

Оригинальная статья / Original article  
УДК 614.8.027:502.3

## ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ РАЗЛИВЕ ЖИДКОГО ХЛОРА, АВАРИИ НА ОПАСНОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ (СКЛАДЕ ХЛОРА) АО «ВОДОКАНАЛ» г. ЯКУТСКА

© Е.А. Удальцов<sup>1</sup>, Н.Ч. Тоноева<sup>2</sup>

Новосибирский Государственный Технический Университет,  
Российская Федерация, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20.

**РЕЗЮМЕ. ВВЕДЕНИЕ.** Несмотря на технические сложности при хранении и дозировании хлора, его высокую токсичность, коррозионную активность, потенциальную опасность возникновения чрезвычайных ситуаций, процесс хлорирования до настоящего времени широко применяется при дезинфекции питьевой воды и коммунально-бытовых стоков. **ЦЕЛЬ** исследования – оценить химическую обстановку при разливе АХОВ (жидкого хлора) на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» г. Якутска. **МЕТОДЫ.** Оценка химической обстановки на опасном объекте провели, руководствуясь РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» и другими нормативными документами. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** Рассмотрены возможные сценарии развития аварии на химически опасном объекте (складе хлора). Проведена оценка химической обстановки при разгерметизации контейнеров с жидким хлором на химически опасном объекте. Установлено, что продолжительность поражающего действия АХОВ составит 14,93 ч (время испарения с площади пролива). Величина возможных общих потерь населения 1463 человек. При наиболее вероятном сценарии аварии – разрушении одного контейнера – в газовую фазу перейдет 0,224 т. Величина возможных общих потерь населения – 316 человек. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Переход на более безопасный дезинфектант – гипохлорит натрия в республике Саха (Якутия) существенно лимитирован природно-географическими (сложность транспортной логистики больших объемов реагента) и климатическими особенностями региона.

**Ключевые слова:** аварийно-химические вещества, опасный химический объект, хлор, гипохлорит натрия.

**Информация о статье:** дата поступления 17.10.2017 г.; дата принятия к печати 31.01.2018 г.; дата онлайн-размещения 21.03.2018 г.

**Формат цитирования:** Удальцов Е.А., Тоноева Н.Ч. Оценка химической обстановки при разливе жидкого хлора, аварии на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» г. Якутска // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. Т. 3. № 1. С. 76–83.

### EVALUATION OF LIQUID CHLORIDE SPILLS AT CHEMICALLY DANGEROUS FACILITIES (CHLORINE WAREHOUSES) OF VODOKANAL JSC (YAKUTSK)

E.A. Udaltsov, N.Ch. Tonoeva

Novosibirsk State Technical University,  
20 K. Marks Pr., Novosibirsk 630073, Russian Federation

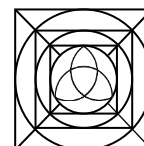
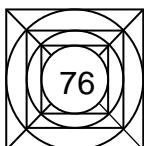
**ABSTRACT. INTRODUCTION.** Despite technical challenges of chlorine storage and dispensing, its high toxicity, corrosion activity and potential danger, chlorination is widely applied for disinfection of drinking water and household drains. The research aims to estimate liquid chlorine spills at chemically dangerous facilities (chlorine warehouses) of JSC Vodokanal, Yakutsk. **METHODS.** When assessing dangerous situations, we followed “Methods of prediction of infection scales with strong acid agents at chemically dangerous and transport facilities” 52.04.253-90 and other standards. **RESULTS.** Possible accident scenarios for chemically dangerous facilities (chlorine warehouses) are analyzed. Depressurization of containers with liquid chlorine at chemically dangerous facilities is assessed. It was found that duration of the striking action of ACDs is 14,93 h (evaporation time from the spill area). Possible losses of the population is 1463

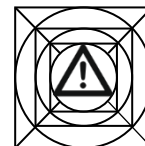
<sup>1</sup>Удальцов Евгений Анатольевич, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры безопасности труда, e-mail: ugodnic@gmail.com

Evgeny A. Udaltsov, Candidate of veterinary sciences, associate professor Safety of work, e-mail: ugodnic@gmail.com

<sup>2</sup>Тоноева Наталья Чагыловна, магистр, e-mail: ugodnic@gmail.com

Natalya Ch. Tonoyeva, master's degree student, e-mail: ugodnic@gmail.com





people. In case of the most probable accident scenarios - destruction of one container - 0,224 tons will turn into gas. The size of possible losses of the population is 316 people. **CONCLUSION.** The use of safer disinfectant – sodium hypochlorite - is significantly limited by natural and geographical (complexity of transport logistics of large volumes of reagent) and climatic features of the Sakha (Yakutia) Republic.

