтрование, при этом потери сахара составляют около 0,2%.

Одним из источников микробиологической инфекции в свеклосахарном производстве является вода, которая используется в различных технологических процессах, для транспортирования и мойки свеклы.

Загрязнение воды микроорганизмами происходит на различных этапах ее использования в свеклосахарном производстве и зависит от бактериальной обсемененности источника водоснабжения, качества свеклы, принятой технологии ее очистки и температуры.

Выявлена зависимость между количеством бактерий в диффузионном соке и их содержанием в транспортно-моечной воде, которая при большой загрязненности может быть источником инфицирования свеклы и свекловичной стружки. При рециркуляции транспортно-моечной воды количество бактерий постепенно увеличивается, а в случае попадания в нее теплой барометрической воды может начаться брожение с выделением сероводорода.

Исследования транспортно-моечных вод на Мироновском и Бобровицком сахарных заводах показали, что количество микроорганизмов в этих водах колебалось в зависимости от времени года. Так, в транспортно-

мочной воде Бобровицкого сахарного завода содержание мезофилов осенью составило $3 \cdot 10^6$, а термофилов $1,8 \cdot 10^8$ клеток в 1 мл, зимой соответственно $6,8 \cdot 10^4$ и 10^3 .

В 1 мл транспортерно-мочной воды насчитывается от 400 млн. до нескольких миллиардов спор бактерий и плесневых грибов. Дрожжи, содержащиеся в транспортерно-мочной воде, были обнаружены и в диффузионном соке. Это подтверждает предположение о том, что свекла и диффузионный сок могут дополнительно инфицироваться транспортерно-мочной водой. Обработка последней антисептиком оказывает положительное влияние на бактериологическое состояние диффузионного сока.

При исследовании инфицированности транспортерно-мочных вод установлено, что в неосветленной и осветленной воде преобладают мезофильные бактерии. Так, в неосветленной воде обнаружено мезофилов $8,98 \cdot 10^6$ клеток в 1 мл, термофилов - $3,9 \cdot 10^2$.

При изучении микрофлоры сточных вод Носовского сахарного завода проведенном Институтом коллоидной химии и химии воды АН УССР, установлено, что содержание микроорганизмов в различной воде неодинаково. Так, количество микроорганизмов в сточной воде, выращенных на среде МПА, составило: в конденсате 3, в барометрической воде 10^6 , в транспортерно-мочной воде 10^9 клеток в 1 мл [27].

Из сточных вод Носовского сахарного завода выделили 42 чистые культуры микроорганизмов, относящихся к трем группам: первая группа - неспороносные бактерии, подвижные и неподвижные палочки и кокки; вторая группа - бациллы; третья группа - дрожжеподобные организмы.

Наиболее разнообразна микрофлора в транспортерно-мочных водах, что объясняется содержанием значительного количества органических веществ, являющихся питательной средой для микроорганизмов.

На Саливонковском сахарном заводе количество бактерий в транспортерно-мочной воде, которое определяли методом прямого счета в камере Горяева, в октябре составляло от 1 до 3 млрд., в ноябре до 11 млрд. в 1 мл. После механической очистки воды в радиальном отстойнике общее число микроорганизмов уменьшилось на 25-30%.

При микробиологическом анализе транспортерно-мочных вод сахарных заводов ЧССР установлено, что исходным источником заражения является земля, которая с определенным количеством сахара из поврежденной свеклы поступает в циркуляционную воду [37]. Обнаружена связь между заражением транспортерно-мочных вод и заражением свекловичной стружки. Это подтверждает тот факт, что свекла во время гидро-транспортирования адсорбирует определенное количество зараженной воды.

Исследования показали, что количественный состав и виды микроорганизмов в транспортно-мочных водах зависят от состояния сооружений, применяемых для очистки (отстойники, осадительные пруды). Установлено, что в 1 мл воды содержится от 10^6 до 10^8 психрофильных и мезофильных и 10^2 - 10^3 термофильных бактерий. Спорообразующие зародыши были обнаружены при добавлении к транспортно-мочной воде барометрической воды.

Результаты исследований показали, что при более низком значении pH степень седиментации взвесей транспортно-мочных вод снижается и количество психрофильных и мезофильных бактерий составляет 10^8 клеток в 1 мл; при pH 7,5 - 9,0 количество микроорганизмов на порядок ниже.

При изучении биоциноза [4] охлаждающей воды на модели объемом 2600 л с максимальным расходом воды 5 м³/ч, спроектированной НИИ водного хозяйства в г. Острове (ЧССР), количество гетеротрофных психрофильных бактерий в охлаждающей башне достигало 10^7 клеток в 1 мл. Обнаружены следующие виды микроорганизмов в 1 мл охлаждающей воды.

Гетеротрофные психрофильные	10300
Гетеротрофные мезофильные	3100
Кишечной группы	107000
Спорообразующие	2400
Аммонизирующие	5600
Денитрифицирующие	7300

Исследованы скопления слизи на наполнителях охладительной башни. Изучена кинетика их роста и биоциноз. Скопления состояли из 5% сухих веществ и 33% органических веществ.

Внешний вид и физические особенности скоплений в среде, загрязненной сахаром, отличны от скоплений в стоках коксохимических, металлургических и химических заводов. В водах сахарных заводов это плотная декстрановая слизь, образованная переплетением грибных гифов дрожжеподобной формы с желеобразной биомассой; в других промышленных водах скопления образованы нитчатками бактериями.

Слизистый характер скоплений является основной причиной их высокой сопротивляемости по отношению к дезинфектантам, применяемым для дезинфекции охлаждающих контуров.

Таким образом, микрофлора оборотных и сточных вод сахарных заводов разнообразна и зависит от вида воды, длительности ее рециркуляции в оборотной системе, методов очистки и обеззараживания. В связи с переработкой в последние годы свеклы, убранной механизированным способом, одной из первоочередных задач в сахарной промышленности является очистка промышленной и оборотной воды от микроорганизмов.

