

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ УРИЦЬКИХ СКЕЛЬ

**Петро Волошин, Надія Кремінь,
Іван Книш, Валентина Марусяк**

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
e-mail: petro.woloshyn@gmail.com; nadya710@gmail.com;
olando@ukr.net; marusyak_v@ukr.net*

У статті подано комплексну інженерно-геологічну характеристику Урицьких скель, оцінено їхній стан. Встановлено, що це ерозійний останець відкладів ямненської світи раннього палеогену, що перебуває під впливом широкого спектра агентів звітрювання, які постійно змінюють його стан і стійкість, що створює загрози для туристів.

Породи Урицьких скель за літологічним складом представлені гравелітами, дрібно- та середньозернистими, кварцовими пісковиками з домішкою гравійного матеріалу та відносно однорідними дрібно- та середньозернистими кварцовими пісковиками практично без домішок. Частинки породи переважно погано сортовані середнього та низького ступеня обкатаності, складені здебільшого кварцовими зернами з незначною домішкою глауконіту, слюди і рудних мінералів. У породах переважає специфічний цемент – типу стиснення, який зумовлює досить високу закриту пористість і низьку водопоглинальну здатність.

Щільність порід змінюється в досить широкому діапазоні – від 2,06 до 2,30 г/см³. Найменші за абсолютною величиною значення притаманні найбільш звітрілим відмінам порід, зі зменшенням ступеня звітрілості щільність суттєво зростає. Пористість досліджуваних порід є досить високою – 13–22%. Пори переважно закриті. Пересічне співвідношення відкритих і закритих пор 1:3. Водопоглинання різних літологічних відмін змінюється від 4 до 9% і характеризує їх як маловодопоглинальні, що може свідчити про досить високу стійкість порід до впливу агентів фізичного звітрювання.

Міцнісні характеристики порід (тимчасовий опір на одновісне стиснення) змінюються в надзвичайно широкому діапазоні – від 0,3 до 22,3 МПа. Загалом, породи характеризуються високими значеннями показника міцності, який пересічно становить 10,8 МПа.

Провідну роль у формуванні стійкості породного масиву відіграє його тріщинуватість і постійне зростання ступеня звітрілості. За комплексом ознак тут виділено такі їх генетичні типи: тектонічні тріщини; тріщини нашарування та первинної окремоті; тріщини бортового відпору; тріщини звітрювання.

Високий ступінь враженості скельного масиву полігенетичною системою тріщин суттєво знижує його стійкість і потребує корегування туристичних маршрутів, а в найбільш небезпечних місцях – встановлення застережних вказівників.

Ключові слова: Урицькі скелі, мінералого-петрографічний склад порід, інженерно-геологічні властивості порід, стійкість скельного масиву.

Постановка проблеми. Урицькі скелі – це справжня перлина Українських Карпат, які відвідують сотні тисяч туристів на рік. Під час здійснення туристичної діяльності має бути гарантована безпека об'єктів туристичних відвідувань з урахуванням можливого виникнення ризику природних чи техногенних надзвичайних ситуацій [10; 15]. Особливо

це стосується об'єктів геотуризму, якими головно є відслонення гірських порід, прояви небезпечних геологічних процесів тощо. Усі вони перебувають під постійним впливом широкого спектра агентів звітрювання і можуть суттєво змінювати свій стан і стійкість у часі та просторі, створюючи загрози для туристів, потребують вивчення будови, складу, стійкості скельного масиву та гарантування їхньої безпеки.

Аналіз досліджень. Урицькі скелі є важливою складовою частиною історико-культурного заповідника «Густань». Його дослідження проводило широке коло фахівців різного професійного спрямування: історики, археологи, архітектори, геологи та географи. Історико-археологічні й архітектурні проблеми висвітлені в наукових працях [11; 14 та ін.]. Питання генези, умов накопичення відкладів ямненської світи, а також мінералого-геохімічні особливості піщаних конкрецій у них подано в публікаціях [5–8]. Питання тафономії наскельного мистецтва розкриваються в [1; 2, 13 та ін.]. Вплив криптогам на розвиток процесів звітрювання порід розглянуто у [12]. У [3; 4] проаналізовано склад, стан та інженерно-геологічні властивості скельного масиву.

Метою досліджень було оцінювання будови, складу та стану скельного масиву та розроблення рекомендацій щодо їхнього збереження.

Для досягнення поставленої мети виконано польове маршрутне обстеження території, візуальний опис порід, відібрано 15 зразків непорушеної структури, визначено склад, водно-фізичні та фізико-механічні властивості та тріщинуватість породного масиву, проведено мікроскопічне вивчення. Проби відібрано з різних частин скельного масиву та порід різного ступеня звітрілості. За виготовленими шліфами визначено мінеральний склад уламкової частини, гранулометричну розмірність, тип цементації, ступінь обкатаності частинок, склад і тип цементу, структуру. Щільність порід визначено методом зважування у воді, міцність – шляхом одновісного стиснення взірців кубічної форми зі стороною п'ять сантиметрів у насиченому водою стані.