**Keywords:** emergency chemical substances, dangerous chemical facility, chlorine, hypochlorite of sodium

**Article info:** received October 17, 2017; accepted January 31, 2018; available online March 21, 2018.

**For citation:** Udaltsov E.A., Tonoeva N.Ch.. Evaluation of liquid chlorine spills at chemically dangerous facilities (chlorine warehouses) of JSC Vodokanal, Yakutsk. XXI century. Technosphere Safety. 2018, vol. 3, no. 1, pp. 76–83. (In Russian).

## Введение

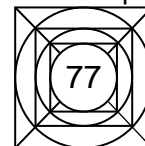
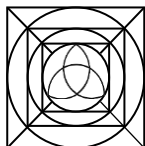
В индустриально развитых странах практически отказались от жидкого хлора в качестве дезинфектанта, перейдя на использование более безопасных и эффективных соединений. Устаревшее оборудование и изношенные инженерные сети на отечественных коммунальных станциях подготовки питьевой воды пока не позволяют применять гипохлорит натрия, который является сегодня основным веществом для массовой дезинфекции воды в США и Евросоюзе, поэтому большинство российских предприятий по водоочистке по-прежнему используют хлор, ежеминутно рискуя здоровьем и жизнью не только своих сотрудников, а также населения, проживающего в непосредственной близости от мест хранения опасного вещества. Основная проблема жидкого хлора заключается в возможности его утечки из емкости, в которой он находится перед использованием. При соприкосновении с воздухом жидкий хлор быстро переходит в газообразное состояние, разносясь воздушными массами на десятки километров [1].

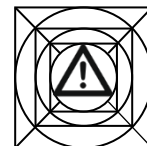
Также существенным недостатком хлорирования является высокая токсичность хлора. При его транспортировании, хранении и использовании необходимо соблюдать специальные меры по обеспечению безопасности обслуживающего персонала, окружающей природной среды и населения. Запасы жидкого хлора на хлорных складах систем водоснабжения и канализации представляют потенциальную опасность в плане возможности возникно-

вения чрезвычайных аварийных ситуаций. Особую опасность представляют хлорные хозяйства больших городов и крупных промышленных предприятий, на которых сосредоточены значительные запасы жидкого хлора. Наличие больших хлорных хозяйств также открывает возможность для организации террористических актов.

Хлор является боевым отравляющим веществом, который был первым использован в качестве отравляющего газа. Кроме того, использовался он и для производства других боевых отравляющих веществ: иприта, фосгена. Сегодня хлор относится к аварийно химически опасным веществам, применяемым в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах) [2].

Кроме главной функции – дезинфекции, благодаря уникальным окислительным свойствам и консервирующему эффекту последствия хлор служит и другим целям: контролю за вкусовыми качествами и запахом, предотвращению роста водорослей, поддержанию в чистоте фильтров, удалению железа и марганца, разрушению сероводорода, обесцвечиванию. В этом смысле ни одно из альтернативных хлору средств не может сравниться с ним по универсальности и простоте применения. Именно поэтому в 99 из 100 случаев для дезинфекции в мировой практике используют либо чистый хлор, либо хлорсо-





держашие продукты [3].

Класс опасности хлора – II, это токсичный газ удушающего действия. Согласно ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», ПДК в рабочих помещениях составляет  $1 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>м.р.</sub> –  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>с.с.</sub> –  $0,03 \text{ мг/м}^3$ . Раздражающее действие появляется при концентрации  $0,01 \text{ г/м}^3$ , смертельные отравления возможны при  $0,25 \text{ г/м}^3$  и при вдыхании в течение 5 минут.

Несмотря на технические сложности при хранении и дозировании хлора, его вы-

сокую коррозионную активность, потенциальную опасность возникновения чрезвычайных ситуаций, процесс хлорирования широко применяется до настоящего времени. При всей распространенности метода хлорирования ему присущи и существенные технологические недостатки, в частности, образование в воде под действием хлора чрезвычайно опасных хлорорганических соединений I класса опасности, которые обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью [4].

**Цель работы** – провести оценку химической обстановки при разливе жидкого хлора, аварии на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» г. Якутска.