Мероприятия по снижению количества микроорганизмов в оборотной воде. При исследовании влияния обработки известью транспортёрно-мочных вод на эффективность очистки установлено, что в оборотной воде обычно содержится от $5 \cdot 10^3$ до 10^9 микроорганизмов, а при обработке ее известью до pH II- 10^5 бактерий в спорообразном состоянии.

Хлорирование транспортёрно-мочных вод позволяет снизить количество мезофильных бактерий до 10^4 клеток в I мл [3]. Расход хлора составляет 1000 г/ч, концентрация остаточного активного хлора в воде I,24 мг/л. Сравнение результатов исследований показало, что хлорированием можно поддерживать хорошее микробиологическое качество рециркулируемых транспортёрно-мочных вод.

Количество микроорганизмов в транспортёрно-мочных водах снижается в процессе аэробной очистки. При такой очистке не требуется регулировать величину pH воды, так как микроорганизмы повышают pH до 7,0. Для питания аэробных бактерий необходимо добавлять только такие вещества, как азот и фосфор.

Под влиянием аэрации количество мезофильных бактерий снижается от 10^7 - 10^8 до 3×10^5 , термофильных - от 20×10^5 до 50×10^3 в I мл. Производительность системы I-I,5 л/с воды со средним значением ХПК от 1800 мг O_2 /л до 500 мг O_2 /л.

Электрофлотационная очистка транспортёрно-мочных вод показала, что наряду с очисткой происходит обеззараживание воды. Снижение количества микроорганизмов при электрофлотационной очистке зависит от плотности тока на электродах и продолжительности обработки. Эффект обеззараживания воды объясняется действием атомарного кислорода и аниона хлорноватистой кислоты на удаляемые с пеной бактерии (25-30%), а также адсорбцией бактерий на поверхности твердых частиц и газовых пузырей. Губительное действие атомарного кислорода на микроорганизмы в транспортёрно-мочной воде объясняется тем, что значительная часть бактерий, находящихся в воде, относится к облигатным анаэробам, для которых кислород токсичен.

При проведении опытов по электрофлотационному методу очистки транспортёрно-мочных вод на II им. Петровского сахарном заводе наряду со снижением содержания взвешенных веществ на 97,6%, общая обсемененность воды микроорганизмами снизилась с $1,4 \cdot 10^8$ до $3,2 \cdot 10^3$ клеток в I мл, что меньше, чем общая обсемененность микроорганизмами речной воды ($3,4 \cdot 10^5$ клеток в I мл.).

Исследованиями, проведенными в СССР, установлено, что при обработке транспортёрно-мочных вод известью происходит флокуляция взвесей и их седиментация. При этом вместе с взвесями удаляется часть микроорганизмов. Так, при pH II,0-12,0 количество микроорганизмов

уменьшается в 2,8, при pH 7,0-9,0 в 1,7 раза. При дезинфекции воды хлором доза его зависит от содержания органических веществ в воде. Изучен микробиологический и химический состав транспортерно-моечных вод на сахарных заводах, применяющих различные схемы очистки и способы возврата воды в производство.

На заводе с непродолжительным циклом и предварительным известкованием воды до pH 11,3 перед отстаиванием количество мезофильных зародышей колебалось от 10 до 300 тыс. клеток, мезофильных бактерий было 10^6 - 10^7 , а термофильных и спорообразующих зародышей 10^3 - 10^4 в 1 мл воды. В оборотной системе барометрических вод термофильных бактерий было в 10-100 раз больше, чем в транспортерно-моечной воде.

На других заводах, где производительность хлораторной установки была недостаточной и неравномерная нагрузка на очистные сооружения приводила к неудовлетворительной очистке воды, численность психрофильных и мезофильных бактерий за весь сезон колебалась в пределах 10^6 - 10^8 , а спорообразующих бактерий 10^3 - 10^4 в 1 мл воды. На сахарном заводе, где транспортерно-моечные воды осветлялись хорошо и хлораторная установка работала с 8-часовыми интервалами, количество мезофильных микроорганизмов при остаточном хлоре 0,55 - 0,75 г/м³ снижалось примерно в 100 раз, а содержание термофильных и спорообразующих бактерий оставалось без изменения. Установлено, что количество микроорганизмов зависит от pH воды. Так, при pH 4,5-7,5 число психрофильных и мезофильных зародышей достигало 10^3 , при pH 7,5 - 9,0 10^7 , при pH свыше 9,0 - 10^6 в 1 мл воды.

На сахарном заводе, где проводили интенсивное хлорирование воды, количество микроорганизмов снижалось в 10-100 раз, содержание психрофильных и мезофильных микроорганизмов составляло 10^4 - 10^6 , а термофильных 10^1 - 10^2 в 1 мл воды.

В результате проведенных исследований установлено, что хлорированием можно обеспечить удовлетворительное качество рециркулируемых транспортерно-моечных вод в течение всего производственного сезона. Снизить содержание микроорганизмов можно также путем повышения pH. Поэтому подщелачиванию транспортерно-моечных вод необходимо уделять большое внимание.

В Румынии изучали состав сточных вод сахарных заводов. Установлено, что к концу производственного сезона количество взвесей уменьшается вследствие большой концентрации коллоидных веществ, выделяемых в воду из поврежденных корней свеклы.

Для снижения потерь сахара в воде и улучшения осаждения взвесей предлагается раздельная рециркуляция моечной и транспортерной воды. Проведены лабораторные исследования по обработке известью, коагулянтами и хлором транспортерно-моечных вод сахарного завода. Установле-

но, что при обработке известью, коагулянтами, а также известью и хлором транспортерно-моечных вод сахарного завода, не осуществлявшего рециркуляцию, лучшие результаты получены при обработке стоков известью до pH 10-11. Хлорирование таких стоков не рекомендуется. При добавлении в транспортерно-моечные воды сахарного завода, применявшего рециркуляцию, известь последняя образует с растворенными органическими веществами нежелательные соединения, препятствующие осаждению взвесей. В связи с этим обработку стоков известью на таких заводах рекомендуется осуществлять только при необходимости с целью изменения величины pH, но хлорировать постоянно.

