

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені О.О.БОГОМОЛЬЦЯ

**“Затверджено”**

на методичній нараді кафедри  
гігієни та екології №1

**Завідувач кафедри**

член-кор. НАМН України, професор

В.Г. Бардов

“31” серпня 2017 року

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ

<i>Навчальна дисципліна</i>	Гігієна та екологія
<i>Модуль № 2</i>	Спеціальні питання гігієни та екології
<i>Змістовний модуль № 9</i>	Військова гігієна
<i>Тема заняття</i>	Організація і проведення санітарного нагляду за очищенням, знезараженням, дезактивацією води у польових умовах при надзвичайних ситуаціях та під час війни.
<i>Курс</i>	ІІІ
<i>Факультет</i>	Медичний №1

Укладач: доцент Борисенко А.А.  
доцент Загороднюк К.Ю.

Київ 2017

## 1. Актуальність теми:

Серед заходів, що забезпечують здоров'я цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війн, водопостачання займає одне із найважливіших місць. Найбільш важливим з епідеміологічної та гігієнічної точки зору є регулярне забезпечення цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війн доброякісною водою для харчових та питних цілей, для підтримання чистоти тіла (банно – пральне забезпечення) і, особливо, у разі необхідності, для спеціальної обробки цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війни, їх обмундирування, спорядження. Також не слід забувати, що насиченість всіх сфер нашої діяльності великою кількістю техніки потребує значних об'ємів води для технічних потреб у тому числі за умов надзвичайних ситуацій та під час війн.

Забезпечення епідеміологічної безпеки, нешкідливості та гарних органолептичних властивостей води вимагає від медичної служби чітких знань стосовно вибору джерела води, її добування, очистки, знезараження, дегазації, дезактивації, а також засобів та методів гігієнічного контролю за водопостачанням цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війни. Зважаючи на вкрай складну ситуацію, що склалася в нашій країні, вказані знання та вміння необхідні і потенційним офіцерам медичної служби запасу, якими є студенти вищих медичних навчальних закладів.

## 2. Конкретні цілі:

1.1. Ознайомитися з організацією польового водопостачання військових та цивільних формувань при надзвичайних ситуаціях, завданнями інженерної, хімічної, медичної служби по його реалізації.

1.2. Освоїти методи та засоби очистки, знезараження, опріснення, дезактивації води у польових умовах, при надзвичайних ситуаціях.

1.3. Оволодіти методами медичного контролю за якістю обробки води у польових умовах.

## 3. Базовий рівень підготовки.

Зв'язок з іншими дисциплінами	Навички, що необхідні для вивчення теми
1. Основи екології	Знати поняття “гідросфера”. Її складові. Водні басейни України, їх класифікація, характеристика.

2. Нормальна фізіологія	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знати основні закономірності перебігу фізіологічних процесів, що відбуваються в організмі виключно у водному середовищі.</li> <li>2. Володіти знаннями про показники, що характеризують теплообмінні і терморегуляційні процеси та їх інтенсивність.</li> <li>3. Вміти визначати основні фізіологічні показники.</li> <li>5. Знати основи фізіології кровообігу та терморегуляції.</li> </ol>
3. Хімія (органічна, неорганічна, біологічна)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Володіти знаннями про фізико-хімічні властивості води.</li> <li>2. Знати хімічний склад природної води та класифікацію домішок за їх фазово-дисперсним станом.</li> <li>3. Знати поняття “дисперсна система”, “гель”, “золь”.</li> <li>4. Володіти знаннями про фізико-хімічні закономірності, що є в основі процесів життєдіяльності.</li> <li>5. Застосовувати хімічні методи кількісного та якісного аналізу.</li> <li>6. Володіти знаннями про вимоги до проведення кількісного та якісного аналізу хімічними та фізико-хімічними методами.</li> <li>7. Володіти навичками роботи з лабораторним посудом та інструментарієм.</li> </ol>
4. Медична і біологічна фізика	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знати одиниці вимірювання параметрів фізичних і органолептичних властивостей води (температури, запаху, смаку і присмаку, каламутності, прозорості тощо).</li> <li>2. Володіти вміннями роботи з приладами, що використовуються для дослідження фізичних властивостей води.</li> <li>3. Застосовувати знання про загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі життєдіяльності людини.</li> <li>4. Застосовувати знання про фізичні закономірності відділення дисперсної фази від дисперсійного середовища.</li> </ol>

## 4. Організація змісту навчального матеріалу

Зміст теми заняття подано у вигляді матеріалу, який включає об'єм інформації яку повинен засвоїти студент. В результаті вивчення теми студент повинен:

### 4.1. Знати:

4.1.1. Показники якості питної води, види обробки води, методи, засоби очищення, знезараження, опріснення води, їх особливості при централізованому і децентралізованому водопостачанні.

4.1.2. Методи санітарно-гігієнічного контролю за водопостачанням при централізованому і децентралізованому варіантах.

### 4.2. Вміти:

4.2.1. Визначати активність препаратів для хлорування води, визначати дозу хлору для знезараження води за хлорпотребою.

4.2.2. Знезаражувати воду методом гіперхлорування; дехлорувати воду фізичними та хімічними методами (фільтрація через адсорбенти, тіосульфатом натрію).

4.2.3. Оцінити ефективність очищення, знезараження, опріснення води.

### 4.3. Завдання (задачі) для самопідготовки

4.3.1. Розрахуйте, скільки потрібно зважити сухого хлорного вапна для знезараження води за хлорпотребою в резервуарі для води РДВ-1000, якщо на титрування 200 мл води, куди внесено 6 крапель 1 % розчину цього вапна, витрачено 2 краплі 0,7 % розчину тіосульфату натрію (одна крапля його зв'язує 0,04 мг активного хлору).

4.3.1. Розрахуйте, скільки потрібно зважити 20 %-го сухого хлорного вапна для знезараження води в резервуарі РДВ-5000 методом перехлорування (з розрахунку 15 мг/дм<sup>3</sup> активного хлору).

### 4.4. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент на занятті:

Термін	Визначення
1	2
Вода питна, призначена для споживання людиною (питна вода)	вода, склад якої за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними та радіаційними

	показниками відповідає вимогам державних стандартів та санітарного законодавства (з водопроводу - водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел), призначена для забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб населення, а також для виробництва продукції, що потребує використання питної води.
Питне водопостачання	діяльність, пов'язана з виробництвом, транспортуванням та постачанням питної води споживачам питної води, охороною джерел та систем питного водопостачання.
Централізоване господарсько-питне водопостачання	господарська діяльність із забезпечення споживачів питною водою за допомогою комплексу об'єктів, споруд, розподільних водопровідних мереж, пов'язаних єдиним технологічним процесом виробництва та транспортування питної води.
Децентралізоване (нецентралізоване) господарсько-питне водопостачання	забезпечення індивідуальних споживачів питною водою з джерел питного водопостачання, за допомогою пунктів розливу води (в тому числі пересувних), застосування установок (пристроїв) підготовки питної води та постачання фасованої питної води.
Нормативи питного водопостачання	розрахункова кількість питної води, яка необхідна для забезпечення питних, фізіологічних, санітарно-гігієнічних та побутових потреб однієї людини протягом доби у конкретному населеному пункті, на окремому об'єкті або транспортному засобі при нормальному функціонуванні систем питного водопостачання, при їх порушенні та при надзвичайних ситуаціях техногенного або природного характеру.
Знезараження води	процес знищення патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів шляхом впливу на них фізичних (ультрафіолетове опромінювання, ультразвук тощо), хімічних (хлор, гіпохлорит, озон, діоксид хлору, оксидантний газ тощо) та фізико-хімічних факторів.

Лімітуюча ознака шкідливості	показник, за яким встановлюється гігієнічний норматив шкідливої хімічної речовини у воді та який визначається за мінімальною концентрацією, яка впливає безпосередньо на організм людини (санітарно-токсикологічна ознака шкідливості), органолептичні властивості води (органолептична ознака шкідливості) чи процеси самоочищення водойм (загальносанітарна ознака шкідливості).
Клас небезпеки речовини (I, II, III, IV)	ступінь небезпеки для людини хімічних речовин, що забруднюють воду, який залежить від їх токсичності, кумулятивності, лімітуючої ознаки шкідливості та здатності викликати несприятливі віддалені ефекти.
Фізико-хімічні показники	фізичні чи хімічні показники, що нормуються за загальносанітарною чи органолептичною ознакою шкідливості.
Мікробіологічні показники	показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини.
Органолептичні показники (запах, смак і присмак, забарвленість, каламутність)	фізичні властивості питної води, що сприймаються органами чуття.
Паразитологічні показники	показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення паразитарних інвазій у людини.
Радіаційні показники	показники, що характеризують властивість води, зумовлену наявністю радіонуклідів.
Необроблені (природні) питні води	води, отримані безпосередньо з підземних джерел питного водопостачання, які за всіма показниками відповідають вимогам Санітарних норм без їх очищення (крім освітлення), знезараження чи домінералізації.
Виробництво питної води	забір води з джерел питного водопостачання та доведення її якості до вимог на питну воду.
Підготовка питної води (водопідготовка, обробка)	технологічний процес, який здійснюється для доведення показників безпечності та якості питної води до рівнів гігієнічних нормативів.
Оброблені питні води	питні води, що виготовляються з води, отриманої з поверхневих джерел питного

