

О.Ф.Бабаджанова, к.т.н., доц., Д.П.Войтович к.т.н., М.З.Лаврівський (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ЗНИЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ НА ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ

РЕЗЮМЕ

Постановка проблеми

За останні роки спостерігаємо зниження якості води як поверхневих, так і підземних джерел, залучених до системи централізованого водопостачання. Більшість басейнів річок, згідно з гігієнічною класифікацією водних об'єктів, за ступенем забруднення можна віднести до забруднених та дуже забруднених.

Це обумовлює необхідність підвищення ролі водоочисних споруд та необхідність пошуку шляхів підвищення ефективності очищення питної води. Для очищення води використовують механічні, хімічні, фізичні та біологічні методи обробки.

Серед хімічних способів обробки води зараз найбільше застосування має спосіб хлорування. Основним недоліком використання зрідженого хлору для хлорування є підвищена небезпека отруєння обслуговуючого персоналу водоочисних станцій, а в разі аварії – й мешканців прилеглих до станції фільтрації населених пунктів.

Виклад основного матеріалу. Об'єкти господарювання, на яких використовуються небезпечні хімічні речовини (наприклад хлор), є потенційними джерелами техногенної небезпеки. Підприємства, де здійснюється хлорування води, несуть додаткові витрати на охорону об'єкта, на автоматизовану систему оповіщення, на обладнання для ліквідації викидів, на спеціальні системи вентиляції, спеціальні системи зберігання і нейтралізації пошкоджених контейнерів з хлором.

Тому останнім часом для знезараження питної води та зниження небезпеки використовуються різні сучасні методи. Використання в якості знезаражуючого реагента гіпохлориту натрію, який отримують на місці застосування шляхом електролізу розчинів хлориду натрію, є одним із перспективних методів знезараження. Зберігаючи всі переваги хлорування з використанням рідкого хлору, застосування електролітичного гіпохлориту натрію дає змогу уникнути основних складнощів, пов'язаних з транспортуванням і зберіганням токсичного газу, крім того, усунути постійну залежність від заводів-постачальників рідкого хлору.

Проведений аналіз небезпек та статистики виникнення аварій на підприємствах водопідготовки показав, що найбільший відсоток аварійних ситуацій припадає на операції завантаження-розвантаження речовини-очисника, тому гіпохлорит натрію доцільно отримувати на місці використання.

Щоб обґрунтувати можливість і перспективність застосування більш безпечного з точки зору техногенної небезпеки методу очищення води, вибрано певну очисну станцію – Артемівську фільтрувальну станцію, розташовану на околиці міста Бахмут.

Розрахунком встановлено, що розгерметизація контейнера з хлором на Артемівській фільтрувальній станції може створити зону забруднення глибиною 4,8 км, яка охопить частину міста, а в разі застосування на фільтрувальній станції гіпохлориту натрію, глибина зони хімічного забруднення зменшується до 0,2 км.

Висновки. Безпечну експлуатацію хімічно небезпечних об'єктів, якими є фільтрувальні станції, у нормальних умовах та в умовах надзвичайних ситуацій можна забезпечити шляхом застосування альтернативних безпечніших реагентів знезараження води. Зберігаючи всі переваги хлорування з використанням рідкого хлору, застосування електролітичного гіпохлориту натрію дає змогу уникнути основних складнощів, пов'язаних з транспортуванням і зберіганням токсичного газу та знизити небезпеку для населення.

Очищення води гіпохлоритом натрію замість хлору має такі переваги: безпечне зберігання і транспортування, простота дозування, тривалий ефект дезінфекції, відсутність виникнення загрози техногенної аварії та уникнення негативного впливу на здоров'я мешканців міста.

Ключові слова: фільтрувальна станція, хлор, знезараження води, гіпохлорит натрію, небезпека

O. Babadzhanova, D. Voytovych, M. Lavrivskiy

REDUCING THE DANGER OF WASTE DISPOSAL TO FILTERING STATIONS

SUMMARY

Formulation of the problem.

In recent years there has been a decline in the quality of water, both surface and underground sources, involved in the system of centralized water supply. The majority of river basins according to the hygienic classification of water objects according to the degree of pollution can be attributed to contaminated and highly contaminated.