При отстаивании транспортерно-моечных вод число микроорганизмов снижается в 1,5 - 2,5 раза. При известковании транспортерно-моечных вод и последующем их отстаивании количество удаляемых микроорганизмов зависит от pH, причем с увеличением pH эффект удаления их из воды возрастает. Снижение общего числа бактерий при отстаивании объясняется совместным осаждением микроорганизмов со взвешенными частицами в грязную суспензию, удаляемую из отстойников.

Исследованиями, проведенными во ВНИИСПе на модели оборотной системы вод II категории по разным схемам очистки (механическое отстаивание; предварительное известкование до pH 10,8 - 12,0, затем отстаивание; предварительное известкование до pH 10,8 - 12,0, затем отстаивание и хлорирование; отстаивание с последующим хлорированием), установлено, что качество рециркулируемых вод зависит от схемы очистки оборотной воды и длительности ее рециркуляции в системе [57]. При сравнении качества осветленных вод по различным схемам очистки отмечено, что лучшим и стабильным качеством отличались воды, осветленные по схемам, предусматривающим хлорирование. Так, при очистке по схеме механическое отстаивание + хлорирование по сравнению с механическим отстаиванием после 41 цикла оборота количество термофилов в воде было меньше в 8,6, мезофилов в 22, плесневых грибов в 125 и слизеобразующих мезофилов в 235 раз.

При очистке по схеме предварительное известкование до pH 10,8 - 11,2 + отстаивание + хлорирование по сравнению со схемой предварительное известкование до pH 10,8 - 11,2 + отстаивание после 41 цикла оборота количество термофилов в воде было меньше в 3, мезофилов в 1,4, плесневых грибов в 10 и слизеобразующих мезофилов в 15,5 раза. Эти данные подтверждают, что эффективность обеззараживания воды хлором выше при более низком значении pH воды.

Во ВНИИСПе проведены опыты по определению эффективности обеззараживания вод II категории при постоянном и периодическом режимах хлорирования. Очистка транспортерно-моечных вод осуществлялась по

следующим схемам: I - известкование + отстаивание + постоянное хлорирование; II - известкование + отстаивание + периодическое хлорирование. Как показали опыты, микроорганизмов в осветленной воде после 37 цикла оборота при периодическом хлорировании по сравнению с постоянным было меньше, а эффективность обеззараживания воды при одинаковой дозе хлора была более высокой. Так, при постоянном хлорировании количество термофилов снизилось в I2-25, мезофилов в II-I6, плесневых грибов в I,7 - 26,7 и слизиобразующих мезофилов в 3,I - I4,6 раза; при периодическом хлорировании соответственно в I80-I95, I25-I33, 42-45 и I42-I7I раз. На основании данных исследований рекомендуется периодическое хлорирование рециркулируемых транспортно-мочных вод. В производственных условиях хлорирование воды целесообразно проводить через 6-12 ч, или 2-4 раза в сутки. Продолжительность хлорирования, зависящую от объема оборотной воды и ее расхода, рассчитывают по формуле

$$T = \frac{V_c}{W_n} + 0,5, \quad (I)$$

где V_c - объем воды в системе от насосной станции до наиболее удаленного потребителя, м³;

W_n - количество воды, подаваемой потребителю, м³/ч;

0,5 - продолжительность дезинфекции, ч.

Из описанных методов удаления из оборотных и сточных вод микроорганизмов наиболее эффективными являются: механическая очистка воды от взвесей; подщелачивание воды известью до высоких значений pH, при которых наблюдается увеличение седиментации взвесей и одновременная инаktivация вегетативных клеток микроорганизмов; обработка воды хлором и хлорпродуктами. Последний метод является универсальным, так как может применяться для различной воды без изменения ее качества. Указанные методы применяются как отдельно, так и совместно в зависимости от принятой технологии очистки воды.

В ГДР на сахарном заводе "Зальцведель" транспортно-мочные воды подвергают очистке в отстойнике "Аквапура", а затем хлорируют. Доза хлора составляет 3 г на I м³ воды.

На заводе "Лангенбогем" транспортно-мочные воды проходят через два отстойника. В первом отстойнике отделяется песок, во втором - остальные механические примеси. Продолжительность пребывания воды в отстойнике - 2 ч. Осветленная вода хлорируется и повторно используется.

В СССР на свеклосахарных заводах с целью улучшения осаждения взвесей в транспортно-мочных водах к ним добавляют I50-300 мг/л СаО. Для предотвращения гниения циркуляционную воду хлорируют из расчета I5 г на I м³ воды.

На заводе "Дунайская страда" мощностью 4 тыс. т переработки свеклы в сутки транспортно-мочные воды очищают в четырех отстойниках с добавлением сульфата железа и хлора. Барометрическая вода охлаждается в градирне, хлорируется и повторно используется.

На некоторых сахарных заводах взвеси из транспортно-мочных вод отделяются в гидроциклонах, а затем в декантаторах, из которых сгущенный осадок удаляется. Осветленная вода из декантатора возвращается в очищенную транспортно-мочную воду. С целью улучшения эффективности осветления транспортно-мочной воды применяют известкование (перед отстойником) до pH 8, а для предотвращения брожения воду хлорируют.

На ряде сахарных заводов применяют рециркуляцию барометрической воды. Вода охлаждается в градирне; перед градирней и после нее воду хлорируют (1,5 мг/л).

Опыты по применению формалина для дезинфекции барометрической воды не дали ожидаемого эффекта. Наблюдался рост грибов на стенках градирни, что ухудшало эффект охлаждения воды.

На сахарном заводе "Ческе Мезиржичи" известковое молоко подают в канал из мерника до pH 9,0. Из канала вода направляется в сборник, из которого насосами перекачивается в декантаторы. Осветленная вода отводится в другой сборник, куда подается хлорная вода. Осветленная и обеззараженная вода из сборника самотеком направляется на гидро-транспортёры.

Для охлаждения барометрической воды используется вентиляционная градирня. Для барометрической воды имеется станция хлорирования.