Дослідженнями встановлено, що Урицькі скелі – це мальовничий скельний комплекс, представлений ерозійними останцями відкладів ямненської світи раннього палеогену орієнтовним віком 55 млн років і загальною висотою понад 50 м [9]. У геоструктурному відношенні вони розташовані у Скибових Карпатах, зокрема в межах Орівської скиби. У морфоструктурному відношенні – у межах Східницько-Ямельницької морфоструктури.

Скельні виходи простежуються у вигляді двох паралельних пасом, які простягаються з північного заходу на південний схід під кутом 320° [4]. Масив має складну внутрішню будову і містить низку окремих каменів (Великий Камінь, Малий Камінь, Окремий Камінь, Велике Крило, Мале Крило) різного розміру, форми і висоти. По суті це складні тривимірні геологічні тіла із субвертикальним заляганням і прямовисними стінками різної експозиції та крутизни. Загальний вигляд скель подано на рис. 1.

Виклад основного матеріалу.

Мікроскопічне вивчення окремих літологічних відмін порід

Зразок 1 (Південно-східна частина Великого Каменю). Гравеліт – алевро-пісковик. Порода жовто-буруватого кольору та масивної текстури, слабо зцементована. За співвідношенням уламків різної розмірності наближається до гравеліту. Нерівномірний розподіл псамітової фракції зумовлює переходи від гравеліту до алевро-пісковіку.

Структура породи псамітова завдяки розміру уламків, який становить 1–5 мм. Представлені вони зернами тріщинуватого або монолітного кварцу, кварцитовидної породи й аргіліту. Ступінь обкатаності уламків кварцу високий, аргіліту – середній. Об'єм псефітової фракції становить від 40–45 до більше ніж 50%. Переважають псефітові зерна кварцу.



Рис. 1. Загальний вигляд Урицьких скель із боку с. Урич

Структура наповнювача алевро-псамітова, розміри зерен змінюються від $<0,10$ до $0,25\text{--}0,30$ мм. Загалом ступінь обкатаності від низького (необкатані зерна) до середнього (слабко обкатані зерна). Щодо кількісного співвідношення алевро-пелітової та псамітової фракцій, то переважає остання. Мінеральний склад наповнювача майже мономінеральний кварцовий, присутня невелика кількість зерен глауконіту, слюди та рудного мінералу. Не виключається присутність вуглефікованих мікроскопічних уламків. Цементация наповнювача і породи загалом типу стиснення (вдавлювання), що зумовлює слабкий ступінь зцементованості породи, яка за невеликого зусилля розтирається в руках. Мікрофотографія породи показана на рис. 2.

Зразок 2 (Великий Камінь). Алевро-пісковик із домішкою гравійних уламків. Текстура масивна, колір світло-бурий до бурувато-жовтого. Зцементованість породи слабка, за невеликого зусилля вона розтирається пальцями.

Під мікроскопом структура псефо-алевро-псамітова, через (у порядку кількісного зростання) присутність уламків різного гранулометричного класу: >1 мм, $<0,1$ і $0,1\text{--}1,0$ мм. Мінеральний склад визначається переважанням ($>95\%$) кварцових зерен, присутні поодинокі зерна кварцитовидних порід, рудних мінералів, слюди та глауконіту. Порода може утворювати взаємні переходи до різновиду, який описаний вище (зразок 1), утворюючи переходи до фрагментів гравеліту, де алевро-псамітова частина породи виконує роль наповнювача. Ступінь обкатаності псефітових уламків найвищий і зменшується зі зменшенням розміру уламків. Цементация типу стиснення (здавлювання). У зв'язку з таким типом цементации пористість висока. На межі з аргілітовими уламками псефітової розмірності спостерігається присутність контактено-порового цементу глинисто-залізного складу. Особливості структури та складу породи зображено на рис. 3.