This causes the need to increase the role of water treatment facilities and the need to find ways to improve the efficiency of cleaning polluted water. For water purification, mechanical, chemical, physical and biological methods of treatment are used.

Among the chemical methods of water treatment, now the most application is the method of chlorination. The main disadvantage of using liquefied chlorine for chlorination is the increased risk of poisoning of the staff of the water treatment plants and in the case of an accident – inhabitants adjacent to these stations of settlements.

Presenting main material.

Business facilities that use hazardous chemicals (such as chlorine) are potential sources of man-made hazard. Companies that carry out chlorination of water, carry additional costs for object protection, an automated notification system, equipment for the elimination of emissions, special ventilation systems, special systems for storing and neutralizing damaged containers with chlorine.

Recently, various modern methods of decontamination have been used to decontaminate drinking water and to reduce the risk. The use of sodium hypochlorite as a disinfectant reagent, which is obtained at the site of application by electrolysis of sodium chloride solutions, is one of the most promising methods of decontamination. While retaining all the benefits of chlorination with the use of liquid chlorine, the use of electrolytic sodium hypochlorite avoids the basic complexity associated with the transportation and storage of toxic gas, in addition, to eliminate the constant dependence on the plants supplying liquid chlorine.

The analysis of hazards and accidents statistics at water treatment enterprises showed that the greatest percentage of emergency situations occurs during the loading / unloading operations of the substance-cleaner, therefore it is expedient to obtain sodium hypochlorite at the place of use.

In order to substantiate the possibility and promise of a more safe method of water purification from the point of view of the technogenic hazard of a method of purification of water, a certain treatment station – «Artemivsk filtering station», located on the outskirts of the city of Bakhmut, was selected.

It has been estimated that the depressurization of the chlorine container at the «Artemivsk filtration station» can create a 4.8 km depth zone that will cover part of the city, and if the sodium hypochlorite is applied to the filter station, the depth of the chemical pollution zone decreases to 0.2 km.

Conclusions.

Safe operation of chemical hazardous objects, which are filtering stations, can be provided under normal and emergency conditions by alternative, safer, disinfection water reagents. While retaining all the benefits of chlorination with the use of liquid chlorine, the use of electrolytic sodium hypochlorite avoids the basic complexity associated with the transport and storage of toxic gas and reduce the danger to the population.

Water purification with sodium hypochlorite instead of chlorine has the following advantages: safe storage and transportation, ease of dispensing, long-term disinfection effect, an absence of a threat of a technogenic accident and the exclusion of negative impact on the health of the city's residents.

Keywords: filtering station, chlorine, disinfection of water, sodium hypochlorite, hazard.

Постановка проблеми. Останнім часом людство вкрай інтенсивно використовує водні ресурси планети, що спричиняє значні зміни в гідросфері. Це може призвести до того, що скоро на Землі вже не залишиться великих річкових систем з не спотвореним людською діяльністю гідрологічним режимом і хімічним складом води.

Сьогодні все частіше виникає питання погіршення якості води в водних джерелах до рівня, який не відповідає вимогам [1].

Центральним водопостачанням користується більш ніж 70% населення України. Це всі міста, майже 90% селищ міського типу та 23% сіл. За даними Укрстату (дані без урахування окупованих територій), протягом 2016 року було забрано з природних джерел 9,7 млн км³ води. Потужність очисних споруд - 5,8 млн км³ води, тобто вони очистили трохи більше половини забраної води, а решту не очищували, або очищували недостатньо якісно [2].

Останніми роками спостерігається зниження якості води як поверхневих, так і підземних джерел, які залучені до системи централізованого водопостачання, що загострює проблеми одержання питної води високої якості. Зростання антропогенного впливу на водні

джерела, розширення переліку наявних забруднень, їх накопичення у часі призвели до підвищення забруднення водних джерел речовинами техногенного і антропогенного походження та патогенними мікроорганізмами.

За даними санітарно-епідеміологічного нагляду в Україні склалася ситуація, за якою практично всі поверхневі, а в окремих регіонах (Донбас, Придніпров'я) і підземні води, за рівнем забруднення не відповідають вимогам санітарного законодавства на джерела водопостачання. Питне водопостачання країни майже на 80% забезпечується з поверхневих джерел. Більшість басейнів річок, згідно з гігієнічною класифікацією водних об'єктів за ступенем забруднення [3], можна віднести до забруднених та дуже забруднених.