	водопостачання, підземних джерел питного водопостачання шляхом очищення, знезараження чи домінералізації.
Особливості вимог до питної води у польових умовах при надзвичайних ситуаціях та під час війни	<u>Суворо обов'язкові вимоги:</u> епідеміологічна безпечність, токсикологічна нешкідливість води. <u>Бажані, проте не обов'язкові вимоги:</u> гарні органолептичні властивості, оптимальний мінеральний склад
Характеристика організації польового водопостачання цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війн	Польове забезпечення цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війн організується шляхом створення <u>пунктів водопостачання</u> , що являють собою ділянки біля джерел води на яких розгортаються табельні засоби добування, підйому, очищення, знезараження, дезактивації, дегазації води та накопичення запасів для подальшої видачі; <u>пунктів водорозбору</u> , що являють ділянки в районі розміщення формувань, на яких розгортаються засоби для накопичення запасів води та виді її особовою складу; організації <u>індивідуального водоспоживання</u> із знезараженням води кип'ятінням чи спеціальними таблетками (пантоцид, аквасепт).
Методи знезараження води, що використовуються у польових умовах	Хлорування (гіпохлорит натрію, дихлорізоціанурова кислота, натрієва сіль ізоціанурової кислоти (таблетки “аквасепт”), парасульфодихлорамід бензойної кислоти з содою (таблетки “пантоцид”), хлорне вапно, двотретинно-лужна сіль гіпохлориту кальцію); обробка води діоксидом хлору; кип'ятіння; рідше УФ опромінення.
Перехлорування та дехлорування	Перехлорування - хлорування води дозами хлору, що значно перевищують необхідні для її дезінфекції. Використовується у разі підозри щодо можливого неврахування лабораторією показників якості, що швидко змінюються. Перехлорування застосовується з метою гарантування надійності знезараження. При перехлоруванні потрібно подальше видалення надлишкових кількостей хлору з води. Процес

	<p>видалення надлишкових кількостей хлору з води називається дехлоруванням і здійснюється введенням в перехлоровану воду речовин, здатних зв'язувати надмірні кількості хлору. В якості таких речовин можна застосовувати гіпосульфит натрію (сірнуватисто-кислий натрій <math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3</math>), сірчистий газ (<math>\text{SO}_2</math>), сульфит натрію (<math>\text{Na}_2\text{SO}_3</math>) та ін.</p> <p>На 1 мг надлишкового хлору, що видаляється потрібно 1,8 мг безводного сульфиту натрію або 3,6 мг <math>\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}</math>.</p> <p>Гіпосульфит подають воду у вигляді 1 - 1,5%-ного розчину. Розчин готується в баках, таких самих, що застосовуваним для приготування робочого розчину коагулянту.</p> <p>З метою дехлорування використовують також попускання води через вугільні фільтри.</p>
<p>Завдання медичної служби по контролю за водопостачанням цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війни</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Визначення якості води: <ul style="list-style-type: none"> <li>- оцінка зараження води ОР, РР, БЗ;</li> <li>- оцінка якості води при виборі джерел води і після її обробки.</li> </ul> </li> <li>2) Визначення зон санітарної охорони пунктів водопостачання та пунктів водорозбору.</li> <li>3) Визначення якості препаратів та підбір їх доз: <ul style="list-style-type: none"> <li>- вибір препаратів та їх доз для знезараження води;</li> <li>- вибір коагулянтів та їх доз для очищення води;</li> <li>- вибір методів дезактивації, дегазації води.</li> </ul> </li> <li>4) Контроль за станом здоров'я осіб, які приймають участь в водопостачанні цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війни.</li> </ol>
<p>Лабораторні засоби контролю за якістю обробки води у польових умовах</p>	<p>Лабораторія гігієнічна військова – ЛГ-1 та основна – ЛГ-2; лабораторія бактеріологічна – ЛБ; медична польова хімічна лабораторія – МПХЛ-54; лабораторія токсикологічна – ЛТ; радіометрична лабораторія в укладках – РЛУ – 2.</p>



	<p>Набір гідрохімічний – НГХ; набір для контролю за хлоруванням і коагуляцією води – НХК; польовий рентгенометр-радіометр ДП-5А, ДП-5В</p>
<p>Методи очищення (освітлення) води, що використовують у польових умовах</p>	<p>У воєнно-польових умовах та при надзвичайних ситуаціях використовують коагуляцію з фільтрацією через швидкі фільтри (табельні чи імпровізовані). Відстоювання, яке застосовується за звичайних умов після коагуляції перед фільтрацією через швидкі або повільні фільтри у воєнно-польових умовах, при надзвичайних ситуаціях чи під час війни не застосовується чи його час зведено до мінімуму.</p>
<p>Методи дезактивації</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>Коагуляція з фільтрацією</u>: дозволяє звільнити воду від завислих носіїв радіоактивності.</li> <li>2) <u>Дистиляція</u>: дозволяє звільнити воду від розчинених солей, у тому числі радіоактивних, проте метод не підходить для видалення ізотопів йоду, оскільки останні добре сублимують та конденсуються у перегнану воду.</li> <li>3) <u>Іонообмінна фільтрація</u>: дозволяє звільнити воду від розчинених у ній радіоактивних катіонів і аніонів.</li> </ol>
<p>Табельні засоби польового водозабезпечення цивільного населення за умов надзвичайних ситуацій та особового складу військ під час війни</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>Засоби добування води</u>: копач шахтних колодязів КШК-40; авто свердлова установка – АСУ-100; установка ротор буріння – УРБ-3 АМ.</li> <li>2) <u>Засоби підйому води</u>: ручна поршнева помпа БКФ – 4; ручна штангова помпа РШП – 25, механізована штангова помпа – МШП-40; мотопомпа М-600, електромомпа - ЕП-1.</li> <li>3) <u>Засоби обробки води</u>: тканино-вугільний фільтр ТВФ -200; військова фільтрувальна станція ВФС – 2,5; ВФС-10; модернізована авто фільтрувальна станція – МАФС-3; польова опріснювальна установка – ПОУ-4; опріснювальна польова станція – ОПС-2; реагенти: коагулянт – сульфат алюмінію,</li> </ol>

	<p>хлорид заліза, сульфат заліза; 15% розчин гіпохлориту натрію, хлорне вапно, дихлорізоціанурова кислота, натрієва сіль хлорізоціанурової кислоти, катіоніт – карбоферрогель, аніоніт – сульфовугілля.</p> <p>4) <u>Засоби накопичення та транспортування води:</u>  Резервуари для води – РДВ-50; РДВ – 100; РДВ – 1000; РДВ – 5000; автоцистерни – АВЦ-15; АВЦ – 28; АВЦ – 40;</p>
--	---

## 5.1. Контрольні питання:

- 5.1.1. Організаційні структури військових та цивільних формувань, призначенні для польового водопостачання особового складу і потерпілого населення.
- 5.1.2. Організація польового водопостачання військових і цивільних формувань. Пункти водопостачання, пункти водорозбору.
- 5.1.3. Види обробки води у польових умовах, їх характеристика.
- 5.1.4. Методи і табельні засоби очистки, знезараження, опріснення, дезактивації води у польових умовах.
- 5.1.5. Обов'язки медичної служби по організації та контролю за водопостачанням формувань, лабораторні засоби і методи контролю за якістю обробки води у польових умовах.

## 5.2. Практичні завдання.

- 5.2.1. Визначення запаху води за температури 20<sup>0</sup> С (якісно і в балах).
- 5.2.2. Визначення активного хлору в препаратах для знезараження води польовим (крапельним) методом.

## 6. Рекомендована література.

### 6.1. Основна:

- 6.1.1. Гігієна та екологія: Підручник / За редакцією В.Г. Бардова. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – С. 627 - 641.
- 6.1.2. Військова гігієна з гігієною при надзвичайних ситуаціях. Підручник / За ред. Пашка К.О. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2005, - С. 109 – 152.
- 6.1.3. . Військова гігієна з гігієною при надзвичайних ситуаціях: Підручник / За редакцією К.О. Пашка. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2005. – 312 с.

- 6.1.4. Військова гігієна (загальні питання): підручник М.І. Хижняк, Л.І. Біденко, В.М. Якимець [та ін.]; за ред. проф. М.І. Хижняка – К.: УВМА, 2011. – 528 с.
- 6.1.5. Військова гігієна (гігієна праці в окремих видах та родах військ): підручник М.І. Хижняк, Л.І. Біденко, В.М. Якимець [та ін.]; за ред. проф. М.І. Хижняка – К.: УВМА, 2011. – 402 с.
- 6.1.6. Гончарук Є.Г., Кундієв Ю.І., Бардов В.Г. / Загальна гігієна. Пропедевтика гігієни / Є.Г.Гончарук, Ю.І.Кундієв, В.Г.Бардов та ін. / За ред. Є.Г. Гончарука. – К.: Вища школа, 1995. – С. 127-129, 283-300.
- 6.1.7. Гончарук Е.И., Кундиев Ю.И., Бардов В.Г. Общая гигиена. Пропедевтика гигиены. / Е.И. Гончарук, Ю.И. Кундиев, В.Г. Бардов и др. – К.: Вища школа, 2000 – С. 345-364 .
- 6.1.8. Загальна гігієна. Пропедевтика гігієни. / Є.Г. Гончарук, Ю.І. Кундієв, В.Г. Бардов та ін. / За ред. Є.Г. Гончарука. – К.: Вища школа, 1995. – С.127-129.
- 6.1.9. Беляков В.Д., Жук Е.Г. Военная гигиена и эпидемиология. – М. – 1988. – С. 47-78.
- 6.1.10. Загальна гігієна. Посібник для практичних занять. / І.І. Даценко, О.Б. Денисюк, С.Л. Долошицький та ін. / За ред. І.І.Даценко – Львів, 1992 – С.57-78, 263-267.
- 6.1.11. Пивоваров Ю.П., Гоева О.Є., Величко А.А. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене. – М. 1983. – С.53-58.