В Румынии для осветления транспортно-мочных вод применяют радиальные отстойники типа Дорра и Брюкнера, а также горизонтальные "Акватура". Эффективность очистки воды в отстойниках типа Дорра и "Акватура" более 80%. Осветленную воду обрабатывают газообразным хлором в количестве 5 мг/л в течение 15 мин.

На новом сахарном заводе "Буэзу" транспортно-мочные воды направляют в отстойник, хлорируют и возвращают в оборотную систему; осадок из отстойников перекачивают на поля фильтрации.

Система оборота барометрических вод позволяет повторно использовать 340 л/с этих вод. В систему входят четырехсекционная градирня, сборники и насосы. Кроме того, предусмотрен буферный бассейн, вместимость которого рассчитана на 10-часовую потребность завода в воде.

В США на свеклосахарных заводах транспортно-мочные воды обрабатывают известью. На новом сахарном заводе "Истон" (штат Мэн) транспортно-мочные воды поступают в отстойник "Акватура". Для улучшения очистки и обеззараживания их обрабатывают известью (0,15% CaO к

массе свеклы) до pH 10,0. Это дает возможность в значительной степени стерилизовать воду.

При известковании воды до pH 10-11 создаются условия, при которых уменьшается рост анаэробных микроорганизмов, однако при этом образуется неприятный запах. Обычная норма извести (в пересчете на сухую известь) около 1 т на каждые 1000 т переработанной свеклы)

На заводе "Нисса" мощностью 6,5 тыс. т переработки свеклы в сутки (штат Орегон) предложена замкнутая система очистки.

В Бельгии транспортно-мочевые воды сахарных заводов обрабатывают известью до pH 10,5 - 12,0. Содержание Ca^{++} в циркуляционной воде колеблется от 100 до 500 мг/л, доза извести составляет 2,03 т на 1000 т перерабатываемой свеклы. Осветленную воду хлорируют газообразным хлором (16,4 мг/л). Расход хлора составляет 80 кг на 1000 т свеклы.

В Швеции водоснабжение сахарных заводов осуществляется из небольших рек. Транспортно-мочевые воды очищают в отстойниках, хлорируют и повторно используют.

В ПНР проведены исследования по хлорированию барометрических вод, охлажденных в прудах. Исследовали воду при добавлении 5,7; 7,4; 9,7 мг хлора на 1 л. Установлено, что доза 9,4 мг Cl_2 на 1 л достаточна для предупреждения заражения воды во время охлаждения. При 30-часовом пребывании барометрической воды в прудах наблюдается значительная бактериальная зараженность. Хлорирование такой воды положительно влияет на ее чистоту и тем больше, чем выше доза хлора.

Проведенные в ПНР исследования показали, что к профилактическим мероприятиям очистки транспортно-мочевых вод нужно отнести интенсивное аэрирование, хлорирование и известкование. Барометрическую воду после охлаждения рекомендуется использовать повторно. Для предотвращения развития микроорганизмов оборотную воду необходимо хлорировать. Количество хлора зависит от степени загрязнения воды и в среднем составляет 0,5 г на 1 м³ воды. Применение ударных доз целесообразнее, так как при непрерывном хлорировании бактерии приспосабливаются к новым условиям и действие хлора снижается.

Отечественный и зарубежный опыт обработки оборотных и сточных вод сахарных заводов хлором и хлорпродуктами показывает, что обеззараживание воды целесообразно проводить на завершающей стадии ее очистки. Доза хлора зависит от принятой технологии очистки, степени загрязнения воды и других факторов, которые характерны для данного сахарного завода и колеблется в значительных пределах.

С целью определения оптимальной дозы хлора для обеззараживания оборотных вод I и II категории во ВНИИСПе [6] изучали хлоропоглощае-

мость и хлоропотребность вод II категории, степень их загрязнения, выраженную через ХПК, а также эффективность обеззараживания хлором.

Анализ результатов исследований на сахарном заводе позволил выявить прямую корреляционную связь между бихроматной окисляемостью вод I и II категории и их хлоропоглощаемостью и хлоропотребностью. Для вод I категории вычислены корреляционные коэффициенты зависимости хлоропоглощаемость - ХПК и хлоропотребность - ХПК, составляющие соответственно 0,92 и 0,89. Для вод II категории корреляционный коэффициент зависимости хлоропотребность - ХПК составил 0,97.

В результате математической обработки данных получены формулы

$$X = 0,042 \text{ ХПК} - 1,5 \quad (2)$$

$$D_{\text{Cl}_2}^I = 0,04 \text{ ХПК} - 0,37 \quad (3)$$

$$D_{\text{Cl}_2}^{II} = 4,98 + 0,0017 \cdot \text{ХПК} \quad (4)$$

Выражения (2) и (3) дают возможность определить соответственно хлоропоглощаемость и хлоропотребность для вод I категории по величине бихроматной окисляемости (ХПК), а формула 4 - дозу хлора при обеззараживании транспортерно-мочных вод по величине ХПК.

Проверка формул (2), (3) и (4) в лабораторных и производственных условиях подтвердила их справедливость.

В последнее время для обеззараживания воды применяют электролитический метод, преимущество которого заключается в получении из хлоридсодержащих растворов гипохлорита натрия на месте потребления. В качестве хлоридсодержащих растворов используют поваренную соль, сточные воды, минерализованные подземные источники и морскую воду.

Электролитический способ основан на взаимодействии хлора со щелочью в электролизере.

При электролизе раствора NaCl в ванне без диафрагмы на аноде происходит разряд ионов хлора, на катоде - молекул воды.

Хлор растворяется в электролите с образованием хлорноватистой и соляной кислот. Атомы водорода выделяются из раствора в виде газа, а ионы OH^- взаимодействуют с ионами Na^+ и образуют щелочь. При взаимодействии хлорноватистой кислоты с щелочью получается гипохлорит натрия.

При введении гипохлорита натрия или хлорной извести в воде образуются хлорноватистая кислота HClO и ионы ClO^- , содержание которых зависит от pH воды.