### Методы исследования

Выявление и оценка химической обстановки выполнена в соответствии с РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на ХОО и транспорте»; Приказа № 554 от 20.11.2013 г. Об утверждении Федеральных норм и правил в области

промышленной безопасности «Правила безопасности производства хлора и хлорсодержащих сред»; СанПиН 2.2.1/2.1.2.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

### Результаты и их обсуждение

АО «Водоканал» г. Якутска осуществляет водоотведение, реализацию потребителям услуг водопровода и канализации, очистку сточных вод, установку и эксплуатацию узлов учета потребляемой воды и сбрасываемых сточных вод, учет потребляемой населением и организациями воды и сточных вод.

Забор воды осуществляется водозаборными сооружениями и распределяется водопроводными насосными станциями потребителям г. Якутска. На водозаборных сооружениях имеется комплекс хлорирования и подогрева питьевой воды.

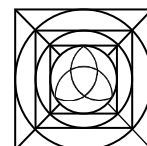
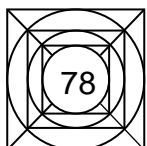
Канализационная система г. Якутска включает в себя канализационные насосные станции, на которых происходит сбор стоков

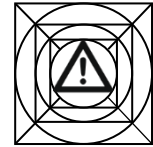
и перекачка в главные канализационные коллекторы № 1 и № 2, подающих стоки на очистные сооружения канализации.

На балансе АО «Водоканал» находится 47 канализационных насосных станции с общим количеством насосов 128 шт., канализационные сооружения биологической очистки стоков. Протяженность канализационных сетей – 166,3 км.

Сточные воды г. Якутска проходят несколько этапов очистки: механическую, биологическую и обеззараживание с помощью УФО. Из-за суровых климатических условий региона все сооружения очистки сточных вод размещены в отапливаемых помещениях.

На основе имеющихся данных по складу хлора, располагающегося на терри-





тории СБОС в северной части города, в 4 км от центра была проведена оценка химической обстановки при разливе жидкого хлора. Рассмотрены два наиболее опасных возможных сценария развития аварий:

– полное разрушение контейнера, содержащего хлор, с выбросом, причиной которого могут служить ошибки персонала, технические неполадки;

– одновременное разрушение всех хранящихся на складе контейнеров при диверсионных действиях.

Площадь территории 0,5 га. Количество одновременно хранимого на складе хлора составляет 24 т. Общая численность рабочих – 10 человек. Обычно в смене трудятся 2 человека.

Радиус опасной зоны для складов жидкого хлора принимают в пределах глубины распространения хлорного облака с поражающей концентрацией (определяется расчетом). Нормативная и фактическая санитарно-защитная зона места перегрузки и хранения жидкого хлора составляет 1000 метров в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.2.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». В пределах санитарно-защитной зоны жилых и общественных зданий нет. В пределах опасной зоны для складов жидкого хлора в контейнерах жилые и общественные здания также отсутствуют.

Жидкий хлор в контейнерах объемом 800 л и вместимостью 1000 кг предназначен для дезинфекции в случае аварийных ситуаций на СБОС, а также контейнеры по мере необходимости развозят по объектам (хлораторная ВЗС, хлораторная водоузла № 6).

На складе хранения одновременно может находиться 24 тонны жидкого хлора (30 контейнеров). Годовая потребность в жидком хлоре всех объектов составляет 120 тонн. Транспортировка и хранение контейнеров с жидким хлором производится в соответствии с Приказом Ростехнадзора от 20.11.2013 г. № 554 Об утверждении феде-

ральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности производства хлора и хлорсодержащих сред». Из склада хранения хлора контейнеры по мере необходимости развозят по объектам собственным автотранспортом, имеющим допуск на перевозку АХОВ.

При оценке химической обстановки при возможном разливе жидкого хлора нами были рассмотрены два сценария развития аварии на опасном химическом объекте:

– наиболее вероятный сценарий аварии – разрушение одного контейнера с жидким хлором объемом 0,8 т;

– наиболее опасный сценарий развития аварии – разрушение всех контейнеров общим объемом 24 т.

Краткая характеристика наиболее опасного сценария развития чрезвычайных ситуаций: разгерметизация контейнеров с жидким хлором на открытой площадке (склад хлора базы ОМТС, при транспортировке контейнера) – образование струйного выброса жидкого (газообразного) хлора из отверстия – вскипание хлора + образование аэрозольного облака хлора + истечение хлора на поверхность (ограниченная обвалованием) – образование и распространение хлорного облака в атмосфере – попадание в зону хлорного облака людей – интоксикация людей на открытой площадке.