## 6.2. Додаткова:

- 6.2.1. Учебник военной гигиены : [для мед. ин-тов] / Ф. Г. Кро-тков, 1962. - 188 с.
- 6.2.2. Кошелев Н.Ф., Логаткин Н.М., Михайлов В.П. Санитарно-гигиенический контроль за питанием, водоснабжением, размещением войск / Н.Ф. Кошелев, Н.М. Логаткин, В.П. Михайлов / Учебное пособие – Ленинград. – 1977.
- 6.2.3. Марзеев А.Н., Жаботинский В.М. Коммунальная гигиена. М. – Медицина. – 1979. – С. 194-219.
- 6.2.4. Руководство к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене. / Под. ред. Е.И. Гончарука. М. – Медицина. – 1990. – С. 97-102.

## 9. Додатки.

### Додаток А.

#### Інформаційний

#### **Організація польового водопостачання військових і цивільних формувань при надзвичайних ситуаціях та в умовах бойових дій**

Польове водозабезпечення військ чи цивільних формувань при надзвичайних ситуаціях та в умовах бойових дій організують спеціальні підрозділи інженерної служби формувань (у військах – окрема рота польового водопостачання – ОРПВ):

- розгортанням пунктів водопостачання – ділянок біля джерел води, на яких розгортаються табельні засоби добування, підйому води, її очищення, знезараження, при необхідності – дезактивації, дегазації, накопичення запасів та видачі підрозділам формувань (а при необхідності - консервування).
- розгортанням пунктів водорозбору – ділянок в районі розміщення формувань, на яких розгортаються засоби для накопичення запасів води, яку доставляють з пунктів водопостачання та видачі її особовому складу формувань (і потерпілому від лихоліть населенню);
- шляхом індивідуального водопостачання з знезараженням води кип'ятінням чи спеціальними таблетками (пантоцид, аквасепт та інші).

Особливості вимог до питної води у польових умовах при надзвичайних ситуаціях та в умовах бойових дій:

- суворо обов'язкові умови – епідеміологічна безпечність та токсикологічна нешкідливість води;
- бажані, але не обов'язкові вимоги – хороші органолептичні якості, оптимальний мінеральний склад. Послаблення до цих двох останніх вимог ґрунтується на коротких термінах споживання такої води особовим складом формувань: до завершення рятувальних робіт при катастрофах чи у зв'язку з переміщенням військ на війні.

При виборі джерел води, при розгортанні пунктів водопостачання у першу чергу слід використовувати артезіанські свердловини, якщо вони вціліли і є енергія для підйому води, або якщо є засоби буріння свердловин. У другу чергу слід використовувати колодязну та джерельну воду з її обов'язковим знезараженням або привізну знезаражену і законсервовану воду. У третю чергу – відкриті проточні водойми чи озера, але з очисткою і знезараженням води.

## Характеристика методів очистки води

Всі методи очистки води поділяють на три основні групи:

- механічні
- фізико-хімічні
- біологічні

Також методи очистки (механічні, фізико-хімічні) умовно поділяються на загальні – ті, що застосовуються на абсолютній більшості водоочисних споруд та спеціальні – ті, що застосовується лише за потреби для досягнення конкретної мети: фторування, дефторування, знезалізнення, деманганзація, дезактивація тощо.

Кожен метод, незалежно від приналежності до певної групи, має свої власні особливості, що обумовлюють його переваги та недоліки. Найбільш часто для очистки води використовують поєднання методів, часто навіть різних груп.

Вибір методів та засобів очистки води залежить від фазово-дисперсного стану шкідливих домішок, які потрібно видаляти (таблиця А.1) із їх використанням.

Встановивши забруднювач за яким необхідно покращувати якість підготовленої (питної води) та розкласифікувавши його за фазово-дисперсним станом, необхідно на підставі проведення еколого-гігієнічної оцінки обрати (таблиці А.2, А.3) методи та засоби чи їх комбінації для найбільш оптимального вирішення питання по покращенню якості води за проблемним забруднювачем.

Таблиця А. 1.

## Класифікація шкідливих домішок у поверхневих водах згідно з їх фазово-дисперсним станом за Л.А.Кульським

Група	Ступінь дисперсності домішок D, см <sup>-1</sup>	Розмір часточок, см	Коротка характеристика домішок
<b>Гетерогенні системи</b>			
<b>I</b>	$< 10^{-5}$	$10^{-2} - 10^{-4}$ см	Суспензії і емульсії, що зумовлюють каламутність води (глинисті часточки, часточки карбонатних порід, мул, дрібний пісок, малорозчинні гідроксиди металів, завислі часточки органічних речовин, органічні волокна), а також мікроорганізми і планктон. Кінетично нестійкі, характерна седиментація в стані спокою.
<b>II</b>	$10^{-5} - 10^{-6}$	$10^{-5} - 10^{-6}$ см	Гідрофільні і гідрофобні колоїди і високомолекулярні сполуки, що зумовлюють окиснюваність і <b>кольоровість води (мінеральні та орґано-мінеральні часточки ґрунтів, недисоційовані і нерозчинні форми гумусових речовин, що надають воді забарвлення)</b> , а також віруси. <b>Стойкі колоїдні системи*</b> .
<b>Гомогенні системи</b>			
<b>III</b>	$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{-6} - 10^{-7}$ см	Гази, розчинені у воді (сірководень, метан), органічні речовини, часто токсичні, що надають воді забарвлення, запаху і присмаку (продукти життєдіяльності і відмирання плісневих грибів, актиноміцетів, бактерій, водоростей, а також <b>феноли*</b> , спирти, альдегіди, які потрапляють у воду із стічними водами). <b>Розчини неелектролітів*</b> .
<b>IV</b>	$< 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-8}$ см	<b>Солі*</b> , луги, кислоти, що зумовлюють мінералізацію, твердість, лужність або кислотність води. <b>Розчини електролітів*</b> .

\*- жирним шрифтом в графі коротка “характеристика домішок” виділено домішки за якими необхідно покращувати, за даними досліджень, ефективність існуючих водоочисних споруд України.

**Класифікація процесів вилучення домішок з води згідно з їх фазово-дисперсним станом за Л.А.Кульським**

Гетерогенні системи		Гомогенні системи	
$10^{-2} - 10^{-4}$ см	$10^{-5} - 10^{-6}$ см	$10^{-6} - 10^{-7}$ см	$10^{-7} - 10^{-8}$ см
<b>Механічне безреагентне розділення (осадження, фільтрація)*</b>	Діаліз, ультрафільтрування	Десорбція газів і летких органічних сполук під час аерування, евапорація	Гіперфільтрування
<b>Окислення хлором, оксидом хлору озonom, перманганатом*</b>	<b>Окислення хлором, оксидом хлору озonom, перманганатом*</b>	<b>Окислення хлором, оксидом хлору озonom, перманганатом*</b>	Переведення іонів у малодисоційовані сполуки, хімічне осадження
<b>Адгезія на гідроксидах алюмінію і заліза, а також високодисперсних глинистих мінералах та інших високодисперсних матеріалах*</b>	<b>Адсорбція на гідроксидах алюмінію і заліза а також високодисперсних глинистих мінералах та інших високодисперсних матеріалах*</b>	<b>Адсорбція на активованому вугіллі та інших зернистих сорбентах і матеріалах*</b>	<i>Фіксація іонів на твердій фазі мінеральних, органічних та синтетичних іонітів**</i>
<b>Агрегація флокулянтами*</b>	<i>Агрегація високомолекулярними флокулянтами катіонного типу**</i>	Асоціація молекул	<i>Переведення іонів у малорозчинні сполуки, хімічне осадження**</i>
Флотація суспензій і емульсій	<b>Коагуляція колоїдних систем*</b>	Екстракція органічними розчинниками	Сепарація іонів за їх різного фазового стану
Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми і спори	Віруліцидний вплив на віруси та фаги.	Біохімічне розкладання	Вилучення іонів металів мікроорганізмами
Електрофільтрування і електроутримання мікроорганізмів	Електрофорез і електродіаліз	Поляризація молекул в електричному полі	Використання рухливості іонів в електричному полі

Примітка:

\* - жирним шрифтом виділено процеси, що застосовуються на більшості існуючих водоочисних спорудах фільтрувальних станцій України;

\*\* - курсивом виділено процеси, що можуть бути застосовані на більшості існуючих водоочисних спорудах фільтрувальних станцій України без зміни висотних схем останніх та капітальної реконструкції.

