

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТАМПОНАЖНИХ РОЗЧИНІВ З ВИСОКИМИ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Присяжнюк М.І. к.т.н., доцент,  
Єнакієва Т.Г.,  
Гамура В.Д.

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
052305mi@gmail.com

**Анотація.** Приведені результати визначають основні технічні рішення з ліквідації та укріплення підземних виробіток (катакомб), похилих і вертикальних виробіток каменю черепашнику шляхом заповнення безусадковими глиноцементними і спеціальними розчинами, які запропоновані для ведення ліквідаційних робіт.

**Ключові слова:** тампонажні розчини, глинисті розчини, катакомби, твердіючі закладки.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ С ВИСОКИМИ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Присяжнюк М.И. к.т.н., доцент,  
Енакиева Т.Г.,  
Гамура В.Д.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
052305mi@gmail.com

**Аннотация.** Определены основные технические решения по ликвидации и укреплению подземных выработок (катакомб), наклонных и вертикальных выработок камня ракушечника путем заполнения твердеющими безусадочными глиноцементными и специальными растворами, которые предложены для ведения ликвидационных работ.

**Ключевые слова:** тампонажные растворы, глинистые растворы, катакомбы, твердеющие закладки.

## THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF CEMENT SLURRIES WITH HIGH STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES

Prysyazhnyuk M.I. Ph. D., Associate Professor,  
Enakieva T.G.,  
Gamurar V.D

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*  
052305mi@gmail.com

**Abstract.** The results proposed for conducting liquidation activities underground workings (catacombs), identifies the main technical solutions for the elimination and consolidation of by filling through wells. There are two variants of fastening (liquidation) underground workings (catacombs) in terms of Odessa.

The first option involves the filling of excavations of water composition: 48% water and 52% sand. The second option involves filling the workings with a light concrete made from shell limestone, microspheres and mixture clay, a particular danger for buildings, characterized by

possibility of the formation of excess voids of building. The second variant of the fastening of workings, shell, the saturation of the well lightweight concrete with controlled and reliable properties is recommended, provided that technology is the elimination of controlled and eliminates the possibility of abandonment or the formation of voids on the contact working.

Systems on cement, clay with the addition of the microspheres have excellent adhesion properties and fluidity. Field tests show the effectiveness of the proposed technology the isolation of the space.

**Keywords:** tamping solutions, catacombs, bookmarks.

**Вступ.** Досвід виробництва тампонажних робіт комплексним методом при ліквідації виробіток показав високу надійність та ефективність використання тампонажних розчинів з високими структурно-механічними властивостями, що готуються на базі глинистих розчинів з додаванням в якості структуроутворювачів цементу і рідкого скла [1]. На відміну від цементних, тампонажні розчини на глинистій основі здатні перекривати великі тріщини за рахунок своїх високих структурно-механічних властивостей [2]. У порівнянні з цементними, глиноцементні тампонажні розчини мають значно меншу вартість, готуються з поширених і не дефіцитних матеріалів, задовільно перекачуються поршневыми насосами без обмеження часу прокачування та не розтріскуються. Все це дозволяє рекомендувати комплексний метод тампонажу глиноцементними розчинами для широкого впровадження при ліквідації виробіток (вироблення).

**Цілі і завдання.** Здійснити приготування тампонажного розчину безпосередньо в процесі виробництва робіт шляхом введення в початковий глинистий розчин відповідної кількості сухого цементу, мікросфер, і необхідних наповнювачів - домішок і реагентів – структуроутворювачів за спеціальною технологічною схемою [3].

При приготуванні і нагнітанні тампонажного розчину використати високопродуктивне, мобільне устаткування, здійснити розташування на поверхні землі [4].

**Об'єкти і методи дослідження.**

1. Підземні виробітки знаходяться в товщі пиляного вапняку черепашнику і залягають на глибині від 7 м до 35 м від поверхні землі, де температура повітря цілий рік складає від +12°C до +14°C.

2. Закладку виробіток бетонною сумішшю здійснюють за допомогою закладного комплексу, до складу якого входить пневмобетонукладач.

3. Закладку виробіток виконують горизонтальними шарами бетону товщиною від 0,5 м до 0,7 м.

4. Підлягають закладці підземні виробітки розташовані горизонтально або з кутом нахилу до 13° у бік виходу на денну поверхню.