Различают три способа получения гипохлорита натрия: электролиз сточной воды без добавления к ней хлоридсодержащего раствора; электролиз смеси сточных вод с высококонцентрированными хлоридсодержащими жидкостями - морской водой и др; электролиз концентрированных хлоридов

ридсодержащих растворов – морской воды, раствора поваренной соли, высокоминерализованных подземных источников. Наиболее распространен третий способ.

Исследования, проведенные НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Панфилова совместно с кафедрой коммунальной гигиены I Московского медицинского института им. И.М. Сеченова, показали, что по бактерицидному эффекту и воздействию на технологические показатели воды гипохлорит натрия равноценен жидкому хлору, хлорной извести и другим хлорпродуктам и может использоваться в качестве обеззараживающего реагента при дезинфекции питьевой и сточных вод.

ВНИИСПом проведены исследования по применению гипохлорита натрия, получаемого из раствора поваренной соли, для обеззараживания оборотных вод I и II категории. Для получения гипохлорита натрия использовали электролизную установку ЭОВ, выпускаемую московским экспериментальным машиностроительным заводом "Коммунальник".

Схема получения гипохлорита натрия и ввода его в сточные воды I и II категории следующая. В приемный бак загружается поваренная соль, заливается водой и насосом перемешивается до получения насыщенного (280–340 г/л) раствора *NaCl*. Приготовленный раствор тем же насосом через напорный песчаный фильтр с эжекторной системой промывки (конструкция ВНИИСПа) перекачивается в бак, где разбавляется водопроводной водой до концентрации 100–120 г/л. Затем электролит поступает в электролизер, на электроды которого подается напряжение. При прохождении электролита по камерам электролизера происходит электролиз поваренной соли с образованием гипохлорита натрия, который самотеком поступает в сборник, откуда он подается в напорные трубопроводы для перекачивания вод I и II категории. Образующиеся газы удаляются в атмосферу через вытяжной зонт.

Опыты по обеззараживанию вод I и II категории гипохлоритом натрия проводили на Яготинском сахарном заводе. Установлено, что эффективность обеззараживания оборотных вод гипохлоритом натрия зависит от его первоначальной дозы, степени загрязнения воды по ХПК и содержания остаточного активного хлора в воде. Применение гипохлорита натрия целесообразно при периодическом режиме обеззараживания, позволяющем повысить эффективность обеззараживания воды, а также исключить возможность накопления хлорида натрия.

Установлена высокая стойкость гипохлорита натрия при хранении, поэтому эксплуатацию электролизных установок можно осуществлять периодически с целью накопления гипохлорита натрия и последующего его использования.

Раствор поваренной соли, предназначенный для получения гипохлорита натрия, перед подачей в электролизер необходимо очищать на напорном песчаном фильтре для более высокого выхода реагента, а также повышения производительности установки.

Как показал опыт работы Козовского сахарного завода [7] по обеззараживанию оборотных вод I и II категории, применение хлораторных электролизными установками и гипохлорита натрия позволяет улучшить условия их эксплуатации и автоматизировать процесс.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОБОРОТНЫХ ВОД САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

Для обеззараживания воды и дозирования реагента применяют специальные устройства. В свеклосахарном производстве к таким устройствам относятся хлораторы различных систем и электролизные установки.

Хлораторы. В хлораторе регулируется подача из баллонов или цистерн сжиженного газа при смешении его с водой для получения хлорной воды с высокой концентрацией активного хлора (1-2 г/л) и последующего введения ее в основную массу обрабатываемой воды.

Наибольшее распространение получили вакуумные хлораторы конструкции Л.А. Кульского [8]. В таких аппаратах хлор смешивается с водой при помощи водоструйного насоса; конструкция хлорной воды - до 1,5 г/л. Хлораторы изготовляют из бронзы и чугуна, защищенных пластмассовыми вставками. В эксплуатации они просты и надежны. В таблице приведена техническая характеристика хлораторов конструкции Л.А. Кульского.

Техническая характеристика хлораторов

Марка	Производительность по хлору, кг/ч	Расход воды, м ³ /ч	Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	Габаритные размеры, мм
1	2	3	4	5
ЛК-10 м	0,04-0,08	До 5	25	530x230x60
ЛК-10 с	1,0-5,4	До 5	25	530x230x60
ЛК-10 б	2,0-25,0	До 30	50	300x340x200
ЛК-10 у	5-100,0	До 30	100	1230x640x300
ЛК-11	0,5-5,0	До 5	25	500x200x125
ЛК-12	1,8-25,4	До 30	100	760x280x350

, Этот тип хлораторов изготовляют механические мастерские Производственного управления водопроводно-канализационного хозяйства г. Киева, а также Институт коллоидной химии и химии воды АН УССР

Кроме хлораторов марки ЛК, выпускаются хлораторы, разработанные в ЛОНИИ Водгео [87].

Производительность аппаратов с ротаметром РС-3 до 10, с ротаметром РС-5 до 20 и с ротаметром РС-7 до 85 кг хлора в час. Хлораторы выпускает лихославский завод "Светотехника" Министерства электротехнической промышленности СССР и центральные ремонтные мастерские Донбассводотреста Министерства черной металлургии УССР.

Характеристика хлораторов системы ЛОНИИ-100 с жидкостными измерителями и ротаметрами приведена ниже.

	С жидкостным измерителем	С ротаметром
Производительность по хлору, кг/ч	0,2-1,0 1,0-5,0 2,0-10,0	0,5-3,0 1,0-5,0 2,0-10,0
Диаметр патрубка эжектора, мм	25,0 25,0 50,0	25,0 25,0 50,0
Габаритные размеры, мм	800x730x160	830x650x160

Электролизные установки. Для получения гипохлорита натрия из раствора поваренной соли или других хлоридсодержащих жидкостей применяются различного типа установки, серийно выпускаемые отечественной промышленностью [87]. Наибольшее распространение получили электролизные установки проточного и непроточного типа, разработанные Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Панфилова.

Установка проточного типа с пластинчатыми графитовыми электродами ЭОВ, серийно выпускаемая московским экспериментальным машиностроительным заводом "Коммунальник", испытана на Яготинском сахарном заводе.