**Класифікація процесів вилучення домішок з води за групами методів очищення та їх фазово-дисперсним станом  
за А.К.Запольським**

Групи методів	Гетерогенні системи		Гомогенні системи	
	$10^{-2} - 10^{-4}$ см	$10^{-5} - 10^{-6}$ см	$10^{-6} - 10^{-7}$ см	$10^{-7} - 10^{-8}$ см
Механічні безреагентні	<b>Механічне розділення (осадження, фільтрація)*</b>	Діаліз, ультрафільтрування	Десорбція газів і летких органічних сполук під час аерування, евапорація	Гіперфільтрування, негативна адсорбція
Механічні реагентні	<b>Агрегація флокулянтами*</b> Флотація суспензій і емульсій	<i>Агрегація високомолекулярними флокулянтами катіонного та аніонного типу**</i> <b>Коагуляція колоїдних систем*</b>		
Фізичні	Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми і спори УФО, СВЧ, температури	Віруліцидний вплив УФО, СВЧ, температури	Сепарація іонів за різного фазового стану, дистиляція, виморожування	Сепарація іонів за різного фазового стану, дистиляція, виморожування
Фізико-хімічні реагентні	<b>Адгезія на гідроксидах алюмінію і заліза, а також вискодисперсних глинистих мінералах та інших вискодисперсних матеріалах*</b>	<b>Адсорбція на гідроксидах алюмінію і заліза а також вискодисперсних глинистих мінералах та інших вискодисперсних матеріалах*</b>	<b>Адсорбція на активованому вугіллі та інших зернистих сорбентах і матеріалах*</b> Екстракція органічними розчинниками	<i>Фіксація іонів на твердій фазі мінеральних, органічних та синтетичних іонітів**</i>
Фізико-хімічні безреагентні	Електрофільтрування і електроутримання мікроорганізмів	Електрофорез і електродіаліз	Поляризація молекул в електричному полі	Використання рухливості іонів в електричному полі
Хімічні	<b>Окислення хлором, оксидом хлору, озonom, перманганатом*</b>	<b>Окислення хлором, оксидом хлору, озonom, перманганатом*</b>	<b>Окислення хлором, оксидом хлору, озonom, перманганатом*</b>	Переведення іонів у малодисоційовані сполуки, хімічне осадження
Біохімічні			Біохімічне розкладання	Вилучення іонів металів мікроорганізмами

Примітка: \* - жирним шрифтом виділено процеси, що застосовуються на більшості існуючих водоочисних спорудах фільтрувальних станцій України;

\*\* - курсивом виділено процеси, що можуть бути застосовані на більшості існуючих водоочисних спорудах фільтрувальних станцій України без зміни висотних схем останніх та капітальної реконструкції



На водопроводах колишнього Радянського Союзу для очистки води використовували декілька видів коагулянтів, однак найбільш розповсюдженими були і залишаються сульфат алюмінію і хлорид заліза. Л.А.Кульський та І.Т.Гороновський запропонували метод отримання хлориду заліза безпосередньо на водопроводі, який полягає в корозії залізного лому в хлорній воді, при постійному додаванні розчину газоподібного хлору. В 1950 році було запропоновано алюмосалістиий коагулянт, який одержують шляхом змішуванням розчину сульфату алюмінію і хлориду заліза безпосередньо на водопроводі.

З метою інтенсифікації процесу коагуляції застосовується флокуляція. До флокулянтів відносяться речовини, які прискорюють пластівцеутворення. Це - кремнієва кислота, поліакриламід, а також інші природні і синтетичні органічні високомолекулярні препарати, які випускаються під великою кількістю комерційних назв.

Для покращення процесів коагуляції використовують хлор, гіпохлорит натрію та кальцію, діоксид хлору - так зване «первинне хлорування». Ці ж реагенти окрім покращення процесів коагуляції використовують для знезараження води, яке відбувається в основному при так званому «вторинному хлоруванні». Частково знезараження відбувається і за первинного хлорування, також вилучення мікроорганізмів з води, що проходить обробку, відбувається і під час фільтрації.

Для покращення знезараження при первинному хлоруванні використовують перманганат калію, озон, інші сильні окиснювачі.

Зважаючи на те, що поєднане застосування коагулянтів, флокулянтів, сильних окиснювачів (хлор, діоксид хлору, озон тощо) переслідує в кінцевому рахунку забезпечення освітлення, знебарвлення та знезараження, а в деяких випадках, особливо останнім часом, необхідно забезпечувати видалення із води фенолів, хлорфенолів, важких металів, пестицидів тощо, чого практично не відбувається за існуючих схем водопідготовки при застосуванні вищезазначених реагентів, для промислової водопідготовки почали застосовувати сорбенти в існуючих схемах водопідготовки без будь-якої зміни чи технічного переоснащення останніх.

Вказані вище реагенти та прийоми їх поєднання, а також засоби (як табельні, так і імпровізовані), що необхідні для протікання процесів очистки та знезараження води застосовуються також при обробці води під час НС та у воєнний час.

### **Гігієнічна оцінка методів знезараження води**

Методи знезараження води умовно можна поділити на реагентні, хімічні (застосування хлору та його сполук, озону, інших окиснювачів,

іонів металів тощо) та безреагентні, фізичні (механічні, термічні, електричні, електромагнітні)

## **Реагентні, хімічні методи знезараження води**

### **Хлорування води**

Найбільш розповсюдженим методом знезараження води до цього часу є її хлорування. Це пов'язано з порівняно невисокою вартістю використання методу, високою активністю та широким спектром антимікробної дії хлору, легкістю його дозування і контролювання залишкових кількостей. В основному, для знезараження та очистки води використовується зріджений хлор, що зберігається під тиском у спеціальній тарі. Застосовують також препарати, що містять активний хлор, гіпохлорити натрію та кальцію, хлораміни та інші, а також активний хлор, що отримують методом електролізу хлориду натрію на місці застосування.

Не зважаючи на те, що хлорування води є найбільш розповсюдженим методом знезараження, метод має ряд суттєвих недоліків, найбільш розповсюджені із яких наступні:

- в результаті хлорування, у воді (особливо при недостатньо ефективному видаленні з неї до введення хлору гумінових та фульвокислот) утворюється близько 260 (за даними вчених США) найменувань хлорорганічних сполук. Хлорорганічні сполуки є різновидом галогеновмісних сполук. Використання води, що містить галогеновмісні сполуки, призводить до пригнічення імунної системи, захворювань печінки, нирок, підшлункової залози, щитоподібної залози, центральної нервової системи, але найголовніше – низка галогеновмісних сполук є канцерогенами;

- традиційні схеми хлорування в багатьох випадках не є надійним бар'єром на шляху проникнення деяких бактерій та вірусів у питну воду;

- хлор є сильнодіючою отруйною речовиною та при його транспортуванні, зберіганні та використанні необхідно дотримуватися спеціальних заходів по забезпеченню безпеки обслуговуючого персоналу, населення та навколишнього середовища;

- робочі розчини хлорвмісних реагентів та оброблена ними вода є корозійно агресивними, що є причиною швидкого виходу з ладу обладнання та трубопроводів.

В останні роки були отримані данні, що доводять недостатню ефективність існуючих схем хлорування по відношенню до ентеровірусів та найпростіших. Дослідження показали, що, навіть, якщо обробка хлором призводить до зниження санітарно-показових індикаторних мікроорганізмів групи кишкової палички до регламентованого рівня, стійкі форми мікроорганізмів, і в першу чергу віруси, можуть потрапляти в розподільчі

мережі. Особливу небезпеку становить вірус гепатиту А для інактивації якого концентрація залишкового зв'язаного хлору повинна складати не менше  $4,2 \text{ мг/дм}^3$  при його ГДК у відповідності до ДСанПіН 2.2.4.-171 -10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" у  $1,2 \text{ мг/дм}^3$  та реальних концентраціях, що застосовуються зараз в практиці господарсько-питного водопостачання в Україні на рівні  $0,8-1,2 \text{ мг/дм}^3$ .

Застосування для знезараження інших хлорвмісних реагентів (хлорного вапна, гіпохлориту натрію та кальцію) менш небезпечно в експлуатації, чим застосування хлору, однак хлорне господарство, яке необхідно утримувати та обслуговувати через необхідність зберігання великих кількостей реагентів є в 3-5 разів більшим, ніж при застосуванні зрідженого хлору.

На даний час запропоновано три основних принципових способи вирішення основаного недоліку хлорування – утворення хлорорганічних сполук при взаємодії хлору та органічних сполук, що містяться у воді – корекція схеми хлорування, вибір адекватного потребам коагулянту, повна відмова від так званого первинного хлорування.

### **Бактерицидні властивості інших галогенів**

Препарату йоду на відміну від препаратів хлору діють швидше та не суттєво не погіршують органолептичних властивостей води в концентраціях, що забезпечують бактерицидний ефект та віруліцидну дію. Бактерицидний ефект забезпечується при концентрації йоду  $0,3-1,0 \text{ мг/дм}^3$ , віруліцидний –  $0,5 - 2,0 \text{ мг/дм}^3$  при експозиції 20-30 хвилин.

Препарати йоду застосовують для знезараження індивідуальних чи невеликих групових запасів питної води в польових умовах. Для знезараження води плавальних басейнів (хлор подразнює слизові та шкіру плавців) гарних результатів вдалося досягти при застосуванні органічних сполук бромю. Однією із таких сполук є 5,5 – дим етил – 1,3 – дибромгідантоїн (товарна назва дибромантин). При проведенні натурних досліджень знезараження води плавальних басейнів дибромантином, у повітрі приміщень плавальних басенів вміст 5,5 – дим етил – 1,3 – дибромгідантоїн-у та бромю був нижчим за межу визначення.

На стадії технологічної апробації, встановлення режимів застосування, оцінок економічної ефективності знаходиться також технологія знезараження води за допомогою галогенвмісних похідних гуанідинів (полігексаметиленгуанідину гідрохлориду тощо). Їх застосування обмежується відсутність селективних методів визначення залишкових кількостей у воді та неприпустимістю навіть найменших відхилень від технологічного регламенту застосування.