Оценка химической обстановки на объектах, имеющих АХОВ, включает:

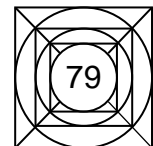
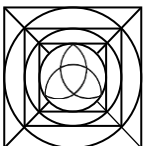
– определение размеров и площади зоны химического заражения;

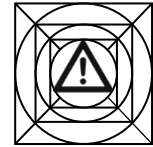
– определение времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту);

– определение времени поражающего действия АХОВ;

– определение людских потерь при аварии.

Емкость одного контейнера с жидким хлором составляет  $V_x = 0,8 \text{ м}^3$ . Плотность хлора  $d = 1,553 \text{ т/м}^3$ .  $H = 0,7$  – высота «поддона» («обвалования»), м; Для расчета возможных общих потерь населения в очаге по-





ражения АХОВ примем то, что средняя плотность населения в городе 2523 чел./км<sup>2</sup>, в загородной зоне 1 чел./км<sup>2</sup>, доля незащищенного населения в городе Якутске 100%, доля незащищенного населения в загородной зоне 80%, глубина распространения облака зараженного воздуха в городе на закрытой местности в 3,5 раза меньше, чем общая глубина распространения облака зараженного воздуха.

При расчетах, согласно методике, принимаются следующие допущения:

- емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью;
- наиболее опасный вариант метеоусловий: степень вертикальной устойчивости воздуха – инверсия; скорость ветра – 1 м/с; температура воздуха – +20<sup>0</sup>;
- время от начала аварии – 1 час.

Под каждым контейнером установлен поддон. Вместимость поддона должна быть не менее всего объема контейнера в соответствии с Приказом № 554 от 20.11.2013 г. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности производства хлора и хлорсодержащих сред».

Основной задачей прогнозирования масштабов заражения АХОВ является определение глубины распространения первичного и вторичного облака зараженного воздуха.

Максимальные значения глубин зон заражения по первичному Г<sub>1</sub> (км) и вторичному Г<sub>2</sub> (км) облакам АХОВ определяем с помощью правила интерполяции согласно РД 52.04.253-90 в зависимости, соответственно, от Q<sub>э1</sub> и (или) Q<sub>э2</sub> и скорости ветра. Имея данные значения, находим общую глубину распространения облака зараженного воздуха, при помощи которого можно рассчитать общие потери населения в очаге поражения АХОВ.

Рассчитаем возможные общие потери населения в очаге поражения АХОВ:

- при разрушении одного контейнера

объемом 0,8 т

$$P^0 = S_{\phi} \left[ \frac{\Gamma_{\text{зоп.}} \cdot \Delta \cdot K + \left(1 - \frac{\Gamma_{\text{зоп.}}}{\Gamma}\right) \cdot \Delta' \cdot K'}{\Gamma} \right] = 316 \text{чел.},$$

– при разрушении всех 30 контейнеров, общим объемом 24 т:

$$P^0 = S_{\phi} \left[ \frac{\Gamma_{\text{зоп.}} \cdot \Delta \cdot K + \left(1 - \frac{\Gamma_{\text{зоп.}}}{\Gamma}\right) \cdot \Delta' \cdot K'}{\Gamma} \right] = 1463 \text{чел.},$$

где P<sup>0</sup> – общие потери населения в очаге поражения АХОВ, чел.; Γ – общая глубина распространения облака зараженного воздуха, км; Γ<sub>зоп.</sub> – глубина распространения облака зараженного воздуха в городе, км.

Примечание: глубина распространения облака зараженного воздуха в городе (на закрытой местности в 3,5 раз меньше, чем общая глубина распространения облака зараженного воздуха;

Δ – средняя плотность населения в городе, чел./км<sup>2</sup>;

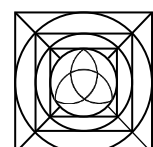
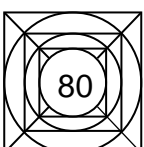
Δ' – средняя плотность населения в загородной зоне, чел./км<sup>2</sup>;

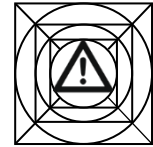
K – доля незащищенного населения в городе;

K' – доля незащищенного населения в загородной зоне.

Структура потерь в очаге поражения: 35% – безвозвратные потери; 40% – санитарные потери средней и тяжелой степени (с выходом из строя не менее чем на 2–3 недели и нуждающихся в госпитализации); 25% – санитарные потери легкой степени.