Захисні перемички споруджуються шляхом нагнітання через свердловини глиноцементного розчину, через інжекторну воронку вводиться дрібнозернистий пісок (співвідношення цементу до піску = 1:1). При використанні легкого бетону, як закладки в якості заповнювачів застосовують подрібнений вапняк-черепашник, пісок карбонатний (далі по тексту – бетон). Залежно від прийнятої технологічної схеми ліквідації виробіток, спочатку створюються огорожуючі перемички, через закладні свердловини [5, 6]. Бетон призначений для кріплення (закладки, ліквідації) підземних виробіток (катакомб), які утворилися в результаті видобутку пиляного каменю-черепашнику для будівництва, а також карстів, пустот і розломів природного походження.

При виборі рецептури тампонажного розчину керувалися критеріями:

1) глиноцементний розчин повинен задовільно прокачуватися поршневыми насосами тампонажних агрегатів;

2) мати максимально високі структурно-механічні властивості;

3) бути стійким до агресивної дії підземних вод.

Глиноцементні тампонажні розчини готувалися шляхом додавання в необхідній пропорції в початковий глинистий розчин сухого цементу і реагентів структуроутворювачів.

Для регулювання властивостей реологій і структурно-механічних глиноцементних розчинів, залежно від геологічних і гідрохімічних умов, до їх складу можуть вводитися мінеральні і активні домішки, а також органічні і неорганічні сполуки і полімери, добавки яких не припиняють гідратацію цементних часток, не руйнують новоутворення гідратів цементу, що формуються, і не руйнують кінцево-пластичну міцну структуру системи.

Методика проектування технологічних параметрів залежить:

- 1) від цільового призначення робіт які виконуються;
- 2) від кута нахилу ліквідованих виробіток;
- 3) від технічних умов.

Методика проектування технологічних параметрів включає в себе:

- 1) встановлення геометричних розмірів гідроізолюючої зависи (перемичок);
- 2) обчислення необхідного обсягу тампонажного розчину і кількості свердловин;
- 3) визначення режиму нагнітання тампонажної суміші.

Для наочності і зручностей використання методики проектування технологічних параметрів з ліквідації різних груп виробіток каменю ракушняку (горизонтальних, вертикальних і очисних виробіток і технологічних свердловин) представляються в табличній формі.

При ліквідації горизонтальних виробіток каменю черепашнику необхідно передбачити два етапи:

- I. Спорудження огороджуючих перемичок.
- II. Ліквідація виробітки каменю черепашнику.

У загальній формі етапи розрахунку і розрахункові формули зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Методика розрахунку параметрів тампонажу горизонтальних катакомб

№№ п/п	Етапи розрахунку	Розрахункові формули
<b>I. Спорудження огороджувальних перемичок</b>		
1.1	Товщина тампонажної перемички в покрівлі виробітки	$l = \frac{P \cdot S}{\tau_{зр}}$
1.2	Товщина перемички в підшві вироблення	$L = l + \frac{2H}{tg \varphi_0}$
1.3	Обсяг закладної суміші, необхідний для спорудження перемички	$V_{з.с.} = S \frac{l + L}{2}$
1.4	Загальний обсяг закладної суміші	$\sum^N V_{з.с.} = V_{з.с.л.} + V_{з.с.г.}$
<b>II. Ліквідація вироблення</b>		
2.1	Загальний обсяг розчину для заповнення вироблення	$\sum V_B = k_1 \cdot S \cdot L_r$
2.2	Радіус течії розчину в безнапірному режимі	$r_\delta = \frac{2\delta^2(\rho_P - \rho_B)g}{\tau}$
2.3	Кількість тампонажних свердловин	$N_c = \frac{L_r}{r_\delta}$
2.4	Об'єм розчину на одну свердловину	$V_i = \frac{\sum V_B}{N_c}$
2.5	Тиск нагнітання у гирлі свердловини	$P_Y = P_H + P_{T.P.} + P_K + P_\Gamma$

При ліквідації похилих виробіток передбачають два етапи:

I – створення огорожувальної перемички на глибині, кратній висоті виробітку;

II – ліквідація виробітку.

При ліквідації вертикальних катакомб, роботи виконуються з чергуванням пошарової засипки дрібною породою та заповненням тампонажного розчину.