На рис. I представлен общий вид установки ЭОВ. Она состоит из баков для приготовления и дозирования раствора поваренной соли, бака-накопителя гипохлорита натрия, электролизера с графитовыми электродами, выпрямительного агрегата и элементов автоматики.

Техническая характеристика установки

Производительность по хлору, кг/сут	25-30
Напряжение при частоте 50 Гц, В	380
Расход на 1 кг активного хлора:	
электроэнергии, кВт.ч.	7-9
соли, кг	6-8
Масса установки, кг	2000

На станции можно монтировать 4-5 установок, из которых одна должна быть резервной. Электролизеры могут обеспечить реагентом очистные сооружения с потребностью в активном хлоре от 25 до 100 кг/сут.

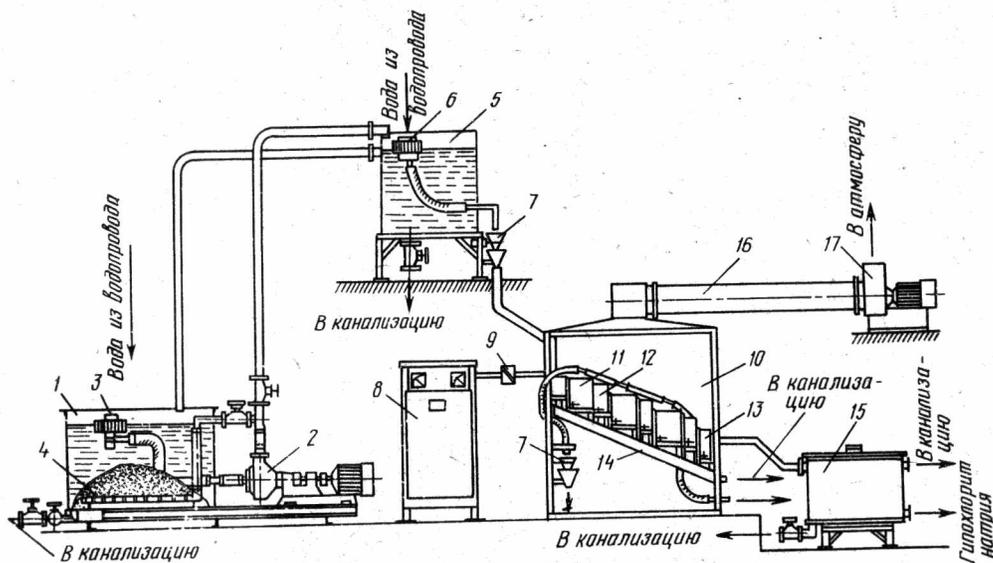


Рис. 1. Электролизная установка ЭОВ:

- 1 - приемный бак; 2 - центробежный насос; 3 - поплавок; 4 - решетка для размывания соли;
 5 - рабочий бак; 6 - поплавок-дозатор; 7 - реле; 8 - выпрямительный агрегат; 9 - пере-
 поллюсатор; 10 - электролизер; 11 - холодильные камеры электролизера; 12 - электролити-
 ческие камеры; 13 - сборная камера; 14 - лоток; 15 - приемный бак гипохлорита натрия;
 16 - воздуховод; 17 - вентилятор

НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды совместно с ИКБ Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Панфилова разработал электролизные установки непроточного типа производительностью 1; 5; 25 и 100 кг активного хлора в сутки (ЭН-1, ЭН-5, ЭН-25 и ЭН-100).

Основным элементом установки ЭН-25 является электролизер, выполненный в виде ванны с расположенными в ней графитовыми электродами, которые состоят из токоподводящих и биполярных электродов, собранных в общий пакет с помощью стяжек. Между электродами установлены шайбы, обеспечивающие заданное межэлектродное расстояние.

Техническая характеристика установки ЭН-25

Производительность по активному хлору, кг/сут	25
Расход на 1 кг активного хлора:	
соли	8-12
электроэнергии, кВт.ч.	8-10
Продолжительность электролиза, ч	7-8
Напряжение, В	55-60
Концентрация хлора в растворе, г/л	10-12

Электролизная установка ЭН-25 смонтирована и испытана на Козовском сахарном заводе [7]. Результаты испытаний показали, что по сравнению с установкой проточного типа она позволяет получать гипохлорит натрия концентрацией 10-12 г/л активного хлора.

Дозаторы обеспечивают подачу потребного количества хлорреагента (раствора хлорной воды, гипохлорита натрия) в обрабатываемую воду. Их назначение не только равномерно или пропорционально дозировать, но и контролировать расход хлорреагента.

На сахарных заводах для этой цели используют различные дозаторы и приспособления [8]. Простейший тип дозатора постоянной дозы показан на рис. 2. Благодаря наличию в дозаторе шарового клапана уровень раствора над краном и количество реагента остаются постоянными.

В дозаторе Хованского (рис. 3) поплавков смонтирован непосредственно в баке для раствора. С помощью поплавка поддерживают на определенной глубине (под уровнем раствора) трубу, соединенную с гибким шлангом. Поплавок опускается и поднимается в зависимости от уровня раствора в баке, поэтому напор над отверстием, скорость истечения и подача раствора остаются постоянными. Для предотвращения подсосывания в конце шланга и поплавка установлена воздушная трубка. Изменение расхода хлорной воды достигается соответствующей заменой калиброванной шайбы. В небольших пределах расход раствора реагента регулируют, изменяя глубину погружения поплавка в раствор.

Этот тип дозатора применяется для равномерной подачи электролита (раствора поваренной соли) в электролизной установке проточного типа ЭОВ.