Відповідно до п.3.1 ДСанПіН 2.24-171-10 [1], питна вода має відповідати таким вимогам: бути безпечною в епідеміологічному і радіаційному відношеннях, мати приємні органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Для досягнення встановлених нормативів на водогінних станціях повинні застосовуватись адекватні якості вихідної води технології водопідготовки.

За результатами аналізу показників питної води спеціалістами Київського інституту екогігієни і токсикології ім. Л.Медведя встановлено, що більше 45% жителів України вживають воду з «відхиленнями» [4]. Це обумовлює необхідність підвищення бар'єрної ролі водоочисних споруд та необхідність пошуку шляхів підвищення ефективності очищення природних вод (поверхневих і підземних), які використовуються в системах питного водопостачання.

Відомо більш ніж 2000 способів очищення води. Для очищення води використовують механічні (фільтрація), хімічні (хлорування або озонування), фізичні (прояснення, кип'ятіння, відстоювання) і біологічні (мікроорганізми) методи обробки.

Серед хімічних способів обробки води зараз найбільше застосовується спосіб хлорування. Знезараження води рідким хлором найчастіше використовують українські водоканали. Хоча це не найбільш безпечний і екологічний спосіб очищення, він один з найдешевших. Вперше його застосували в 1894 р. в Німеччині. Під час хлорування воду обробляють газоподібним хлором, або препаратами, які містять активний хлор. Під активним хлором розуміють розчинений молекулярний хлор і його сполуки. При цьому розрізняють активний вільний хлор (молекулярний хлор, хлорнуватисту кислоту та гіпохлорит-йон) та активний зв'язаний хлор, що входить до складу хлорамінів. Бактерицидна дія вільного хлору в 20-25 разів вища, ніж зв'язаного [5].

Водоканали міст-мільйонників України використовують переважно рідкий хлор: від 800 тонн на рік (Харків) до 1 тис. тонн на рік (Київ). Більше хлору потрібно тим водоканалам, які беруть воду з поверхневих джерел. У такій воді більше органіки, вірусів і бактерій. Водоканалам, які використовують підземні води, потрібно менше хлору.

Хлорування води є обов'язковою процедурою, яка здійснюється на фільтрувальних станціях. Як правило, для цього використовується зріджений хлор-газ. Основним недоліком використання зрідженого хлору для хлорування є підвищена небезпека отруєння обслуговуючого персоналу водоочисних станцій, а в разі аварії – й мешканців прилеглих до станції фільтрації населених пунктів [6]. Крім того, для знезараження води з використанням зрідженого хлор-газу необхідні витрати на купівлю, доставку і зберігання реагенту, на обслуговування хлорувального обладнання, на забезпечення заходів з техногенної безпеки

Але цим не обмежуються небезпеки використання хлору на фільтрувальних станціях, про що свідчать події цього року. Підприємство «АТ Дніпроазот», єдиний виробник рідкого хлору в Україні, дезинфіканта, який використовується для знезараження питної води на більш ніж 170 водоканалах, припинило поставки та зупинило виробництво рідкого хлору в червні 2018 р. Зупинка заводу могла призвести до катастрофічних наслідків. У заручниках опинилися дві третини громадян України, які використовують воду з водопровідної системи [7].

В Україні хлор у газоподібному вигляді виробляють у Калуші, але обладнання для його скраплення немає. Постає питання: чи можна купувати рідкий хлор за кордоном? Теоретично — так, на практиці — це велика проблема. По-перше, для закупівлі хлору, наприклад у Румунії, потрібні спеціальні технологічні цистерни. В Україні на цьому спеціалізується єдине підприємство — Аульська хлорпереливна станція. Вона є єдиним ліцензованим підприємством для основного числа водоканалів. По-друге, є проблема транспортування хлору з Європи. Навіть якщо Аульська хлорпереливна станція купить хлор за кордоном, вона не має дозволу на його продаж водоканалам.

Хлор — це стратегічний техногенний продукт. Він обтяжений додатковими зобов'язаннями у різних інстанціях України та ЄС [7].

