

14. Zavyalova, O. Early concrete creep and its real modulus of elasticity consideration at calculations of multistorey frames raised in a relatively short time / O. Zavyalova, A. Shein // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12. – No 15. – P. 4595-4600. – EDN SHQQED.
15. Омармагомедов, И. М. Резервирование прочности несущих конструкций высотного здания для предотвращения возможного прогрессирующего обрушения / И. М. Омармагомедов, О. Б. Завьялова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 6-1(37). – С. 53-58. – EDN UAVMBF. Завьялова, О. Б. Методы увеличения живучести уникальных зданий / О. Б. Завьялова, И. М. Омармагомедов // Перспективы развития строительного комплекса. – 2016. – № 1. – С. 240-249. – EDN WXPRDJ.
16. Кабанцев, О. В. Учет различных режимов работы конструкций при расчете несущих систем зданий / О. В. Кабанцев // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия, Москва, 19–20 апреля 2016 года / Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 146-154. – EDN VXXJZX.
17. Завьялова, О. Б. Учет истории возведения и нагружения сборных рамных каркасов / О. Б. Завьялова // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 4. – С. 34-39. – EDN SAZOJX.
18. Напряженно-деформированное состояние высотного здания с учетом последовательности возведения / А. А. Семенов, И. А. Порываев, Д. В. Кузнецов [и др.] // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – № 12(63). – С. 49-70. – DOI 10.18720/CUBS.63.3. – EDN YNKKCZ.
19. Юзиков, В. П. Расчет тонкостенных стержней открытого профиля с учетом сдвига срединной поверхности / В. П. Юзиков, О. Б. Завьялова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 1(625). – С. 108-115. – EDN OZNB RJ.
20. Завьялова, О. Б. Применение условного сдвига-изгибного стержня при расчете рам на устойчивость / О. Б. Завьялова, А. И. Шеин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – № 1(613). – С. 99-105. – EDN OZHVVV.
21. Завьялова, О. Б. Исследование работы рам на горизонтальные нагрузки / О. Б. Завьялова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2004. – № 3(543). – С. 93-99. – EDN PIJSCH.

© О. Б. Завьялова, Д. Д. Виноградов

Ссылка для цитирования:

Завьялова О. Б., Виноградов Д. Д. Методика расчета на прогрессирующее обрушение монолитного высотного здания гостиницы в ПК SCAD // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 72–78.

УДК 628.512/628.166

DOI 10.52684/2312-3702-2022-41-3-78-81

**РОТАЦИЯ ЖИДКОГО ХЛОРА НА ГИПОХЛОРИТ
КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ВОДЫ**

А. Ю. Скрябин

Скрябин Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», Южно-Российский государственный университет имени М. И. Платова, г. Новочеркасск, Российская Федерация, e-mail: 65613@mail.ru

Показано, что проблема санитарно-эпидемиологической безопасности питьевой воды традиционно решается хлорированием, которое продолжает оставаться самым распространенным в мире способом обеззараживания воды в силу своей санитарно-гигиенической надежности, пролонгированности бактерицидного действия, относительно простоты и экономичности. Однако, при использовании жидкого хлора бесспорной остается проблема его транспортировки через населенные территории и хранение многотонных запасов на водоочистных станциях, многие из которых уже стали опасно соседствовать с расширяющейся городской жилой застройкой. Рассматривается проблема экологической безопасности при использовании газообразного хлора на станциях водоподготовки, расположенных в селитебных зонах населенных пунктов. Описаны причины и условия возникновения чрезвычайных ситуаций, а также показана необходимость прогноза последствий данных чрезвычайных ситуаций. Определены параметры для анализа последствий чрезвычайных ситуаций и оценки их масштаба. На контрольном примере приведены прогнозные оценки потерь в зоне заражения химически опасным веществом, рассмотрена институциональная составляющая регулирования действий по защите населения и территорий при чрезвычайных ситуациях. Даны рекомендации по замене газообразного хлора на безопасный гипохлорит натрия.

Ключевые слова: водопроводные сооружения, жидкий хлор, авария, химическая опасность, питьевое водоснабжение, население, чрезвычайная ситуация, выброс хлора, экономический ущерб, химико-биоцидная обработка воды.

