

О.П. Зорін

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ДЕКОРАТИВНО-ОБЛИЦЮВАЛЬНИХ ВАПНЯКІВ
УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ***(Представлено доктором технічних наук, професором Бакка М.Т.)*

Викладені результати досліджень за розрахунковим визначенням міцності вапняків на підставі даних про швидкість проходження в них ультразвукових хвиль. Встановлені аналітичні кореляційні залежності між границею міцності каменю і швидкістю повздовжньої ультразвукової хвилі.

Як облицювальний та напівдорогоцінний декоративний камінь широко використовуються різні карбонатні породи, такі, як мармури, доломіти, вапняковий шпат, малахіти, травертини, вапняки-ракушняки та інші. Останнім часом все ширшого примінення набувають різні вапняки, великі поклади яких в Україні знаходяться в Одеській, Миколаївській, Хмельницькій, Херсонській, Закарпатській, Чернівецькій областях та в автономній республіці Крим.

Певні види вапняків та травертинів можуть широко використовуватись для виготовлення облицювальної плитки в основному для внутрішнього облицювання, для виготовлення окремих видів товарів народного вжитку, таких, як точені вази, попільнички, підсвічники тощо. Наприклад, широкою популярністю користуються вази, виточені з вапняка-ракушняка Жетібайського родовища (Казахстан). Щоб виготовляти продукцію цих видів, вапняки повинні мати відповідні декоративні властивості, блочність, міцність та інші показники. Поряд з декоративністю міцність вапняків є домінуючою властивістю у вирішенні цих питань. Справа в тому, що в межах одного і того ж вапнякового покладу на родовищі вапняки можуть мати суттєво відмінні властивості, в тому числі часом суттєво відрізняється і міцність вапняків в межах одного і того ж родовища. Існують різні способи визначення міцності вапняків, але майже всі вони потребують наявності зразків вапняку, а це вимагає здійснювати його видобування тим чи іншим способом. Звичайно, найкращим слід вважати методи визначення міцності безпосередньо в масиві без видобування вапняку із надр та його лабораторного дослідження з використанням пресів. Саме з цієї причини вважаємо найдоцільнішим визначати міцність вапняків з використанням швидкості поширення ультразвуку або іншими геофізичними методами.

Для вирішення цієї задачі потрібно мати аналітичні залежності між межею міцності на одноосне стискання та розтягування вапняків та швидкістю поширення в них повздовжньої ультразвукової хвилі. Таким чином, маючи такі аналітичні залежності та саму швидкість повздовжньої ультразвукової хвилі, завжди можна вирахувати з достатньою точністю міцність породи.

Як об'єкт вивчення були використані понтичні та сарматські вапняки півдня України, а також вапняки Білокоровицького родовища Житомирської області.

Сарматські вапняки були представлені зразками Довжанського родовища Одеської області, а понтичні вапняки – зразками з Ново-Подимівського родовища Криму та з Білокоровицького родовища Житомирщини.

Дослідження велись лабораторним шляхом на зразках вапняку у вигляді плит товщиною 50 мм, розмірами 500×300 та 400×200 мм та кернавому матеріалі. Швидкість поширення в них ультразвукових хвиль визначалась згідно з методикою прозвучування ультразвуковим приладом УКБ-1М. Межа міцності на одноосне стискання та на одноосне розтягування визначалась загально прийнятими методами на пресі. Межа міцності на одноосне стискання визначалась шляхом роздавлювання на пресі кубиків правильної форми 50×50×50 мм, а межа міцності при одноосному розтягуванні оцінювалась шляхом розтягування на пресі заготовок вапнякових брусочків розмірами 50×50×200 мм, а також шляхом розтягування на пресі кернаві. Для контролю межі міцності при одноосному розтягуванні оцінювали розколюванням плит на кубики з розмірами ребра 50 мм.

Понтичні вапняки мають середній опір одноосному стисканню від 1,1 до 1,5 МПа, а опір розтягуванню – від 0,4 до 1,9 МПа.

На основі обробки даних між межею міцності на одноосне стискання та розтягування і швидкості поширення повздовжніх хвиль з використанням апарату математичної статистики

вдалося встановити аналітичні взаємозв'язки між цими показниками з довірчим інтервалом, визначеним з 95 % ймовірністю. Ці залежності описуються наступними рівняннями:

$$\sigma_{сж} = 0,004 \cdot V_p - 4,3 \text{ МПа (при } 2800 > V_p > 1300 \text{ м/с);} \quad (1)$$

$$\sigma_{сж} = 0,001 \cdot V_p - 1,14 \text{ МПа (при } 2800 > V_p > 1300 \text{ м/с),} \quad (2)$$

в яких V_p – швидкість повздовжньої хвилі, м/с.

Експериментально встановлені залежності свідчать на зростання міцності зі збільшенням швидкості поширення повздовжніх хвиль.

Вапняки мають шаруватість, тому швидкість пружних хвиль у вапняках визначали за шаруватістю у двох взаємно перпендикулярних напрямках: вповдовж шаруватості та впоперек до неї. Встановлено, що швидкість поширення хвиль вповдовж шаруватості приблизно у два рази є більшою, ніж швидкість хвиль впоперек шаруватості. Це свідчить про анізотропію як сарматських, так і понтичних вапняків по товщі вапнякового покладу.

Відомо, що між характеристиками пружності середовища і швидкістю поширення в ньому пружних хвиль існують залежності:

$$E = \frac{\gamma \cdot V_p^2}{g} \cdot \frac{(1 + \mu) \cdot (1 - 2 \cdot \mu) \cdot 0,1}{1 - \mu}, \quad (3)$$

$$\mu = \frac{2 - \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2}{2 - 2 \cdot \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2}, \quad (4)$$

де E – динамічний модуль пружності, МПа;

μ – динамічний коефіцієнт Пуасона;

γ – об'ємна вага гірської породи, г/см³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

V_s – швидкість поперечної хвилі, м/с.

Визначені таким шляхом деформаційний модуль пружності і коефіцієнт Пуасона пильних вапняків наведені в таблиці.

Таблиця

Деформаційні властивості вапняків

Родовище	Динамічний модуль пружності E , МПа	Динамічний модуль поперечної деформації G , МПа
Довжанське	8,9	0,32
Ново-Подимівське	2,6	0,28
Білокоровицьке	2,8	0,27

Описані дослідження дали змогу отримати наступні практичні висновки:

для визначення міцності пильних вапняків можна користуватися ультразвуковим методом та кореляційними залежностями між межами міцності при одноосному стисканні та розтягуванні і швидкістю повздовжньої хвилі, які наведені у вигляді рівнянь (1) і (2);

динамічний модуль пружності і коефіцієнт Пуасона становить:

для сарматського вапняку – $E = (0,33 \div 0,89) \cdot 10^4$ МПа, $\mu = 0,25 \div 0,32$;

для понтичних вапняків – $E = (0,21 \div 0,26) \cdot 10^4$ МПа, $\mu = 0,23 \div 0,28$.

ЗОРІН Олександр Петрович – інженер кафедри ПЗОТ Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси :

– міцність нерудних матеріалів.