Виклад основного матеріалу. Об'єкти господарювання, на яких використовуються небезпечні хімічні речовини (наприклад хлор), є потенційними джерелами техногенної небезпеки. Це так звані хімічно небезпечні об'єкти. Зараз в окремих областях України у зв'язку з небезпечними військовими діями, аваріями і катастрофами обстановка характеризується як дуже складна. Тенденція до зростання кількості техногенних і, особливо, військових надзвичайних ситуацій, вагомість наслідків об'єктивно примушують розглядати їх як серйозну загрозу для безпеки людей.

Очищення води за нинішніми технологіями в Україні дуже непродуктивне, енергозатратне, матеріалозатратне, не повністю очищує і знезаражує воду та відноситься до хімічно небезпечних процесів. Крім того, підприємства, що використовують хлор, зазнають додаткових витрат на охорону об'єкта, на автоматизовану систему оповіщення, на

обладнання для ліквідації викидів, на спеціальні системи вентиляції, спеціальні системи зберігання і нейтралізації пошкоджених контейнерів з хлором.

Тому, останнім часом для знезараження питної води та зниження небезпеки використовуються різні сучасні методи знезараження.

Розвинені країни все частіше застосовують озонування (шляхом окиснення органічних сполук озоном досягається знезараження, дезодорація і знебварвлення), недоліком якого є, передусім, вартість і складність технології.

Ще одним сучасним альтернативним методом є застосування змішаних оксидантів, завдяки більш сильним дезінфікуючим характеристикам яких з'являється можливість знизити обсяг дозування активного хлору [8].

Після розробки безпечного методу виробництва діоксиду хлору (ClO_2) спеціалісти та вчені почали пророчити йому долю такої ж важливої дезінфікуючої речовини і окиснювача, яким був хлор після його відкриття більше ста років тому. Багато країн світу почали застосовувати діоксид хлору як дезінфікант в системах очищення питної води. За своєю дезінфікуючою дією діоксид хлору в 4 рази перевершує дію хлору і практично не має супутніх йому негативних наслідків завдяки особливому механізму хімічної дії на забруднюючі речовини і мікроорганізми [9].

Одним з перспективних альтернативних дезінфікантів є гіпохлорит натрію – неорганічна сполука, сіль гіпохлоритної кислоти складу NaClO . Міжнародне видавництво «Greenwood Press» внесло гіпохлорит натрію до списку «100 найважливіших хімічних сполук» [10]. Про переваги використання гіпохлориту натрію замість хлору є чимало публікацій. Більше того, у 2007 році Міністерство ЖКГ України затвердило Інструкцію із застосування гіпохлориту натрію для знезараження води в системах централізованого питного водопостачання та водовідведення [11].

Використання в якості знезаражуючого реагента гіпохлориту натрію, який отримують на місці застосування шляхом електролізу розчинів хлориду натрію, є одним із перспективних методів знезараження. Зберігаючи всі переваги хлорування з використанням рідкого хлору, застосування електролітичного гіпохлориту натрію (ГН) дає змогу уникнути основних складнощів, пов'язаних з транспортуванням і зберіганням токсичного газу. Крім того, застосування цього реагенту дає змогу усунути постійну залежність користувача від заводів-постачальників рідкого хлору чи інших хлор-продуктів, що випускаються централізовано хімічною промисловістю, а також від використання спеціалізованих транспортних засобів, що особливо важливо для віддалених районів.

Дезінфекційна дія гіпохлориту натрію NaOCl заснована на тому, що при розчиненні у воді він так само, як і газоподібний хлор, утворює хлорноватисту кислоту та гіпохлорит-іони, які мають окислювальну і дезінфекційну дію. Зберігаючи всі переваги процесу

хлорування, метод знезараження за допомогою ГН дає змогу уникнути основних труднощів, пов'язаних з роботою з високотоксичним рідким хлором [11].

На відміну від хлору гіпохлорити мають лужний характер і можуть застосовуватися для підвищення рівня рН оброблюваної води. Зі зміною рН оброблюваної води змінюються співвідношення між хлорнуватистою кислотою і йонами гіпохлориту.