**ROTATION OF LIQUID CHLORINE TO HYPOCHLORITE
AS A SOLUTION TO THE PROBLEM OF MAN-MADE AND ENVIRONMENTAL SAFETY
WHEN DISINFECTING WATER**

A. Yu. Skryabin

Skryabin Aleksandr Yuryevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Water Management, Engineering Networks and Environmental Protection, Platov South-Russian State University, Novocherkassk, Russian Federation, e-mail: 65613@mail.ru

The article shows that the problem of sanitary and epidemiological safety of drinking water is traditionally solved by chlorination, which continues to be the most common method of water disinfection in the world due to its sanitary and hygienic reliability, prolonged bactericidal action, relative simplicity and economy. However, when using liquid chlorine, the problem of its transportation through populated areas and the storage of multi-ton reserves at water treatment plants, many of which have already become

dangerously adjacent to the expanding urban residential development, remain indisputable. The paper considers the problem of environmental safety when using gaseous chlorine at water treatment plants located in residential areas of settlements. The causes and conditions for the occurrence of emergencies are described, and the need to predict the consequences of these emergencies is shown. The parameters for analyzing the consequences of emergency situations and assessing their scale are determined. On the control example, forecast estimates of losses in the zone of contamination with a chemically hazardous substance are given, the institutional component of the regulation of actions to protect the population and territories in emergency situations is considered. Recommendations are given for replacing gaseous chlorine with safe sodium hypochlorite.

Keywords: water supply facilities, liquid chlorine, accident, chemical hazard, drinking water supply, population, emergency situation, chlorine release, economic damage, chemical-biocidal water treatment.

Введение

Расширение жилых зон городов и поселков городского типа в связи со спонтанно развивающимися агломерациями часто приводит к нахождению водопроводных, а также канализационных сооружений в нежелательной близости от мест проживания и/или скопления людей. Это создает определенную опасность для них при происшествиях или авариях на указанных объектах, особенно при использовании хлора. Причинами подобных происшествий, как правило, являются:

- технические неполадки в системе технической безопасности оборудования или резервуаров;
- человеческий фактор, провоцирующий или ошибочные оперативные и/или организационные действия персонала;
- внешние воздействия природного характера или внутренние воздействия развивающейся аварийной ситуации на объекте.

По мнению западных экспертов, около 2/3 аварий с участием хлора приходится на цистерны, технологические емкости, контейнеры или баллоны, т. е. емкости, содержащие хлор. В связи с этим вероятность одномоментного разрушения всех емкостей с оперативным запасом хлора незначительна. Наиболее вероятное аварийное событие – повреждение единичной емкости хлора.

Анализ публикаций, материалов, методов

В любом из вышеприведенных случаев хранение хлора в селитебных зонах городов и поселков городского типа создает условия возникновения чрезвычайных ситуаций [1–3]. Последствия подобных ЧС следует прогнозировать, поскольку:

- а) затраты на ликвидацию последствий данных ЧС могут быть чрезмерны;
- б) подобные аварийные ситуации, как правило, относят к авариям высшей степени химической опасности.

При моделировании последствий выброса хлора необходима классификация территорий заражения, где могут реализоваться неблагоприятные для жизни и здоровья условия для населения.

На практике сложилась следующая классификация:

- очаг аварии (место аварии и производственная площадь распространения хлора);
- район аварии (территория, где выброс хлора максимально поражает население);

- зона распространения (химическое заражение за пределами района аварии. Характеризуется распространением облака хлора по направлению ветра и ограничена изолинией средних значений экспозиционной дозы).

При механическом разрушении оболочек резервуаров в течение нескольких минут образуется аэрозоль хлора в количестве 2,5 % от его массы, при дальнейшем испарении с подстилающей поверхности возникает вторичное облако хлора [4].

Анализ последствий выброса хлора на объекты и население, определение характера и масштаба поражения проводится исходя из следующих параметров:

- времени как фактора поражающего действия хлора;
- объема аварийного выброса, определяющего масштаб заражения;
- динамики границ химического поражения хлором;
- оценки людских потерь в очаге аварии / химического поражения.

Определение влияния выброса хлора, оценка характера и масштаба поражения проводится в рамках моделирования / прогноза последствий потенциальной чрезвычайной ситуации или аварии, связанной с выбросом хлора.

В принятом в 1994 г. в РФ ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [5] введено понятие «экономическое последствие от чрезвычайной ситуации» с целеполаганием – снижения экономического ущерба и потерь от ЧС.

Понятие экономического ущерба от ЧС будем трактовать в соответствии с [6] как совокупность прямых и отдаленных экономических потерь вследствие повреждения / разрушения материальных или иных объектов производственного, социального и бытового назначения, а также культурных ценностей, временной или постоянной убыли трудовых ресурсов [6]. К изложенному следует добавить – недополучение прибыли хозяйствующими субъектами и собственно затраты на ликвидацию последствий ЧС в стоимостной форме.