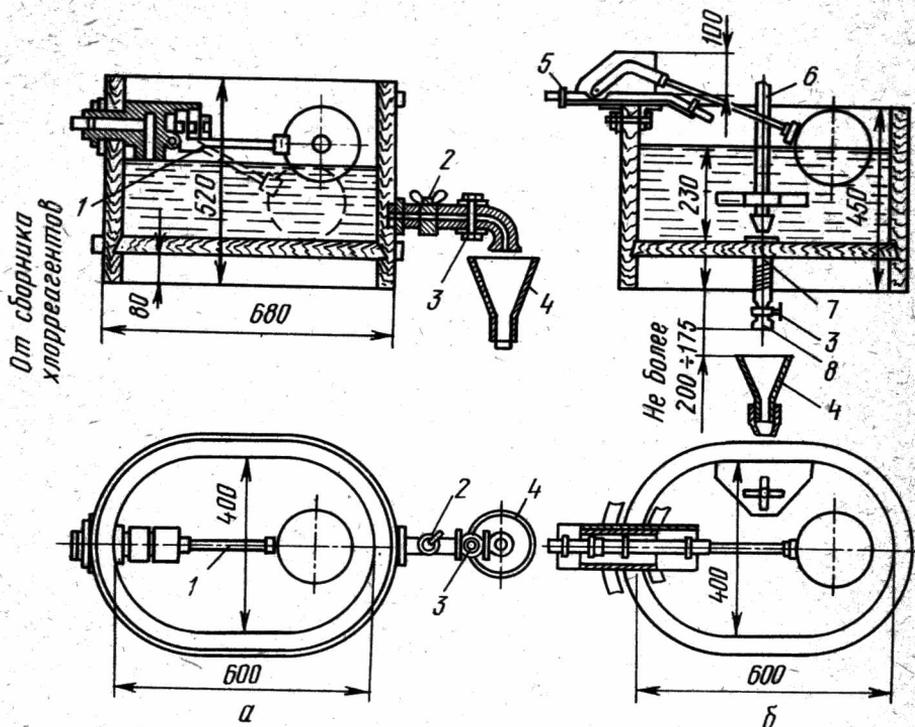


Рис. 2. Бак-дозатор постоянной дозы:

а - с краном; б - с диафрагмой;
 1 - шаровой клапан; 2 - кран для включения и выключения дозирочного бака; 3 - кран; 4 - воронка; 5 - резиновая трубка; 6 - запорное устройство; 7 - патрубок; 8 - штуцер

На рис. 4. дана схема автоматического струйного дозатора. Опыт эксплуатации такого дозатора на Козовском сахарном заводе показал, что при обеззараживании вод I категории затруднения не возникают, а при очистке вод II категории эжектор засоряется примесями и крупными взвесями. Этот недостаток может быть устранен, если перед эжектором смонтировать напорный гидроциклон.

Дозатор-расходомер ВНИИПа [8] представлен на рис. 5. Уровень воды регулируется шаровым клапаном, а расход хлорреагента - по уровню жидкости в водомерном стекле. Дозатор-расходомер имеет два шибера с пропорциональными водосливами, что позволяет одновременно дозировать и измерять расход хлорреагента. Дозатор рассчитан на максимальную дозу подачи хлорреагентов для обеззараживания вод I и II категории.

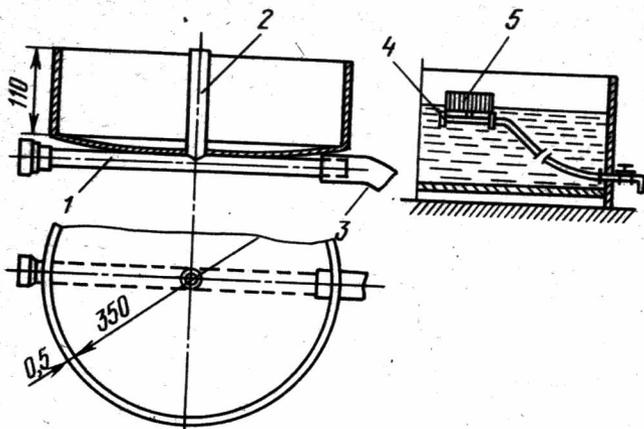


Рис. 3. Поплавковый дозатор Хованского:
 1 - основная труба; 2 - воздушная трубка; 3 - резиновый шланг; 4 - диафрагма; 5 - поплавок

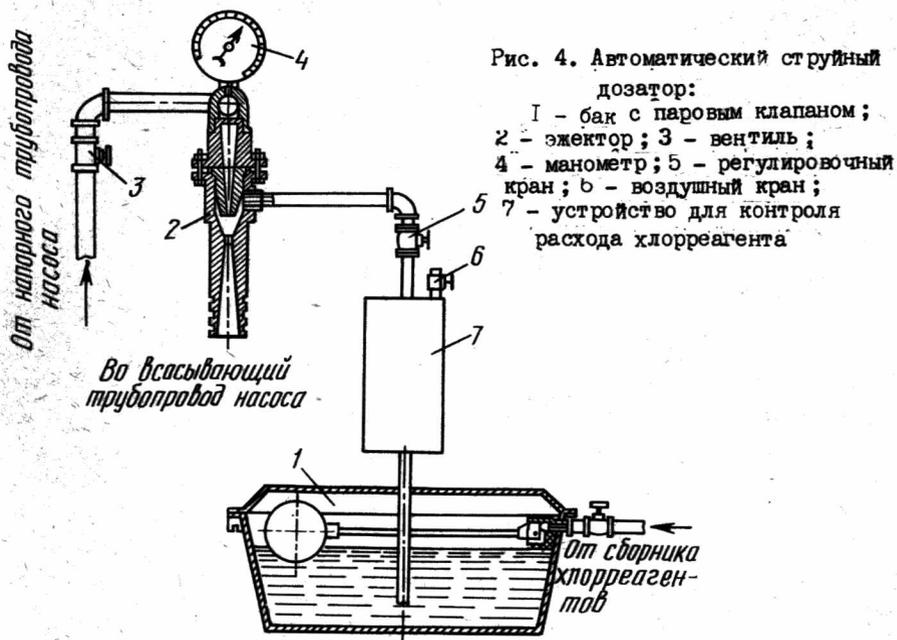


Рис. 4. Автоматический струйный дозатор:

- 1 - бак с паровым клапаном;
 2 - эжектор; 3 - вентиль;
 4 - манометр; 5 - регулировочный кран;
 6 - воздушный кран;
 7 - устройство для контроля расхода хлорреagenta