## Використання діоксиду хлору

На відміну від хлору, діоксид хлору, молекулярна форма  $\text{ClO}_2$ , не вступає в реакції заміщення (хлорування) з домішками, що містяться у воді. Діоксид хлору вступає тільки в реакції окислення, тобто діючим початок є не йон хлору, а кисень, що входить до складу діоксиду хлору. Саме тому, при застосуванні діоксиду хлору практично не утворюється хлорорганічних сполук. Ця важлива властивість визначає перевагу застосування діоксиду хлору у порівнянні із хлоруванням. Разом з тим, діоксид хлору в питній воді в результаті реакцій диспропорціонування трансформується в хлорит- та хлорат – аніони. В останні роки отримані данні про високу токсичність цих речовин і ВООЗ рекомендує їх допустимий вміст в питній воді не більше  $0,7 \text{ мг/дм}^3$  (у відповідності до ДсанПіН 2.2.4.-171 -10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” ГДК хлоритів становить  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ ). Ця обставина обмежує максимально допустиму кількість діоксиду хлору у підготовленій (питній) воді та викликає необхідність за певних умов нейтралізації продуктів трансформації, що значно здорожчує технології застосування діоксиду хлору.

## Озонування

Озонування для підготовки води являє інтерес, оскільки не тільки виявляє бактерицидну дію, але і здатне руйнувати багато хімічних речовин, що часто присутні у воді. Під дією озону відбувається деструкція високомолекулярних органічних сполук, що супроводжується знебарвленням води та вилученням присмаків та запахів. В більшості випадків в комунальному господарстві озонування розглядається як потужна комплексна технологія очистки природних, інколи стічних вод у поєднанні із іншими технологіями. Озонування є достатньо дорогою та складною технологією.

Як знезаражуючий агент, озон є значно більш ефективним, ніж хлор. Час контакту, який необхідний для проявлення бактерицидного ефекту озону у воді становить близько 10 хвилин. Високий віруліцидний ефект озону має місце при реальних для практики водо підготовки концентраціях  $0,5-0,8 \text{ мг/дм}^3$  та часі контакту 10-15 хвилин. Відома висока ефективність озону по відношенню до присутніх у воді цист найпростіших. Механізм бактерицидної дії озону полягає в інактивації бактеріальних ферментів, безповоротним порушенням структури ДНК клітини, шляхом впливу на ці структури атомарного кисню, що утворюється при розпаді озону. Мають значення також вільні радикали  $\text{OH}^\cdot$ ,  $\text{HO}_2^\cdot$  та інші, вивільнення яких супроводжує розпад озону. Перевагами озону у порівнянні із хлором при знезараженні води полягає в тому, що озон поліпшує органолептичні властивості води та забезпечує бактерицидний

ефект при меншому часі контакту, має більш сильний окрилюючий потенціал, ніж у препаратів хлору, та більш широкий спектр біоцидної активності, в тому числі і по відношенню до цист найпростіших .

Разом з тим, при обробці води озоном в ній утворюються продукти озонолізу органічних сполук у вигляді корбоксильних сполук (альдегіди, кетони, низькомолекулярні карбонові кислоти, бромати). Найбільшої уваги серед усіх сполук, що утворюються внаслідок озонолізу, заслуговує формальдегід та бромати, оскільки мають токсичні та канцерогенні властивості.

Останніми науковими дослідженнями було встановлено, що у воді після обробки озоном, особливо у разі поєднання озонування з подальшим хлорування, виявляються речовини, що мають мутагенні властивості.

Іншими недоліками озонування є: відсутність післядії, утворення органічних сполук у воді, що легко біорозкладаються, і є джерелом вуглецю для бактерій, що створює потенційну можливість вторинного росту мікроорганізмів у водорозподільчих мережах, викликає активну корозію обладнання та матеріалів, трубопроводів.

### **Олігодинамічна бактерицидна дія металів**

Бактерицидний ефект срібла починає виявлятися вже при концентрації  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ . Ефективними робочими концентраціями є  $0,2-0,4 \text{ мг/дм}^3$  та вище. Спектр антимікробної дії срібла охоплює багато видів бактерій і вірусів, однак віруліцидний ефект проявляється тільки при високих, вище  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  концентраціях, а спороцидної дії срібла не встановлено. Механізм бактерицидної дії срібла полягає у блокуванні функціональних груп ферментних систем бактеріальної клітини, в першу чергу сульфгідрильних груп, що знаходяться у цитоплазматичній мембрані та периплазматичному просторі. Інактивація ферментних груп малими концентраціями іонів металів, що мають позитивний заряд, носить назву олігодинамічного ефекту. В сучасних установках використовується електролітичний спосіб введення срібла у воду. Стимує застосування срібла для його використання з метою знезараження води, його висока вартість, а також та обставина, що ГДК його у воді на порядок нижче ефективних по дії концентрацій. Через вказані обставини срібло застосовують лише для знезараження та, в основному, консервації невеликих об'ємів води в системах автономного життєзабезпечення.

Для знезараження питної води продовжуються намагання використовувати олігодинамічний ефект іонів міді. Антимікробні спектри срібла та міді співпадають. Діючі концентрації міді нижчі за ГДК. (діюча концентрація міді  $0,5-0,8 \text{ мг/дм}^3$  при ГДК  $1,0 \text{ мг/дм}^3$ ), однак бактерицидний ефект розвивається повільніше, ніж при застосуванні срібла. Практичного застосування в якості засобу для знезараження значних кількостей води

мідь не знайшла. Вона успішно використовується для електролітичного покриття піску в деяких моделях побутових фільтрів, що попереджує ріст сапрофітної мікрофлори на зернах фільтруючого завантаження.

### **Безреагентні, фізичні методи знезараження води.**

Недостатня ефективність хлорування по відношенню до деяких біологічних агентів, негативний вплив на здоров'я людей побічних продуктів, технологічні обмеження використання бактерицидних властивостей інших реагентів для знезараження великих кількостей води, ініціювали використання фізичних методів очистки та знезараження води.

Зараз, широко використовуються та розвиваються два фізичних метода – це знезараження ультрафіолетовим випромінюванням та мембранні технології, хоча відомі і інші такі як обробка води іонізуючим гамма-випромінюванням, ультразвуком, імпульсними електричними розрядами, які не знайшли широкого використання за виключенням спеціальних задач. Знезараження ультрафіолетовим випромінюванням та мембранні технології часто комбінують з хімічними технологіями та один з одним в задачах очистки природних, стічних та промислових вод.

### **Метод знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням**

Багато мікроорганізмів викликають інфекційні захворювання, тому можливість за допомогою УФ випромінювання інактивувати мікроорганізми була затребувана в медицині з моменту відкриття цього ефекту. Процес починається з поглинання УФ-фотонів у даному мікроорганізмі. Виділяють три умовних діапазони по дії УФ-потужності та поглинутів УФ-дозі (флуенсе).

1. При дуже високій опроміненості поверхні УФВ (1-10  $\text{кВ/см}^2$ ), практично досягти яку можна тільки від надпотужних імпульсних джерел, бактерії чи інші мікроорганізми поглинають настільки багато енергії, що їх температура підіймається вище  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , відбувається перегрівання мікроорганізмів та їх термічне руйнування, і навіть руйнування їх оболонки внутрішнім тиском.

2. При середніх рівнях щільності УФВ термічна деструкція не відбувається, однак, якщо потужність ще достатньо висока, то поглинання УФВ зовнішніми мембранами протеїнових клітин в кінцевому випадку призводить до руйнування цих мембран і в подальшому до смерті клітини, що відбувається через витікання протоплазми.

3. При низьких рівнях опромінення УФВ та низьких отриманих дозах механізм інактивації не термічний, а УФВ діє на молекулярному рівні, коли поглинання УФ-фотону ДНК та РНК може

порушити здатність мікроорганізмів до відтворення. Оскільки мікроорганізми не здатні до відтворення, то вони не викликають захворювання, хоча формально вони все ще живі, оскільки відбувається обмін речовин. Спеціалістами НДІ Ерісмана було встановлено, що за якості річкової води за кольоровістю 20-50 град, каламутності 1-30 мг/дм<sup>3</sup>, БСК<sub>5</sub> 5-10 мг/дм<sup>3</sup>, ХСК – 29-63 мг/дм<sup>3</sup>, перманганатної окиснюваності 6-14 мг/дм<sup>3</sup> можна досягти стійкого знезараження до нормативних вимог. При цьому дози УФВ та енерговитрати є економічно виправданими. За досліджуваних доз УФВ в обробленій воді токсичних побічних продуктів виявлено не було.

### **Мембранні технології**

В останнє десятиріччя, в тому числі в комунальному господарстві, освоюється метод мембранної фільтрації. Ці технології в основному призначені для вирішення задач очистки природних, стічних, промислових вод як складова частина в загальних комплексах водо підготовки. Застосування мембранних установок дозволяє відмовитися від первинного хлорування, що знижує небезпеку утворення хлорорганічних сполук. Ультрафільтрацію можна також розглядати як ефективний засіб знезараження води (мембрани з розміром пор 0,01-0,005 мкм слугують надійним бар'єром для патогенних та інших мікроорганізмів, оскільки розмір цист *Giardia* та ооцист *Cryptosporidium* – 5-15 мкм, бактерій *Escherichia coli* – 0,5 мкм, *Salmonella*, *Shigella* – 0,3 – 1,5 мкм, вірусів – 0,01-0,03 мкм). Але якщо розглядати тільки аспект знезараження, ультра- та нано- фільтрація поки що залишається дорогою та енергоємною технологією. В загальному випадку відсутність після дії вимагає застосування хлорування, до того ж ультрафільтрація не завжди ефективна для видалення вірусів.