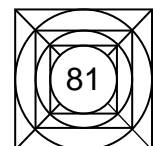
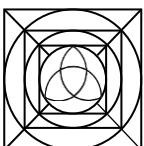
Полученные результаты оценки химической обстановки и возможных общих потерь населения представлены в таблице.

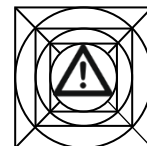




**Результаты оценки химической обстановки при разливе жидкого хлора, аварии на химическом опасном объекте (складе хлора) АО «Водоканал» г. Якутска**  
**Assessment results for the chemical situation in case of the liquid chlorine spill, accidents at chemically dangerous facilities (chlorine warehouses)**  
**of JSC Vodokanal Yakutsk**

Прогнозирование масштабов заражения жидким хлором / Forecasting of liquid chlorine infection scales	При разрушении одного контейнера с жидким хлором объемом 0,8 т / In case of destruction of one container with liquid chlorine of 0,8 t	При разрушении всех контейнеров с жидким хлором, общим объемом 24 т / In case of destruction of all containers with liquid chlorine, total amount of 24 t
Эквивалентное количество АХОВ по первичному облаку $Q_{Э1}$ (т) / Equivalent quantity of АНОВ by primary cloud $Q_{Э1}$ (t)	$Q_{Э1} = 0,0224$	$Q_{Э1} = 6,709$
Эквивалентное количество АХОВ по вторичному облаку $Q_{Э2}$ (т) / Equivalent quantity of АНОВ by secondary cloud $Q_{Э2}$ (t)	$Q_{Э2} = 0,0682$	$Q_{Э2} = 2,047$
Продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади пролива), (ч) / Duration of the striking action of АНОВ (evaporation time from the spill area), (hour)	$T = 14,93$	$T = 14,93$
Полная глубина зоны заражения $\Gamma$ (км) / Full depth of an infection zone $\Gamma$ (km)	$\Gamma = 2,34$	$\Gamma = 5$
Время подхода зараженного облака к объекту, расположенному на пути его движения (мин) / Time of infected cloud movement to the facility located in its way (minutes)	$t = 12$	$t = 12$
Площадь зоны возможного химического заражения (ЗВХЗ) первичным (вторичным) облаком АХОВ / Area of a possible chemical infection with a primary (secondary) cloud of АСДСs	$S_B = 5,943 \text{ км}^2$	$S_B = 39,25 \text{ км}^2$
Площадь зоны фактического заражения АХОВ / Area of real infection with АСДСs	$S_\phi = 0,443 \text{ км}^2$	$S_\phi = 2,025 \text{ км}^2$
Возможные общие потери населения в очаге поражения АХОВ / Possible total losses of the population in the affected area	$P^0 = 316 \text{ чел.}$ : безвозвратные потери – 111 чел.; / irrevocable losses – 111 people; санитарные потери средней и тяжелой степени – 127 чел.; / average and heavy sanitary losses – 127 people; санитарные потери легкой степени – 79 чел. / mild sanitary losses the 79th persons.	$P^0 = 1463 \text{ чел.}$ : безвозвратные потери, $P^0 = 513 \text{ чел.}$ / irrevocable losses, $P^0 = 513 \text{ чел.}$ . санитарные потери средней и тяжелой степени, $P^0 = 586 \text{ чел.}$ / average and heavy sanitary losses, $P^0 = 586 \text{ чел.}$ . санитарные потери легкой степени: $P^0 = 366 \text{ чел.}$ / mild sanitary losses: $P^0 = 366 \text{ чел.}$ .





Проведенная оценка химической обстановки при разливе жидкого хлора на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» позволила установить, что при наиболее опасном сценарии аварии – одновременной разгерметизации всех хранящихся на складе временного хранения контейнеров в результате диверсионного акта в окружающую среду может быть выброшено максимально 24 тонны жидкого хлора. При этом практически мгновенно в газовую фазу перейдет до 6,709 т хлора, он (первичное облако). Остальное содержимое контейнера охладится до

температуры  $-34^{\circ}\text{C}$  и будет медленно испаряться под воздействием внешнего теплопритока из окружающей среды в течение 1 часа. Продолжительность поражающего действия АХОВ – 14,93 ч (время испарения АХОВ с площади пролива). Величина возможных общих потерь населения – 1463 человека.