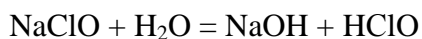
Для порівняння дезінфікаційних властивостей хлору і гіпохлориту натрію скористаємось рівняннями реакцій.

Під час розчинення хлору в воді паралельно проходять дві реакції:



Дезінфектантами у цьому випадку є хлор і хлорнуватиста кислота. Зі збільшенням $\text{pH} > 6$ збільшується концентрація іонів ClO^- , які не мають дезінфекційної здатності і, відповідно, зменшуються бактерицидні властивості розчину.

У разі розчинення гіпохлориту натрію проходить реакція гідролізу:



Дезінфектантом у цьому випадку є тільки хлорнуватиста кислота. Тобто під час реакції не виділяються іони ClO^- , які не мають дезінфекційної здатності, але є дуже техногенно і канцерогенно небезпечними, що є першою вагомою перевагою гіпохлориту.

На станціях з витратою активного хлору до 100 кг / добу можна використовувати для знезараження води натрію гіпохлорит ($\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Цей кристалогідрат отримують з розчину натрію хлориду (NaCl) електролітичним способом [12].

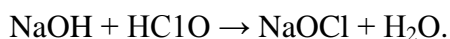
Натрію хлорид у воді дисоціює з утворенням катіона натрію і аніона хлору: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

Під час електролізу на аноді відбувається розрядження іонів хлору і утворюється молекулярний хлор: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$.

Утворений хлор розчиняється в електроліті: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HClO}$, $\text{Cl}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{HClO}$

На катоді відбувається розрядження молекул води: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$.

Атоми водню після рекомбінації в молекулярний водень виділяються з розчину у вигляді газу. Гідроксильні аніони OH^- , що залишилися у воді, реагують з катіонами натрію Na^+ , внаслідок чого утворюється NaOH . Натрію гідроксид взаємодіє з хлорнуватистою кислотою з утворенням натрію гіпохлориту:



Проведений аналіз небезпек та статистики виникнення аварій на підприємствах водопідготовки показав, що найбільший відсоток аварійних ситуацій стається під час операцій завантаження-розвантаження речовини-очисника, тому гіпохлорит натрію доцільно

отримувати на місці використання. Це не тільки вигідніше, але і безпечніше, бо також відомо, що під час тривалого зберігання гіпохлорит натрію розкладається з виділенням хлору і кисню.

На рисунку 1 наведено принцип дії електролізної установки, призначеної для отримання гіпохлориту натрію шляхом електролізу розчинів кам'яної солі [13].

Водогінна вода, яка надходить на установку приготування гіпохлориту натрію, проходить спочатку вузол фізико-хімічної очистки, далі видалення заліза на автоматичному фільтрі та видалення солей жорсткості на автоматичній установці пом'якшення води.

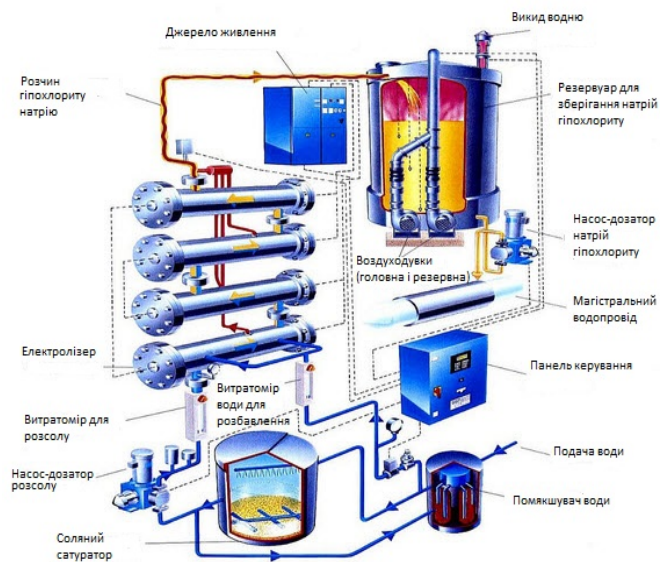


Рисунок 1 – Технологічна схема очищення питної води гіпохлоритом натрію в разі електролітичного отримання реагенту на підприємстві

Далі пом'якшена вода подається на електролізери та в ємність-солерозчинник (сатуратор), звідки насос-дозатор подає соляний розчин на електролізні блоки, у яких і виробляється розчин гіпохлориту натрію.