### **Іонізуюче гамма-випромінювання**

Іонізуюче гамма випромінювання утворює вільні радикали в процесі радіоліза води, які і мають пагубну дію на мікроорганізми. Основна кількість бактерій (до 90%) гине при дозах опромінення 10-15 тис. рад. Дози порядку 25-50 тис. рад викликають загибель практично всіх бактеріальних форм. В процесі радіолізу утворюється ціла низка побічних продуктів. При таких високих дозах також необхідне створення спеціальної системи радіоціного захисту, неухильне дотримання вимог до техніки безпеки при експлуатації установок. Обладнання являє собою потенційну небезпеку у випадку розгерметизації. Все вищевикладене обмежує використання даного методу.

## Ультразвук

Бактерицидна дія ультразвуку пов'язана з виникненням кавітаційних бульбашок навколо бактерій, що призводить до їх механічного руйнування, а також утворенню вільних радикалів. Технологічні основи використання ультразвуку в практиці водо підготовки поки що не розроблені.

## Імпульсні електричні розряди

Висковольтний (20-100 кВ) чи низьковольтний (1-10 кВ) імпульсний розряд у воді супроводжується потужними гідравлічними процесами з утворенням ударних хвиль, явищ кавітації в товщі води, виникнення ультрафіолетових та ультразвукових імпульсів, магнітних та електричних полів, утворенням та накопиченням радикалів  $\text{OH}^\cdot$  та інших, що чинять вплив на мікроорганізми. Слід зауважити, що матеріал електродів при виникненні розрядів переходить у воду у вигляді іонів, які приймають участь в процесах знезараження та консервації, проте може бути перевищений рівень їх ГДК у воді. Ефективність знезараження практично не залежить від фізико-хімічного складу води та визначається технічними параметрами процесу (величиною робочої напруги, сумарної щільності енергії розряду тощо). Енергоємність даної технології досить висока 0,3-1,0 кВтгод/м<sup>3</sup>. Сфера застосування – вирішення спеціальних задач.

Окрім даного методу на стадії активного вивчення знаходяться наступні методи знезараження води з використанням: імпульсного електричного поля, перемінного електричного поля високої та зверх високої частоти, постійного та імпульсного магнітного поля, пропусканням електричного струму, ударних хвиль та потужних акустичних хвиль.

## Види обробки води у польових умовах

Види обробки води у польових умовах: знезараження, очистка (освітлення), при необхідності – опріснення, дезактивація, дегазація.

З методів знезараження води у польових умовах при надзвичайних ситуаціях та в умовах бойових дій використовуються:

- фізичні: кип'ятіння, а на військовій фільтрувальній станції (ВФС-2,5; ВФС-10) – ультрафіолетовим опроміненням;

- хімічні: хлорування. Раніше використовували іони срібла.

З чотирьох способів хлорування води (за хлорпотребою, перехлоруванням, з преамонізацією, післяпереломними дозами хлору) у польових умовах використовують перехлорування та хлорування за хлорпотребою.

Для хлорування води у польових умовах використовують:



- хлорне вапно  $3\text{CaCl}(\text{OCl}) \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ , яке у свіжому вигляді містить 30 – 35 % активного хлору;

- двотретинно-лужну сіль гіпохлориту кальцію – (ДТСГК) -  $3\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$ , вміст активного хлору у якій досягає 47 – 57 %;

- таблетки “пантоцид” – парасульфодіхлорамід бензойної кислоти з содою та сіллю  $\text{COON C}_6\text{H}_4 \text{NCl}_2$ . У свіжому вигляді містять 3,5 мг активного хлору і розраховані на стандартну баклажку 0,75 л;

- таблетки “аквасепт” – натрієва сіль ізоціанурової кислоти, містять 4 – 4,5 мг активного хлору і також розраховані на 0,75 л води.

Дозу хлорного вапна чи ДТСГК для знезараження води за хлорпотребою визначають пробним хлоруванням однакових об’ємів води в трьох склянках (з спеціального набору для контролю хлорування і коагуляції води НХК) різними дозами хлору в межах очікуваної хлорпотреби (найчастіше 3-5 мг/л) з тим, щоб залишковий хлор після 30-хвилинної експозиції був у межах 0,3-0,5 мг/л. При відсутності набору НХК чи необхідних реактивів хлорпотребу можна визначити шляхом хлорування води у трьох відрах, вносячи 1, 2, 3 столові ложки 1 % розчину хлорного вапна, і вибрати ту дозу, при якій після 30-хвилинної експозиції буде відчутно самий слабкий але наявний запах хлору.

Метод перехлорування води у польових умовах використовується у випадках, коли необхідно швидко отримати знезаражену воду (експозиція знезараження скорочується у два рази), коли вода каламутна, брудна або є підозра у її зараженні патогенними мікроорганізмами (несприятлива епідеміологічна обстановка), коли відсутні лабораторні засоби для визначення хлорпотреби води, а також при очищенні та знезараженні води стандартним хлоркупоросним методом Клюканова (про що сказано далі).

Дози хлору, які застосовуються при перехлоруванні води:

- без підозри на зараження патогенними мікроорганізмами - 10 мг/л;

- при зараженні вегетативними формами патогенних мікроорганізмів – 20 мг/л;

- при зараженні води споровими формами патогенних мікроорганізмів – 150 мг/л.

Експозиція хлорування: 15 хв. влітку, 30 хв. взимку, а при зараженні споровими формами мікроорганізмів – не менше 2 годин.

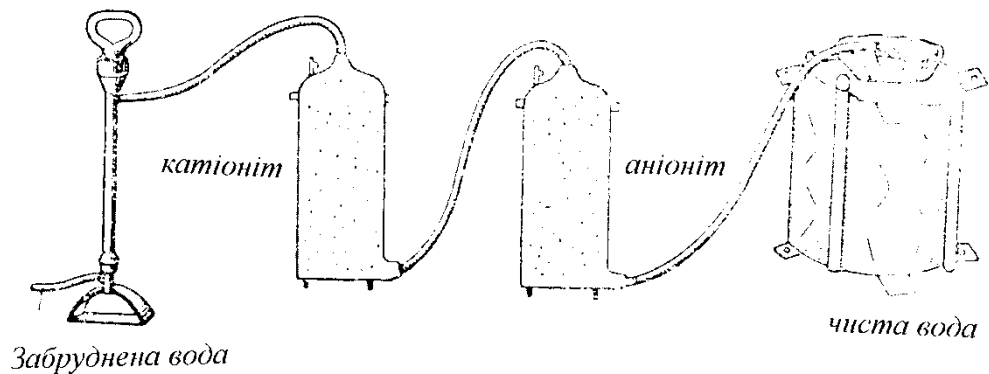
З відомих методів очищення води (відстоювання, фільтрація, коагуляція з фільтрацією) у польових умовах використовують коагуляцію з фільтрацією через табельні або імпровізовані фільтри.

З метою дезактивації та опріснення води розроблено такі методи:

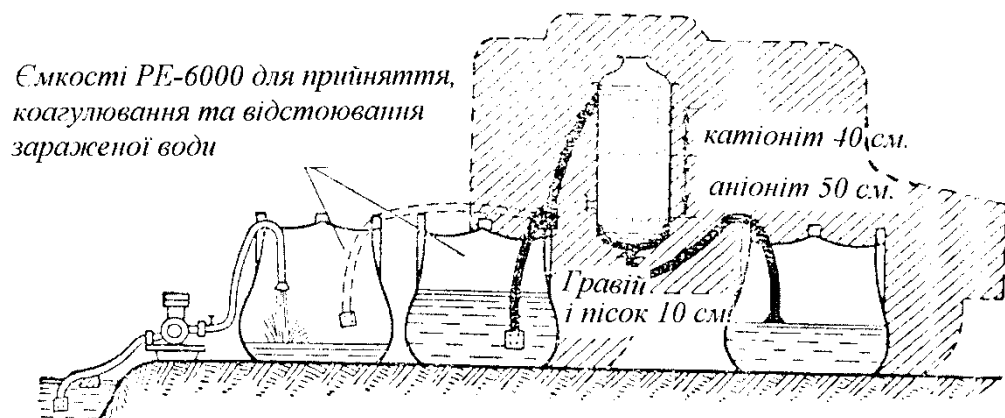
- дистиляція – дозволяє звільнити воду від розчинених солей, у тому числі радіоактивних, але метод не підходить у перший період ядерного вибуху, коли у складі продуктів є великі концентрації радіоактивного йоду,

який сублимує разом з парою. Крім того, дистильовану воду потрібно підсолювати.