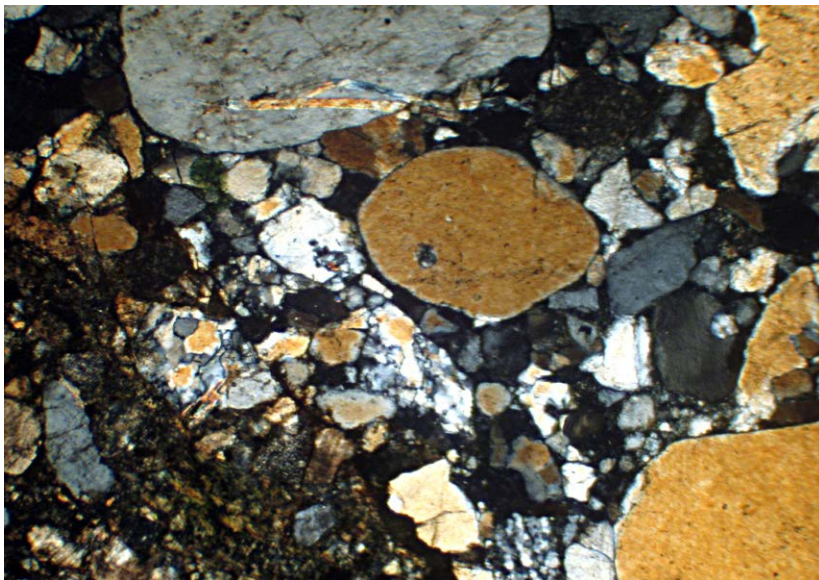


Рис. 2. Мікрофотографія гравеліту з алевро-псамітовим наповнювачем.
Ширина поля становить 2,5 мм, ніколі схрещені

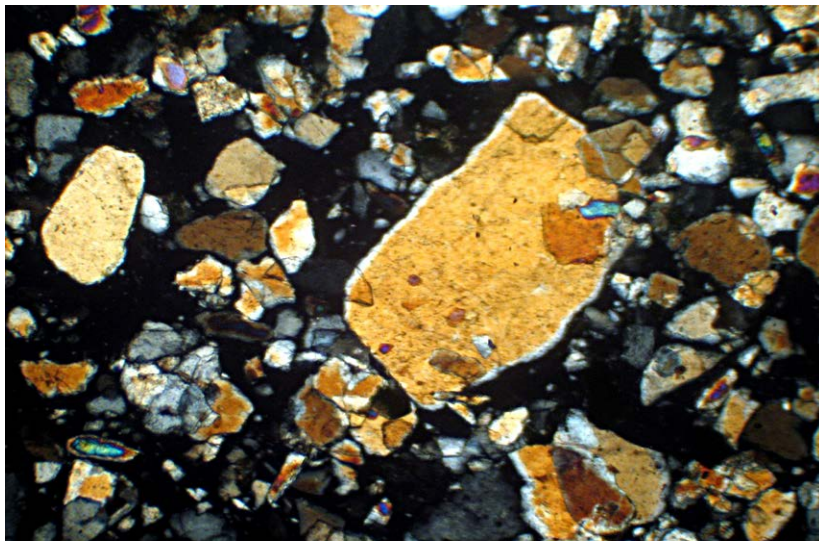


Рис. 3. Мікрофотографія алевро-пісковіку. Ширина поля становить 2,5 мм,
ніколі схрещені

Зразок 3 (Окремий Камінь). Пісковик мономінеральний кварцовий, дрібно- та середньозернистий. Ступінь сортованості мінливий – від задовільного до низького. Текстура масивна, колір цегляно-бурий, однорідний завдяки озалізненню. Встановлено, що порода характеризується мономінеральним кварцовим складом. Розмірність зерен становить 0,1–0,3 мм. Ознаки обкатаності для зерен найменшого розміру практично відсутні. Окрім кварцу, присутні окремі зерна рудного мінералу, слюди, глауконіту, фауністичні рештки (форамініфери).

Цемент карбонатний, перекристалізований, поширений у вигляді пойкилітового типу з переходом до плівкового, пористість у породи низька, а точніше, відсутня. Особливості структури та мінерального складу показано на рис. 4.

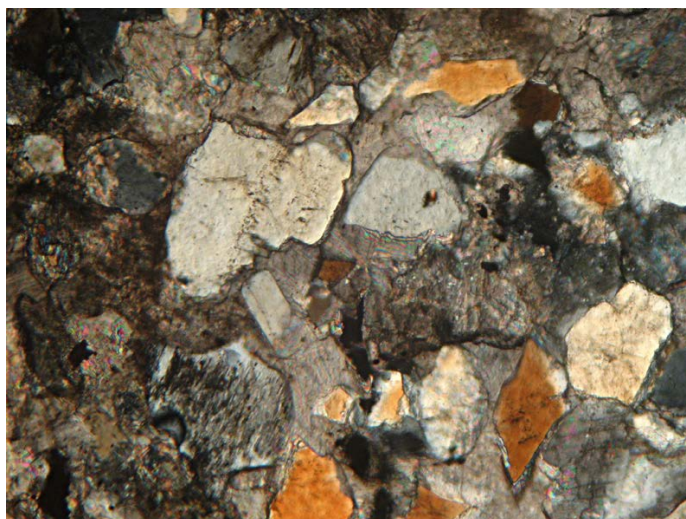


Рис. 4. Мікрофотографія пісковика мономінерального, кварцового, дрібно- та середньозернистого з карбонатним базальним (пойкилітовим) цементом. Ширина поля – 0,85 мм, ніколі схрещені

Зразок 4 (Велике Крило). Пісковик сірувато-бурий, майже мономінеральний, кварцовий, дрібно- та крупнозернистий, несортований.