Розчин натрію хлориду 10% концентрації подають у бак постійного рівня, звідки він витікає з постійною витратою. Після заповнення бачка-дозатора спрацьовує сифон і зливає певний об'єм розчину в електролізер. Під впливом електричного струму в електролізері утворюється натрію гіпохлорит. Нові порції розчину солі виштовхують натрію гіпохлорит у видатковий бак, з якого він дозується насосом-дозатором. Бак-накопичувач повинен вмещувати обсяг натрію гіпохлориту не менше ніж на 12 годин.

Гіпохлорит натрію відносно безпечний під час зберігання та використання. Має здатність консервувати знезаражуючий ефект протягом тривалого часу транспортування води по трубах. Хлораторні станції, переобладнані на гіпохлорит натрію, не підлягають контролю з боку інспектуючих органів.

Для того, щоб обґрунтувати можливість і перспективність застосування більш безпечного з точки зору техногенної небезпеки методу очищення води, вибираємо певну очисну станцію – Артемівську фільтрувальну станцію.

Фільтрувальна станція – підприємство в системі водопостачання, що включає споруди, призначені для очищення води (фільтрування) від завислих у ній речовин, покращення якості природної води до ступеня відповідності вимогам чинного законодавства.

Артемівська фільтрувальна станція розташована в м. Бахмут, на околиці міста, і зараз перебуває в районі військового конфлікту. Для очищення води там використовується хлор. Це зеленувато жовтий газ з різким запахом, дуже небезпечний: за ступенем дії на організм людини відноситься до другого класу небезпеки.

Небезпека блоку хлораторної характеризується наявністю рідкого хлору в контейнерах. За високих температур і тиску енергії перегріву рідкий хлор має вибуховий характер, створюються сприятливі умови для інтенсивного випаровування. В разі порушення герметичності посудин з рідким хлором в теплу пору року його повне випаровування та утворення приземної токсичної хмари може відбутися за дуже короткий час. В головному корпусі фільтрувальної станції поруч з хлораторною є розхідний склад хлору, в якому знаходиться 2 контейнери (по 1 т) з рідким хлором.

Залповий викид рідкого хлору з контейнера можливий під час руйнування (значного пошкодження) через підвищення тиску в ньому, вибух всередині, механічні та корозійні пошкодження корпусу, зовнішні фактори (терористичний акт), що може призвести до викиду всієї маси рідкого хлору в приміщення складу та отруєння людей, а також можливе поширення хмари хлору на всю територію фільтрувальної станції та за її межі.

Проведені розрахунки з прогнозування масштабів зараження, згідно чинною методикою [14], наведені в таблиці та на рис. 2.

Населений пункт м. Бахмут має глибину 8 км і площу - 41,6 км², у ньому проживає 77 177 осіб. В разі розгерметизації контейнера з хлором можливе поширення токсичної хмари на глибину 4,8 км і вона досягне частини міста Бахмут. Але якщо внаслідок терористичного акту або обстрілів фільтрувальної станції пошкодження зазнають обидва контейнери з хлором, то зона зараження може охопити все місто.

Результати прогнозування масштабів зараження

Реагент	Глибина зараження, км	Площа зони можливого хімічного забруднення, км ²	Площа зони прогнозованого хімічного забруднення, км ²	Кількість населення, яке опиниться у зоні хімічного забруднення, осіб	Час підходу зараженої хмари до місць масового перебування людей, хв
Хлор (1 т)	4,8	72,35	3,85	7133	1,2 – 4,2
Гіпохлорит натрію (50 кг хлору)	0,2	0,13	0,57	25	-

Оскільки гіпохлорит планується отримувати безпосередньо на станції очищення, то обсяги його зберігання можна порівняти до добового запасу. Виходячи з продуктивності роботи цієї фільтрувальної станції, достатньо встановити дві електролізні установки «Полум'я-2», які разом здатні очищувати за добу до 25 000 літрів води кожна. Для їх роботи необхідно на добу 210 кг кухонної солі, з якої одержимо гіпохлорит, еквівалентний 50 кг хлору.