- іонообмінна фільтрація – фільтрування води через катіоніти і аніоніти, що також дозволяє звільнити воду від розчинених в ній солей, у тому числі радіоактивних (мал. А.1, А.2);



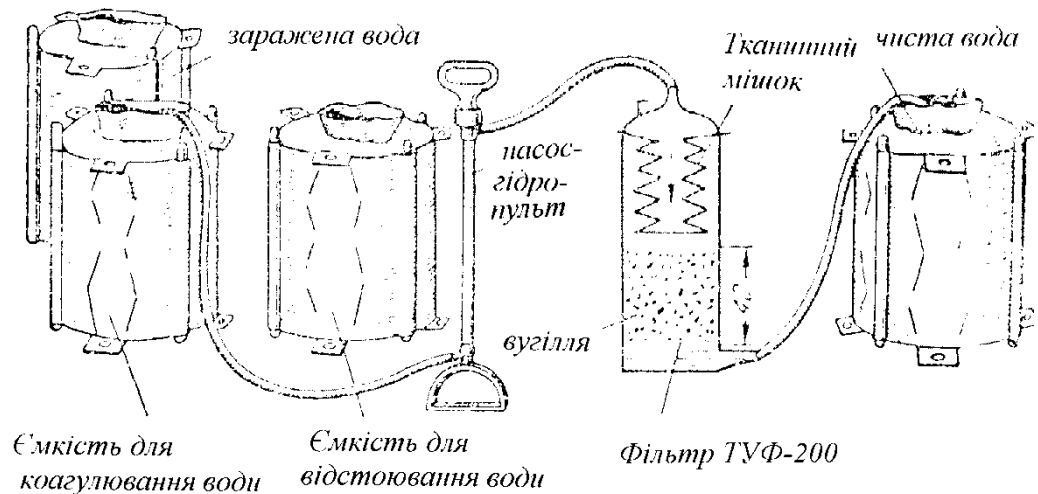
Мал. А.1. Схема опріснення, дезактивації води шляхом іонного обміну за допомогою ТВФ-200



Мал. А.2. Схема опріснення, дезактивації води шляхом іонного обміну за допомогою МАФС-3

- якщо носіями радіоактивності води є завислі в ній тверді частки, часткову дезактивацію її можна проводити шляхом коагуляції з фільтрацією.

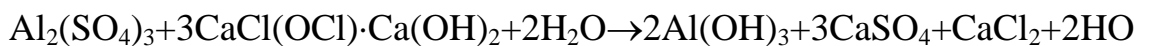
Суть стандартного хлоркупоросного методу очистки і знезараження води за Ключановим полягає в тому, що в воду одночасно вносять коагулянт 150 мг/л та хлорне вапно або ДТСГК в дозі 10 мг/л активного хлору (50 мг/л хлорного вапна з вмістом активного хлору більше 20 %)(мал. А.3).



Мал. А.3. Схема очистки води шляхом коагулювання, відстоювання і фільтрування за допомогою фільтра ТУФ-200

При цьому коагуляція іде незалежно від лужності води (тобто кількості в ній солей бікарбонатної твердості) за реакціями:

а) з хлорним вапном:

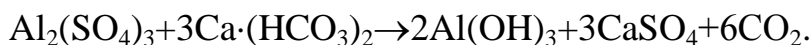


Cl;

б) з ДТСГК:



При звичайній коагуляції реакція іде з бікарбонатами кальцію і магнію, концентрація яких повинна бути не менше 2 мг/екв/л:



Якщо бікарбонатів кальцію і магнію у воді мало, то для успішної коагуляції у воду потрібно добавляти соду. За методом Ключанова необхідність у цьому відпадає.

До табельних засобів водопостачання інженерних підрозділів військових та цивільних формувань відносяться:

- засоби добування підземної води: мілкотрубчатий колодязь МТК-1; копач шахтних колодязів КШК-40; установка роторного буріння – УРБ-3АМ;
- засоби підйому води: ручна поршнева помпа БКФ-4; ручна штангова помпа РШП-25; механізована штангова помпа МШП-40; мотопомпа – М-600; електропомпа ЕП-1;
- засоби обробки води: тканинно-вугільний фільтр ТУФ-200;

військова фільтрувальна станція ВФС-2,5, ВФС-10; модернізована автофільтрувальна станція МАФС-3; польова опріснювальна установка ПОУ-4, опріснювальна польова станція ОПС-2;

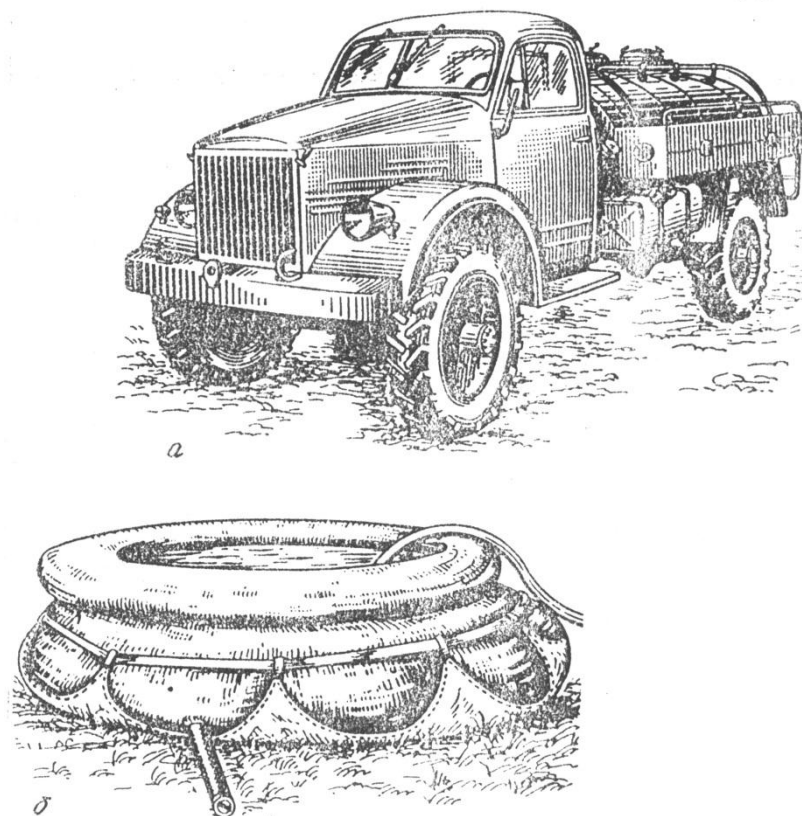
- реагенти: коагулянт  $Al_2(SO_4)_3$ ; хлорне вапно; ДТСГК, таблетки “пантоцид”, “аквасепт”; катіоніт-карбоферрогель, аніоніт-сульфовугілля;

- засоби накопичення та транспортування води: резервуари для води РДВ-50, РДВ-100, РДВ-1000, РДВ-5000; автоцистерни АВЦ-15, АВЦ-28, АВЦ-40, возимі цистерни, польові водогони (мал. А.4).

Завдання медичної служби по контролю за водопостачанням військових і цивільних формувань у польових умовах при надзвичайних ситуаціях та під час війни включають:

- визначення якості препаратів хлорування води (вмісту в них активного хлору); вибір доз препаратів хлору для знезараження води; вибір доз коагулянту для очищення води; індикація води на зараження ОР, РР, БЗ, вибір методів дезактивації, дегазації води; оцінка якості води при виборі джерел водопостачання та після її обробки;

- участь у виборі місць розгортання пунктів водопостачання і пунктів водорозбору, визначення зон санітарної охорони навколо них; контроль за якістю очистки, дезактивації засобів обробки води після їх роботи (фільтрів, резервуарів, інвентаря);



Мал. А.4 Засоби транспортування та зберігання води  
(а – автомобільна цистерна для води АВЦ-28; б – резервуар для води РДВ-5000 з  
мякої тари)

- контроль за станом здоров'я осіб, які приймають участь в водопостачанні формувань (контроль бацило-, глистоносійства тощо).

Лабораторні засоби медичного контролю за якістю обробки води у польових умовах, які є на оснащенні медичної служби військ та формувань Міністерства надзвичайних ситуацій:

- набір гідрохімічний НГХ для оцінки якості води при розвідці джерел водопостачання; набір для контролю за хлоруванням і коагуляцією води НХК; польовий рентгенометр-радіометр ДП-5А, ДП-5В; прилад хімічної розвідки медико-ветеринарний ПХР-МВ та інші;

- лабораторні комплекти в укладках: лабораторія гігієнічна військова ЛГ-1, лабораторія гігієнічна основна ЛГ-2, лабораторія бактеріологічна ЛБ, медична польова хімічна лабораторія МПХЛ-54, лабораторія токсикологічна ЛТ, радіометрична лабораторія в укладках РЛУ-2 та інші.

**Примітка:** При відсутності табельних засобів фільтрації води, за досвідом Вітчизняної війни, можна зробити імпровізований тканинно-вугільний фільтр з дерев'яної чи металеві бочки: внизу вставляють кран чи чіп, на дно вкладають решітку з дерев'яних планок на висоту 15-20 см, потім тканинний мішок з ретельно вимитим чистою водою деревним вугіллям, а потім зібраний "гармошкою" порожній тканинний мішок. Воду, після коагуляції у резервуарі, наливають у фільтр відром чи самозливом, якщо фільтр розмістити нижче резервуару для коагуляції, а резервуар для накопичення фільтрованої води – нижче фільтра.

**Рекомендаційний****Інструкція  
до визначення якості води у польових умовах**

1. Визначення наявності у воді отруйних і радіоактивних речовин (ОР і РР) виконують згідно інструкції до теми заняття з медичної експертизи продовольства.

2. Органолептичні та фізико-хімічні показники якості води визначають за допомогою гідрохімічного набору з комплектів гігієнічних лабораторій ЛГ-1, ЛГ-2.

Проби води для аналізу відбирають за допомогою батометра, пляшки з тягарем, солдатського казанка, відра.