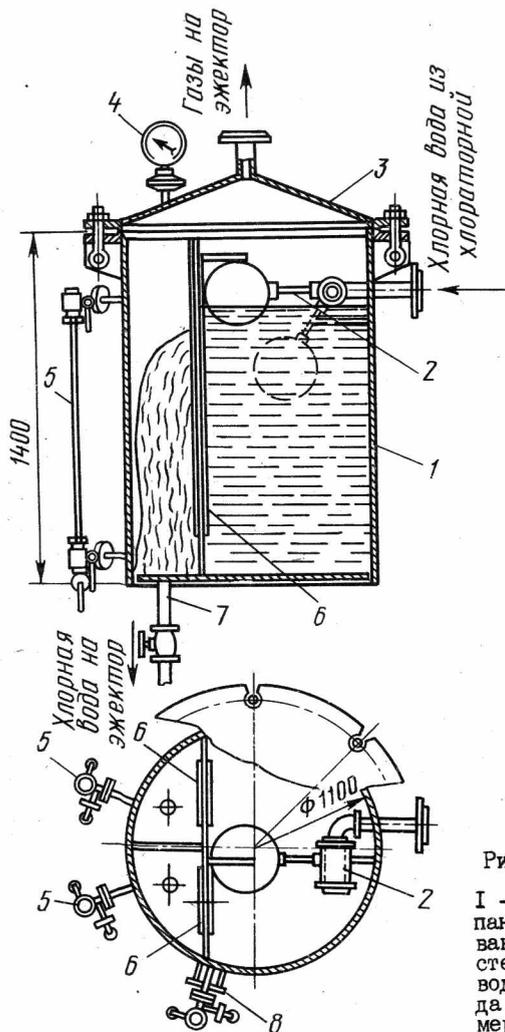


Рис. 5. Дозатор-расходомер
ВНИСПа:

1 - корпус; 2 - шаровой клапан; 3 - крышка; 4 - мановакуумметр; 5 - водомерное стекло; 6 - пропорциональный водослив; 7 - патрубок отвода хлорреактента; 8 - расходомерная рейка

Дозатор-расходомер ВНИСПа имеет преимущества перед другими конструкциями, так как исключает возможность загазованности помещения хлором, более точно производит измерения и дозировку хлорреактентов. Испытания дозатора-расходомера на Козовском сахарном заводе дали положительные результаты [7].

Для дозирования хлорной воды или гипохлорита натрия используются насосы-дозаторы как плунжерные, так и винтовые, которые серийно выпускаются отечественной промышленностью. Однако опыта эксплуатации таких насосов-дозаторов при обеззараживании воды в сахарной промышленности пока нет.

x x x

Таким образом, на основании проведенных исследований и опыта работы сахарных заводов установлено, что оборотные воды должны подвергаться обеззараживанию для предотвращения биологических обрастаний трубопроводов, устройств, сооружений, в которых рециркулирует эта вода, и недопущения попадания микрофлоры на верстат завода с целью снижения потерь сахара в производстве.

Обработка рециркуляционных вод II категории известковым молоком для интенсификации их осветления не исключает обеззараживания осветленной воды хлорреагентами.

Дозу хлора рекомендуется определять в зависимости от степени загрязнения воды, выраженной через ХПК, пользуясь эмпирическими формулами.

Для получения хлорреагентов целесообразно применять электролизные установки и хлораторы марки ЛК и ЛОНИИ-100.

Внедрение обеззараживания вод I и II категории на сахарном заводе мощностью 3 тыс. т переработки свеклы в сутки дает годовой экономический эффект 45 тыс. руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апельцин И.Э., Макаренко З.Н., Клячко В.А. и др. Радиационная очистка природных вод от органических загрязнений. - Водоснабжение и санитарная техника, 1983, № 5, с. 8-12.
2. Удод В.М., Подорван Н.И., Ротмистров М.Н. Микрофлора сточных вод Носовского свеклосахарного завода. - Сахарная промышленность, 1977, № 4, с. 35-36.
3. *Listy Cukrovarnicke, 1977, n.1, 13-21.*
4. *Listy Cukrovarnicke, 1977, n.1, 17-18.*
5. Пархомец А.П., Находкина В.З., Сорокин А.И. и др. Исследование биологических качеств и методов дезинфекции транспортно-моечных вод. - Научно-технический реферативный сборник. Сахарная промышленность. - М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1977, № 1, с. 10-19.
6. Сорокин А.И., Пархомец А.П., Находкина В.З. и др. Исследования по хлоропоглощаемости и хлоропотребности вод I и II категории сахарного завода с целью их обеззараживания. - Сахарная промышленность, 1979, № 1, с. 12-17.
7. Сорокин А.И., Пархомец А.П., Находкина В.З. и др. Об опыте обеззараживания оборотных вод I и II категории на Козовском сахарном заводе. - Сахарная промышленность, 1979, № 8, с. 29-33.
8. Методические рекомендации по дезинфекции вод I и II категории газообразным хлором и электролитическим гипохлоритом натрия на свеклосахарных заводах - Киев: ВНИИСП, 1979, с. 7-24.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Методы обеззараживания воды	I
Обеззараживание оборотных вод в свеклосахарном производстве	3
Устройства для обеззараживания оборотных вод сахарных заводов	14
Литература	22

Ответственные за выпуск: Г.И. Абрамова, И.Б. Ляпина

Литературный редактор: З.И. Годлевская

Технический редактор: З.М. Румянцева Корректоры: А.И. Соловей,
Н.П. Кузнецова

Адрес ЦНИИТЭИпищепрома: Москва, Г-69, ул. Воровского, 22

Телефон: 290-42-09

Подписано к печати 15.09-83 г. Л-72833

Формат 60x90/16

Объем п.л. 1,5 Усл. п.л. 1,5 Уч.-изд.л. 1,48 Бум. тип. № 2

Тираж 900 экз. Цена 30 коп. Изд. № 493 Зак. 1048

Типография ЦНИИТЭИпищепрома

30 коп.

Индекс 63129