Актуальность проблемы

Несмотря на постоянное совершенствование нормативной базы, условий хранения хлора, технологического и другого оборудования затраты на обеспечение безопасности использо-



вания жидкого хлора несомненно будет превышать затраты на процесс хлорирования. В то же время расходы на ликвидацию последствий аварийной ситуации невозможно прогнозировать. Данные обстоятельства определяют объективную необходимость модернизации систем водоочистки в части обеззараживания обеззараживания ее жидким хлором, поскольку затраты на повышение противоаварийной устойчивости хлорного хозяйства велики. В этой связи представляется актуальной необходимость поиска менее опасного дезинфектанта, сочетающего положительные качества хлорирования и отсутствием его недостатков.

В соответствии с нормативными документами [5, 7] прогнозная оценка химической обстановки в результате заражения химическими веществами должна проводиться при возможных «наихудших условиях», а именно: одновременный розлив / выброс хлора из контейнера или из его текущего запаса; благоприятные метеоусловия для распространения хлора – степень вертикальной устойчивости атмосферы – инверсия; скорость ветра (на высоте флюгера) 1 м/с.

Основной раздел

В качестве примера последствий аварийного выброса хлора рассматривалось ОСВ-1 г. Новочеркаска. Прогнозировались последствия разгерметизации контейнера с жидким хлором (0,9 т) на станции водоочистки. Расчеты проводились для «наихудших» условий по методике РД-52.04.253-90 [7]. Результаты расчетов: полная глубина зоны заражения $\Gamma = 4$ км, площадь зоны фактического заражения $S_{\phi} = 2,025$ км².

В зону заражения входит: городская зона – 0,95 км² и загородная зона – 1,1 км². Плотность населения в городской черте составляет 3418 чел/км², в загородной – 143 чел/км².

В результате численность населения, попадающая в зону заражения, превышает 3400 человека.

Для прогнозных оценок потерь в зонах заражения ХОВ в РФ принята следующая градация, которая используется в подобных расчетах:

- безвозвратные потери – 35 %;
- санитарные потери тяжелой и средней форм тяжести (стационарное лечение) – 40 %;
- санитарные потери легкой формы тяжести (амбулаторное лечение) – 25 %.

В РФ принята компенсационная выплата пострадавшему в ЧС при [4]:

- смертельном исходе – 1 млн руб.;
- ранениях (стационарное лечение) – 50 тыс. руб.;
- легких повреждениях (амбулаторное лечение) – 10 тыс. руб.

С учетом вышеприведенных параметров потерь и выплат реальные затраты федерального и регионального бюджетов превышают 1,2 млрд руб.

В рамках прогнозных стоимостных оценок последствий заражения ХОВ могут применяться и

другие методические подходы, в основе которых, например, лежат прогнозные оценки потерь ВВП (ВРП) (валовый внутренний продукт / валовый региональный продукт) от частичного или полного выбытия человека из экономического процесса [8–11].

Следует заметить, что в первом подходе экономический ущерб является реальным для бюджетов, то во втором – это «виртуальный», т. е. возможный экономический ущерб, который следует отнести к общественным (социально-экономическим) потерям.

В контексте регулирования действий по защите населения и территорий от ЧС следует выделить ее институциональную составляющую. Государственная политика РФ в области противодействия чрезвычайным ситуациям, техногенным авариям направлена, прежде всего, во-первых, на их предупреждение и ликвидацию для защиты жизни и здоровья людей, объектов экономики, а во-вторых, на разработку и выполнение федеральных / региональных целевых программ, снижающих риски возникновения техногенных аварий. Подобные действия относятся к функции регулирования внешних эффектов. Во-первых, данная функция должна иметь в рамках государства глобальный характер, обеспечивающий экологически устойчивое развитие государства, во-вторых, поскольку функция противодействия ЧС не имеет четкого разграничения ее внешних и внутренних сторон действия, то принимаемые решения в этой части должны иметь приоритет в исполнении.

Изложенное предполагает отображение функции регулирования внешних эффектов в институты правовых отношений. В данном контексте средства реализации национальной политики предотвращения ЧС должны отображаться в институтах права и специальных нормативах.

В контексте данной работы здесь должны получить развитие следующие аспекты:

- специальные законы и подзаконные акты, касающиеся конкретных природных и иных объектов;
- стандарты качества состояния в части отдельных природных систем (воздушной, водной и др.) и окружающей среды в целом, а также контроля соблюдения экологических норм;
- специальные нормы и правила, регламентирующие природо-хозяйственную деятельность субъектов экономики и т. д.