При ліквідації очисних катакомб враховується об'єм тампонажного розчину на площі, яка підлягає тампонажу та з розрахунком розтікання розчину.

У загальній формі етапи розрахунку та розрахункові формули зведені у табл.2.

Таблиця 2 – Методика розрахунку параметрів ліквідації виробленого простору

№ п/п	Етапи розрахунку	Розрахункові формули
I. Ліквідація виробленого простору		
1.1	Об'єм тампонажного розчину для заповнення виробленого простору	$V_{3.I.} = k_1 \cdot k_2 \cdot S_{B.II.} \cdot m$
1.2	Об'єм розчину, втрачений при розтіканні	$V_{P.P.} = \frac{\Pi_{B.II.} \cdot m^2}{2 \sin \varphi_0}$
1.3	Загальний об'єм розчину	$\sum V_0 = \sum V_B. + \sum V_{P.P.}$
1.4	Тиск нагнітання на гирлі свердловини	$P_Y = P_H + \Delta P_{T.P.} - P_T$
1.5	Радіус течії розчину	$r_\delta = \frac{2\delta^2(\rho_p - \rho_B)g}{\tau_0}$
1.6	Кількість тампонажних свердловин	$N_C = \frac{k_I \cdot S_{B.II.}}{\pi \cdot r_\delta^2}$

При ліквідації технологічних свердловин виконуються роботи по заповненню свердловин і створенню захисної завіси навкруги неї.

У приведених формулах використовуються наступні позначення:

де :  $l$  – товщина тампонажної перемички в покрівлі виробітки, м;

$P$  – максимальний розрахунковий тиск нагнітання розчину, МПа;

$S$  – площа перемички виробітки, яка сприймає тиск нагнітання розчину, м<sup>2</sup>;

$L$  – товща по підшві виробітки, м;

$\tau_{зр.}$  – розрахунковий опір перемички на зріз, МПа;

$H$  – висота виробітки, м;

$\varphi_0$  – кут природного укосу закладного матеріалу, град;

$V_{3.C.}$  – об'єм закладної суміші, м<sup>2</sup>;

$\sum V_B$  – загальний об'єм розчину для заповнення виробітки, м<sup>3</sup>;

$k_1$  – коефіцієнт, враховуючий витрати розчину;

$L_T$  – тампонуєчий інтервал виробітки, м;

$r_\delta$  – радіус розповсюдження розчину у безнапірному режимі, м;

$\delta$  – половина розкриття каналу гірської виробітки, м;

$\rho_p$  – щільність тампонажного розчину, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_B$  – щільність води, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$\tau_0$  – динамічне напруження зсуву, МПа;

$N_c$  – кількість тампонажних свердловин, свердловина;  
 $P_y$  – максимальний тиск нагнітання на жерло свердловини, МПа;  
 $P_n$  – тиск, розвинутий насосом, МПа;  
 $\Delta P_{T.P.}$  – втрати тиску у трубопроводі, МПа;  
 $P_r$  – тиск стовпа тампонажного розчину, МПа;  
 $P_k$  – тиск підземних вод, МПа;  
 $k_r$  – коефіцієнт, враховуючий усадку сипучого матеріалу;  
 $h_{сл}$  – висота шару засипки (тампонажу), м;  
 $k_r$  – коефіцієнт заповнення порожнечі порід;  
 $S_{в.п.}$  – зона, яка підлягає тампонажу, м<sup>2</sup>;  
 $m$  – потужність відпрацьованого простору (у т.ч. шпарин у породах), м;  
 $P_{в.п.}$  – периметр тампонажної зони, м.

**Результати досліджень.** Запропоновані два варіанти кріплення (ліквідації) підземних виробок (катакомб) в умовах м. Одеси.

Перший варіант передбачає заповнення виробіток водно-піщаною пульпою наступного складу: 48% води і 52% піску.

Другий варіант передбачає заповнення виробіток легким бетоном з вапняку-черепашнику, мікросфер та глиноцементної суміші.