При наиболее вероятном сценарии аварии – разрушении одного контейнера – в газовую фазу перейдет 0,224 т жидкого хлора. Величина возможных общих потерь населения в этом случае – 316 человек.

### Заключение

Несмотря на такие достоинства жидкого хлора, как устойчиво высокое, не изменяющееся при хранении качество продукта, простота реакции и предсказуемость дозы, доступность массовых поставок, легкость хранения и концентрация активного хлора 100%, – использование, хранение и транспортировка жидкого хлора очень опасны.

Согласно статистическим данным, именно при транспортировке от места производства к месту потребления происходит до 70% различных аварий химически опасных веществ. В условиях же Якутии транспортировка существенно усложнена. Контейнеры с жидким хлором от предприятия-наполнителя АО «Химпром», г. Усолье-Сибирское, железнодорожным транспортом поступают на станцию г. Алдан, откуда автомобилями доставляются на склад хранения хлора.

Одним из возможных путей решения проблемы является переход на более безопасный дезинфектант – гипохлорит натрия. Весомым преимуществом в ис-

пользовании гипохлорита натрия вместо жидкого хлора в качестве дезинфицирующего средства является то, что он не горюч и не взрывоопасен.

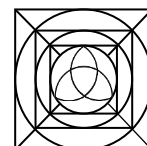
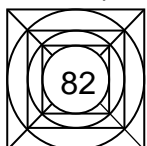
К сожалению, переход на более безопасный дезинфектант – гипохлорит натрия – ограничен природно-географическими особенностями региона и связанной с этим сложностью транспортной логистики больших объемов реагента, так как гипохлорит натрия очень неустойчив. К примеру, гипохлорит натрия марки «А» теряет до 30% от первоначального содержания активной части в результате хранения по истечении 10 суток.

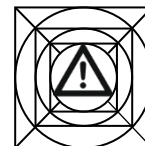
Климатические особенности региона – сверхнизкие температуры воздуха зимой, до  $-50^{\circ}\text{C}$ , являются еще одним из лимитирующих факторов: гипохлорит натрия замерзает при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$ , а в летнее время в Якутии часто идут дожди, что приводит к необходимости использования для перевозки реагента железнодорожных цистерн с термоизоляцией.

### Библиографический список

1. Черкасов С.В. Гипохлорит натрия. Свойства, теория и практика применения [Электронный ресурс]. URL: <http://wwotec.ru/index.php?id=410> (24.05.2017).

2. Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. М.: Химия, 1974. 600 с.





3. Гришков И.А., Козлов И.В., Харламова Т.А. Гипохлорит, хлор, раствор смеси оксидантов: обобщенный сравнительный анализ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bakhir.ru/publications/> (24.05.2017).

4. Эпоха жидкого хлора в водоочистке уходит в прошлое [Электронный ресурс]. URL: <https://ecoz.ru/articles/epokha-zhidkogo-khlora-v-vodoochistke-ukhodit-v-proshloe> (24.05.2017).

#### References

1. Cherkasov S.V. *Gipokhlorit natriya. Svoystva, teoriya i praktika primeneniya* [Sodium hypochlorite. Properties, theory and practice of application]. Available at: <http://wwtec.ru/index.php?id=410> (accessed on 24 May 2017). (In Russian).
2. Yakimenko L.M. *Proizvodstvo khloro, kausticheskoi sody i neorganicheskikh khlorproduktov* [Production of chlorine, the caustic soda and inorganic chlorproducts]. Moscow: Khimiya Publ., 1974, 600 p. (In Russian).
3. Grishkov I.A., Kozlov I.V., Kharlamova T.A. *Gipokhlorit, khlor, rastvor smesi oksidantov: obobshchen-*

- nyi sravnitel'nyi analiz* [Hypochlorite, chlorine, solution of mix of oxidizers: the generalized comparative analysis]. Available at: <http://www.bakhir.ru/publications/> (accessed on 24 May 2017). (In Russian).
4. *Epokha zhidkogo khloro v vodoochistke ukhodit v proshloe* [The era of liquid chlorine in water purification consigns to the past]. Available at: <https://ecoz.ru/articles/epokha-zhidkogo-khlora-v-vodoochistke-ukhodit-v-proshloe> (accessed on 24 May 2017). (In Russian).

#### Критерий авторства

Удальцов Е.А., Тоноева Н.С. обладают равными авторскими правами и несут равную ответственность за плагиат.

#### Authorship criteria

Udaltsov E.A., Tonoeva N.Ch. have equal authors' rights and responsibility for plagiarism.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