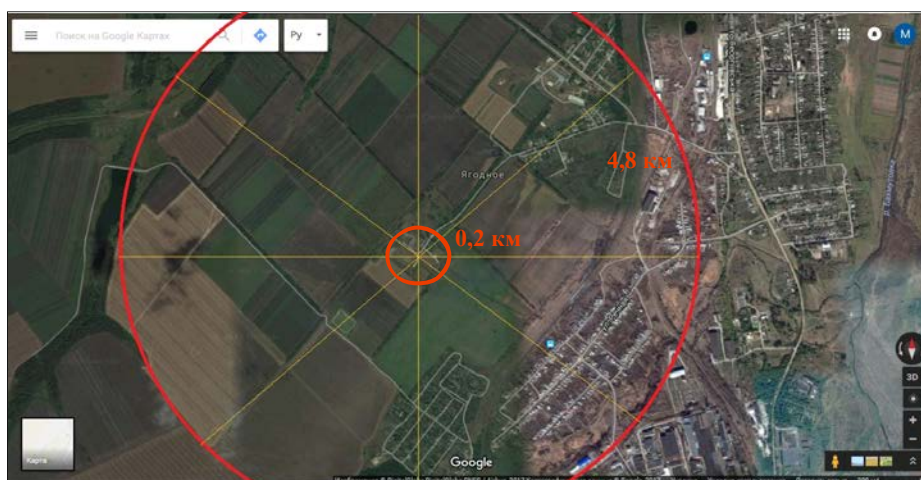


Рисунок 2 – Ситуаційний план із зонами зараження

Результати визначення можливої зони зараження під час викиду всієї кількості хлору, який міститиметься на цьому об'єкті в разі переоснащення його на очищення води гіпохлоритом натрію наведено в таблиці та на рис.2.

Висновки. Безпека та захист населення від негативних наслідків надзвичайних ситуацій розглядається як невід'ємна частина державної політики. Безпечну експлуатацію хімічно небезпечних об'єктів, якими є фільтрувальні станції, у нормальних умовах та в умовах надзвичайних ситуацій можливо забезпечити шляхом застосування альтернативних безпечніших реагентів знезараження води.

Використання в якості знезаражуючого реагента гіпохлориту натрію, який отримують на місці застосування шляхом електролізу розчинів хлориду натрію, є одним із перспективних методів знезараження. Зберігаючи всі переваги хлорування з використанням рідкого хлору, застосування електролітичного гіпохлориту натрію дає змогу уникнути основних складнощів, пов'язаних з транспортуванням і зберіганням токсичного газу. Крім того, застосування цього реагенту дає змогу усунути постійну залежність користувача від заводів-постачальників рідкого хлору, що випускається централізовано хімічною промисловістю, а також від використання спеціалізованих транспортних засобів.

Розрахунком встановлено, що розгерметизація контейнера з хлором на Артемівській фільтрувальній станції може створити зону забруднення глибиною 4,8 км, в яку може потрапити 7133 особи, а в разі застосування на фільтрувальній станції гіпохлориту натрію глибина зони хімічного забруднення зменшується до 0,2 км (на 85,2%). В цьому разі аварійний викид реагента не загрожуватиме безпеці населення міста Бахмут.

Очищення води гіпохлоритом натрію замість хлору має такі переваги: безпечно зберігання і транспортування, простота дозування, тривалий ефект дезінфекції, малоімовірність виникнення загрози техногенної аварії та уникнення негативного впливу на здоров'я мешканців міста.

Список літератури

1. ДСанПіН 2.24-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної до споживання людиною.
2. [Електронний ресурс]. – Доступно з <http://www.kmu.gov.ua>.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 р. № 465 Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами.
4. [Електронний ресурс]. – Доступно з <http://www.medved.kiev.ua/>
5. Данилович Д.А. Сравнительная оценка методов обеззараживания сточных вод / Д.А. Данилович, М.Н. Козлов, И.Н. Бочарова, И.С. Дворецкая // Вода и экология. – №4. – 2000 г. – С. 41 – 47.
6. Бабаджанова О.Ф. Застосування гіпохлориту натрію на фільтрувальних станціях / О.Ф.Бабаджанова, А.Б.Тарнавський // Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика». – м.Львів, 2018. – С.147 – 148.
7. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/07/12/638643/>