Температуру води вимірюють хімічним термометром безпосередньо у водоймищі, колодязі. Резервуар термометра обгортають у кілька шарів бинтом. Підвищення температури води підземних джерел свідчить про проникнення до водоносного шару поверхневих, більш забруднених вод. Звичайно температура підземних вод коливається в межах 7-14<sup>0</sup>С, поверхневих – у залежності від пори року.

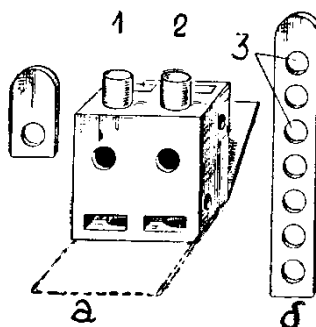
Прозорість води визначають у циліндрі з плоским дном над шрифтом Снеллена №1 (яким частіше усього друкують книги) в сантиметрах, або виражають словами: прозора, опалесцююча, каламутна, з осадом.

Запах визначають, сколихнувши пробу води у склянці, накритій склом, при температурі 15-25<sup>0</sup>С і після підігрівання води до 60<sup>0</sup>С. Виражають якісно: болотний, землястий, ароматичний, аптечний і т. д., і кількісно в балах за 5-бальною шкалою: 0 - відсутність, 1 бал - дуже слабкий, 2 - слабкий, 3 - помітний, 4 - виразний, 5 балів - дуже сильний. Запах у 3 і більше балів свідчить про значне забруднення води.

Смак води визначають, лише пересвідчившись, що вона не заражена ОР, РР, БЗ і виражають словами: освіжаючий, кислий, солодкий, солоний, гіркий. Визначають також присмаки: в'язучий, металевий, терпкий та інші. Кількісно смак і присмаки визначають також за 5-бальною шкалою.

Колірність (забарвлення) води визначають за допомогою польового колориметра ПК-56 М (мал. 56.1), що має дискові еталони з забарвленими скельцями, або компаратора з еталоном у вигляді планшеток. Для цього в компаратор вставляють дві пробірки висотою 15 см з досліджуваною і дистильованою водою, під пробірку з дистильованою водою підставляють планшетку з кольоровими

скельцями, знаходять еталон, який співпадає з інтенсивністю забарвлення води, виражений у градусах. Колірність води не повинна перевищувати 36 градусів.



Мал. Б.1 Компаратор ПК-56 М (а) для польових досліджень з планшеткою (б)

(1, 2 – гнізда для колориметричних пробірок; 3 круглі отвори з еталонами кольорів різної інтенсивності)

Реакцію (рН) води визначають за допомогою індикаторного папірця, обробленого універсальним індикатором, який змочують у досліджуваній воді та порівнюють зі стандартною шкалою. рН природних вод коливається в межах 7,0-9,5.

Азот амонійний можна визначити за спрощеною методикою (див. нижче) або за допомогою колориметра (компаратора) з еталонами на аміак. Для цього до 5 мл води у пробірці додають 5 крапель 50% розчину сегнетової солі та 5 крапель реактиву Несслера і колориметрують. В чистій воді аміаку не більше 0,1 мг/ л. (ГДК=2 мг/ л).

Азот нітритів також можна визначити за спрощеною методикою, яка приводиться нижче, або ж за допомогою колориметра чи компаратора з еталонами на нітрити. Для цього до 5 мл води у пробірці додають 5 крапель розчину або кілька кристалів сухого реактиву Грісса, нагрівають на спиртівці. Колориметрують з еталонами нітритів. В чистій воді нітритів – 0,005 мг/ л (ГДК=3,3 мг/ л).

Забарвлення, що створюється, видно з табл. Б. 1, 2.

#### **Табличне кількісне визначення азоту амонійного у воді (Держстандарт 1030-41)**

У пробірку наливають 10 мл води для аналізу, додають 7 крапель (0,3 мл) 50% розчину сегнетової солі і 7 крапель (0,3 мл) реактиву

Несслера. Перемішують, через 10 хвилин визначають вміст азоту амонійного, порівнюючи інтенсивність забарвлення з таблицею Б 1.

Таблиця Б. 1

Забарвлення при огляді збоку, на білому фоні	Забарвлення при огляді зверху, над білим фоном	Вміст азоту амонійного, мг/ л
Відсутнє	Відсутнє	Менше 0,004
Відсутнє	Надзвичайно слабо жовтувате	0,008
Надзвичайно слабо жовтувате	Дуже слабо жовтувате	0,02
Дуже слабо жовтувате	Жовтувате	0,04
Слабо жовтувате	Світло жовтувате	0,8
Світло жовтувате	Жовте	2,0
Жовте	Інтенсивно жовте	4,0
Різно жовте, каламутне	Буре, каламутне	8,0
Інтенсивно буре, каламутне	Буре, каламутне	10,0

### Приблизне кількісне визначення азоту нітритів у воді (Держстандарт 1030-41)

У пробірку наливають 10 мл води для аналізу, додають 10 крапель розчину (0,5 мл), або кілька кристаликів сухого реактиву Грісса. Нагрівають на спиртовому факелі 5 хвилин. Рожеве забарвлення порівнюють з таблицею Б 2.

Таблиця Б. 2

Забарвлення при огляді збоку на білому фоні	Забарвлення при огляді зверху над білим фоном	Вміст азоту нітритів, мг/ л
Відсутнє	Відсутнє	Менше 0,001
Ледь помітне рожеве	Надзвичайно слабо рожеве	0,002
Дуже слабо рожеве	Слабо-рожеве	0,01
Слабо-рожеве	Світло-рожеве	0,02
Світло-рожеве	Рожеве	0,04
Рожеве	Сильно рожеве	0,07
Сильно рожеве	Червоне	0,2
Червоне	Яскраво червоне	0,4



**Інструкція**  
**до визначення активного хлору в препаратах для**  
**знезараження води польовим (крапельним) методом**

*1. Визначення активного хлору у хлорному вапні або ДТСГК.*

Готують 1 % розчин хлорного вапна. Для цього 1 г вапна розтирають у фарфоровій ступці з дрібними порціями дистильованої води, щоразу зливаючи розчин у мірний циліндр на 100 мл, доводять до 100 мл, відстоюють або фільтрують.

У колбу (склянку) для титрування вносять 30 мл дистильованої води, 10 крапель 1 % розчину хлорного вапна (окремою піпеткою), 5 крапель соляної кислоти (1: 2), 10 крапель 5 % розчину КІ і 10 крапель 1 % розчину крохмалю. Титрують (окремими краплями) 0,7 % розчином тіосульфату натрію (гіпосульфіту) до знебарвлення. Одна крапля такого розчину гіпосульфіту зв'язує 0,04 мг хлору. Кількість крапель, витрачених на титрування, відповідає відсотку активного хлору у хлорному вапні. Вапно з вмістом хлору менше 20 % непридатне для знезараження води.

*2. Визначення активного хлору в таблетках “пантоцид”,  
“аквасепт”.*

З партії, що підлягає контролю, одну таблетку розчиняють у 50 мл дистильованої води у склянці. Після повного її розчинення вносять 5 крапель НСІ (1: 2), 10 крапель 20 % розчину або кілька кристаликів сухого КІ, 10 крапель 1 % розчину крохмалю. Титрують краплями 0,7 % розчином гіпосульфіту (одна крапля зв'язує 0,04 мг хлору) до знебарвлення. В свіжих таблетках вміст активного хлору знаходиться в межах 3,0-3,5 мг. Таблетки з вмістом активного хлору менше 1,5 мг непридатні для знезаражування води.

*3. Визначення дози хлорного вапна (або ДТСГК) для  
знезараження води за хлорпотребою методом пробного хлорування.*

В три склянки вносять по 200 мл води, яка підлягає знезараженню. У кожену склянку вносять (окремою піпеткою) відповідно 2, 4, 6 крапель 1 % розчину хлорного вапна. Розмішують, залишають на 30 хвилин для хлорування.

Після 30-хвилинної експозиції визначають залишковий хлор, для чого у кожену склянку вносять по 2 краплі НСІ (1: 2), 10 крапель 5 % розчину КІ, 10 крапель 1 % розчину крохмалю та перемішують. Проби з синім забарвленням титрують краплями (розмішуючи після кожної краплі) 0,7 % розчином гіпосульфіту до знебарвлення.

Залишковий хлор розраховують множенням кількості крапель, що витрачені для титрування на 0,04 і на 5 (для перерахунку на 1 літр

води). За робочу для подальших розрахунків слід брати ту пробу, у якій залишковий хлор буде знаходитися в межах 0,3 – 0,5 мг/л.

Наприклад, на титрування третьої проби, куди було внесено 6 крапель 1 % розчину хлорного вапна, витрачено 2 краплі розчину гіпосульфїту. Залишковий хлор буде дорівнювати  $2 \times 0,04 \times 5 = 0,4$  мг/л, тобто знаходиться у межах норми 0,3-0,5 мг/ л. Подальші розрахунки наступні: 6 крапель 1 % розчину вапна внесено в 200 мл води, а на літр треба у 5 разів більше, тобто 30 крапель, що в мл складає  $30 / 25 = 1,2$  мл. В 1 мл 1 % розчину міститься 10 мг /вапна, а в 1,2 мл – 12 мг. Звідси для знезараження води в резервуарі РДВ-5000 потрібно зважити  $12 \times 5000 = 60000$  мг = 60 г такого вапна.

# Топографічна карта