В качестве примера приведем часть законов, норм и правил:

а) федеральные законодательные акты:

- ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (от 11.11.1994 г.);
- ФЗ-52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (от 30.03.1999 г.) и др.;

б) нормы и правила:

- СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»;

- «Правила безопасности при производстве, транспортировке, хранении и потреблении хлора» (ПБ 09-594-03) и др.;

в) методики и алгоритмы действий:

- методика РД-52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» и другие.

Приведенные и другие институциональные инструменты регламентируют область принятия решений по противодействию чрезвычайным ситуациям и сохранению здоровья населения. Внедрение альтернативных хлорированию методов химико-биоцидной обработки воды будет существенно дешевле, чем устранение последствий аварийной чрезвычайной ситуации [12, 13].

Для экологизации химико-биоцидной обработки воды на жилищно-коммунальных объек-

тах требуется замена газообразного хлора на инновационный обеззараживающий реагент, при этом он должен обеспечивать промышленную безопасность, этим самым устраняя риски ЧС для населения и территории, обладать высокой бактерицидной эффективностью [14, 15]. Альтернативным окислителем-дезинфектантом в настоящее время может быть гипохлорит натрия, производимый электролизом раствора поваренной соли на месте последующего применения [4].

Выводы

1. Рассмотрены эколого-экономические последствия крупномасштабной ЧС в водохозяйственном комплексе, использующем привозной сжиженный хлор для обеззараживания воды.

2. В качестве примера приведен расчет аварийного выброса хлора на очистных сооружениях водопровода г. Новочеркаска при разгерметизации контейнера с 0,9 т жидкого хлора на водоочистной станции, в зону поражения попадет свыше 3400 человек.

3. Даны рекомендации по замене экологически опасного хлора на гипохлорит натрия, производимый путем электролиза поваренной соли на водохозяйственном объекте.

Список литературы

1. Алексеев В.С. Повышение надежности систем водоснабжения в чрезвычайных ситуациях // Водоснабжение и санитарная техника. 2002. №3. С. 21-23.
2. Экология. Военная экология / Под ред. В.И. Исакова. М.: 2006. 724 с.
3. Шебенко Ю.Н., Смолин И.М., Молчидовский И.С. и др. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной безопасности при рассмотрении проектно-сметной документации». М.: Всеросс. НИИ противопож. обороны, 1998. 72 с.
4. Скрыбин А.Ю., Фесенко Л.Н., Денисов В.В. Дезинфектант воды - гипохлорит натрия: производство и применение. - Новочеркасск: Лик, 2012. - 237 с.
5. ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера»: ФЗ РФ от 11.11.1994 // Гражданская защита. 1994. №1. С. 78-85.
6. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций / Г.Л. Кофф, А.А. Гусев, Ю.Л. Воробьев, С.Н. Козьменко, С.Н. Козьменко и др. М.: Изд. полиграф. комплекс РЭФИА, 1997. 145 с.
7. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте: РД-52.04.253-90. – П.: Гидрометеоиздат, 1991. 25 с.
8. Тихомиров Н.М., Тихомирова Т.М. Совершенствование управления природоохранной деятельностью на территории экологически опасных районов // ВИНТИ. 2000. №1. С. 33-45.
9. Тихомирова Т.М. Показатели ущерба населению и управление развитием общества // ВИНТИ. 1995. №6. С. 40-63.
10. Игнатъева С.Н. Гутенев В.В. Оценка ущерба здоровью населения от факторов окружающей среды // Здоровье населения и среда обитания: инф. бюллетень. 2003. №3. С. 7-10.
11. Латош В.Е. Экономическая оценка последствий катастрофы на территории крупного регионального центра // ВИНТИ. 2000. №3. С. 65-73.
12. Бреус С.А., Скрыбин А.Ю., Фесенко Л.Н. Разработка технологии очистки природной воды для питьевых целей на период чрезвычайных ситуаций: производство активного хлора электролизом воды // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3655.
13. Бреус С.А., Скрыбин А.Ю., Р.А. Олейник. Очистка природной воды для питьевых целей в период чрезвычайных ситуаций: электрохимическое коагулирование и контактное фильтрование // Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2016/3881.
14. Ю.Н. Стукалина, Л.В. Боронина, Е.В. Давыдова, Э.К. Мурзаева, И.В. Лукичева. Обеспечение экологической безопасности на объектах коммунального хозяйства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия, 2020 №3 (33). С. 31-34.
15. Л.В. Боронина Оптимизация процессов эксплуатации и управления системами предварительной очистки воды // Инженерно-строительный вестник Прикаспия, 2019. С. 17-21.

© А. Ю. Скрыбин

Ссылка для цитирования:

Скрыбин А. Ю. Ротация жидкого хлора на гипохлорит, как решение проблемы техногенной и экологической безопасности при обеззараживании воды // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 78–81.