Враховуючи склад водно-піщаної пульпи і ступінь її усадки, а також неоднорідність закладки, обумовлену залишками на підшві виробітки шару з бутового каменю-черепашнику, і заповнення порожнин, що утворилися після усадки пульпи, цементним розчином, можна припустити, що будівлі, побудовані без заходів захисту над виробітками з кріпленням за вказаною технологією будуть зазнавати нерівномірних вертикальних деформації, внаслідок чого в конструкціях неминуче утворюватимуться деформації і пошкодження. Особливу небезпеку становлять нерівномірні осідання основ фундаментів для будівель, що мають в плані складну форму, великі розміри, а також для будівель підвищеної поверховості через можливість утворення наднормативних кренів.

Другий варіант кріплення виробіток, з очищення від відходів бутового каменю-черепашнику, та насичення свердловини легким бетоном з контрольованими властивостями є надійним і рекомендується до застосування за умови, що технологія ліквідації являється контрольованою і виключає можливість залишення або утворення порожнин на контакті закладеної закладки з покрівлею виробітки.

#### **Висновки.**

1. Оптимальна концентрація полімерної добавки в тампонажній суміші становить 2 ÷ 2,5% залежно від проникаючої здатності поглинаючого пласта.

2. Максимальні значення об'ємного розповсюдження тампонажної суміші (10–12%) досягаються при водоцементному відношенні 0,9–1 і концентрації мікросфер 2–5%.

3. Отримані кількісні значення структурно реологічних властивостей тампонажних сумішей вказують на можливість їх використання при ліквідації поглинань в високопроникних пластах при цементуванні обсадних колон.

4. Основними чинниками витрат тампонажних сумішей на основі портландцементу і полімерної добавки, є поширення тріщин, потужність поглинаючого інтервалу, величина середньо об'ємного розкриття щілин і структурно-реологічні характеристики тампонажної суспензії.

5. На ефективність ізоляційних робіт істотний вплив має показник розкриття порових каналів  $\delta$ , причому раціональні межі застосування тампонажних сумішей розширюються або обмежуються показниками в'язкості ( $\mu \geq 0,2$  Па·с) і розмірами каналів поглинаючого пласта ( $\delta \leq 1,5$  мм).

6. Тампонажні суміші на основі портландцементу і полімерної добавки мають високу закупорюючу здатність і знижують проникність поглинаючого пласта від 40 до 100% за 25 - 40 хв.

7. Тампонажні системи на основі портландцементу, глини з додаванням мікросфер дозволяють проводити подальші роботи по кріпленню свердловини після проведення ізоляційних робіт, в поглинаючих інтервалах мають відмінні адгезійні властивості і плинність.

8. Виробничі випробування свідчать про ефективність запропонованої технології ізоляції утвореного простору глиноцементно-мікросферним розчином.

9. Для подальшого створення тампонажних сумішей в умовах поширення, спрямованих на кріплення катакомб та в якості закріплюючої закладки, необхідно продовжити дослідження з розробки композицій на основі різних цементів з використанням полімерної домішки та удосконалити схеми ліквідації виробіток каменю черепашнику.

### Література

1. Булатов А.И. Тампонажные материалы и технология цементирования скважин / А. И. Булатов. – М.: «Недра», 1991. – 296 с.

2. Курочкин Б.М. Применение цементного раствора с высокой тиксотропией при ремонте скважин / Б.М. Курочкин. – Нефтяное хозяйство, 2001. №6. – С.30-34.

3. Дорофеев В.С. Технические условия ТУ У В.2.7-26.6-02071033-001:2007. Бетон легкий (твердеющая закладка) на щебне известняка-ракушечника для крепления подземных горных выработок / В. Дорофеев, В. Митинский, А. Кучеренко // Одесса. Типография, ОГАСА, 2007. – 27 с.

4. Николаев Н. Н. Тампонажные смеси для цементирования поглощающих интервалов / Н. Николаев, А. Мелехин // Научный журнал «Научные исследования и инновации». – Пермь, ПГТУ, 2011. Т.5. №1. – С. 40-44.

5. Дорофеев В. С. Технологическая инструкция по производству закладочных работ при креплении (ликвидации) подземных горных выработок (катакомб) в г. Одессе / В. Дорофеев, В. Митинский А. Кучеренко // Одесса. Типография ОГАСА, 2007. – 54 с.

6. Патент на корисну модель №34620. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи. Твердіюча закладка / Митинський В. М., Дорофеев В.С., Кучеренко О. А. // опубл. 11.08.2008р. – 6 с.