8. Шубенюк А. Знезаражування води змішаними оксидантами / А.Шубенюк // Водопостачання та водовідведення.- №5. – 2014. – Режим доступу: <https://oniko.ua/ua/content/articles/>
9. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://ekvent.com.ua/uk/технології/>
10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uk.wikipedia.org/wiki/>
11. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 18.05.2007 р. №18 Про затвердження Інструкції із застосування гіпохлориту натрію для знезараження води в системах централізованого питного водопостачання та водовідведення.
12. Черкасов С.В. Гипохлорит натрия. Свойства, теория и практика применения. – Режим доступу: <http://wwtec.ru/index.php?id=410>.
13. Баранов С.В. Электролизные установки нового поколения, использующиеся для обеззараживания воды на сооружениях различной производительности / С.В.Баранов // Вода и экология. – №1. – 2002 г. – С. 13 – 17.
14. Сумісний наказ МНС, Міністерства аграрної політики України, Міністерства економіки України, Міністерства екології та природних ресурсів України від 27.03.2001 р. № 73/82/64/122 Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті.

References

1. SanPiN 2.24-171-10 Hihiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoyi do spozhyvannya lyudynoyu.
2. [Elektronnyy resurs]. – Dostupno z <http://www.kmu.gov.ua>.
3. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 25.03.1999 r. № 465 Pravyla okhorony poverkhnevyykh vod vid zabrudnennya zворотnymy vodamy.
4. [Elektronnyy resurs]. – Dostupno z <http://www.medved.kiev.ua>.
5. Danilovich D.A. Sravnitel'naya otsenka metodov obezzarazhivaniya stochnykh vod / D.A. Danilovich, M.N. Kozlov, I.N. Bocharova, I.S. Dvoret'skaya // Voda i ekologiya. – №4. – 2000 g. – S. 41–47.
6. Babadzhanova O.F. Zastosuvannya hipokhlorytu natriyu na fil'truval'nykh stantsiyakh / O.F.Babadzhanova, A.B.Tarnavs'kyu // Materialy XVI Mizhnarodnoyi naukovo-metodychnoyi konferentsiyi «Bezpeka zhyttya i diyal'nosti lyudyny – osvita, nauka, praktyka». – m.L'viv, 2018. – S.147–148.
7. [Elektronnyy resurs].– Rezhym dostupu: <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/07/12/638643/>

8. Shubenyuk A. Znezarzhuvannya vody zmishanymy oksydantamy / A.Shubenyuk // Vodopostachannya ta vodovidvedennya.- №5. – 2014. – Rezhym dostupu: <https://oniko.ua/ua/content/articles/>

9. [Elektronnyy resurs].– Rezhym dostupu: <http://ekvent.com.ua/uk/tehnolohiyi/>

10. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.uk.wikipedia.org/wiki/>

11. Nakaz Ministerstva z pytan' zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrayiny vid 18.05.2007 r. №18 Pro zatverdzhennya Instruktsiyi iz zastosuvannya hipokhlorytu natriyu dlya znezarzhennya vody v systemakh tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannya ta vodovidvedennya.

12. Cherkasov S.V. Gipokhlorit natriya. Svoystva, teoriya i praktika primeneniya. – Rezhim dostupu: <http://wwtec.ru/index.php?id=410>.

13. Baranov C.B. Elektroliznyye ustanovki novogo pokoleniya, ispol'zuyushchiesya dlya obezrazhivaniya vody na sooruzheniyakh razlichnoy proizvoditel'nosti / S.V.Baranov // Voda i ekologiya. – №1. – 2002 g. – S. 13-17.

14. Sumisnyy nakaz MNS, Ministerstva ahraryoi polityky Ukrayiny, Ministerstva ekonomiky Ukrayiny, Ministerstva ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny vid 27.03.2001 r. № 73/82/64/122 Pro zatverdzhennya Metodyky prohnozuvannya naslidkiv vylyvu (vykydu) nebezpechnykh khimichnykh rehovyn pry avariayah na promyslovykh ob'yektakh i transporti.