Під мікроскопом встановлено, що структура псамітова, нерівномірно зерниста, дрібно- та крупнозерниста. Порода слабо сортована. Ступінь обкатаності середній.

Мінеральний склад: суттєво переважають кварцові зерна, поодинокі уламки аргілітів, зерен рудного і глауконіту.

Цементация типу стиснення (здавлювання), у зв'язку із чим порода пориста. Особливості структури та мінерального складу показано на рис. 5.

Аналіз отриманих даних засвідчив, що скельний масив складений неоднорідними за літологічним складом породами, серед яких виділяються три основні літологічні відміни:

- гравеліти;
- дрібно-середньозернисті кварцові пісковики з домішкою гравійного матеріалу до 10%;
- відносно однорідні дрібнозернисті та середньозернисті кварцові пісковики практично без домішок.

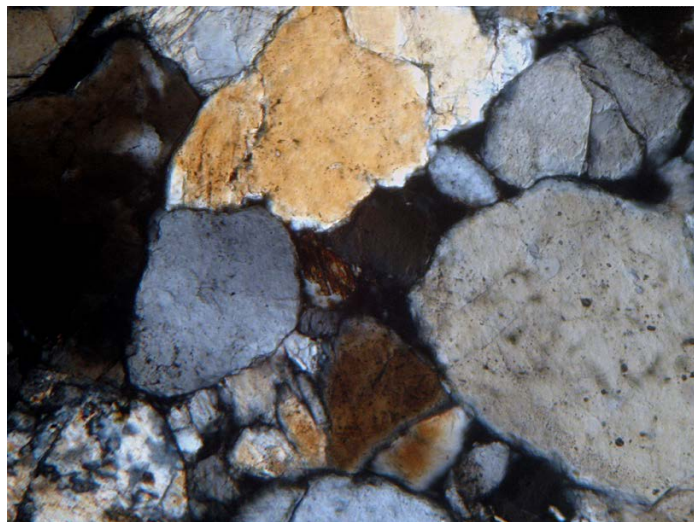


Рис. 5. Мікрофотографія мономінерального пісковика, несортованого, нерівномірнозернистого, дрібно- та крупнозернистого. Ширина поля – 0,85 мм, ніколі схрещені

Варто зауважити, що в породному масиві часто спостерігаються взаємопереходи від гравеліту, де тонкодисперсна (алевро-псамітова) складова частина відіграє роль наповнювача між гравійними зернами до дрібно-середньозернистого алевро-пісковика та пісковика. Частинки породи зазвичай погано сортовані, середнього та низького ступеня обкатаності. Структура псамітова й алевро-псамітова.

Підвищена літологічна неоднорідність порід, особливо гравелітів і гравійоватих пісковиків, сприяє формуванню на їхній поверхні оригінальної стільникової структури звітрювання. Вона проявляється у вигляді численних округлих заглиблень, розділених порівняно тонкими кам'яними стінками, які загалом нагадують бджолині стільники (рис. 6).



Рис. 6. Стільникова структура звітрювання гравелітів (Великий Камінь)

Фізико-механічні властивості порід

Вивчення фізико-механічних властивостей порід досліджуваного масиву проводилося на пробах непорушеної структури. Проби відбирано з різних літологічних відмін порід і різного ступеня звітрілості. Усього було відібрано 15 проб. У лабораторних умовах вивчалися щільність породи (об'ємна вага), пористість, водопоглинання й опір на одновісне стиснення за повне насичення породи водою. Щільність породи визначалася методом зважування у воді (ДСТУ Б В.2.1-17:2009), пористість – розрахунковим шляхом, водопоглинання – шляхом насичення водою висушених за температури 105 ° до постійної ваги зразків порід, опір одновісному стисненню, згідно з ДСТУ Б В.2.1-4-96, методом руйнування зрізів кубічної форми зі стороною 5 см за допомогою гідравлічного преса.

Аналіз даних визначення щільності порід показав, що вона змінюється в досить широкому діапазоні – від 2,06 до 2,30 г/см³. Найменше за абсолютною величиною значення характеризує сильно звітрілий гравеліт, відібраний із південно-східної частини Великого Каменю. Дещо вищі значення (2,17, 2,19 г/см³) притаманні менш звітрілим пісковикам із домішкою гравію. Найвищою щільністю, яка досягає 2,30 г/см³, характеризуються менш звітрілі пісковики Великого, Окремого, Малого Каменю та Малого і Великого Крила. Щільність породи значною мірою пов'язана з її пористістю. У міру зменшення пористості зростає її щільність. Порівняння отриманих даних із результатами визначення щільності пісковиків інших регіонів Українських Карпат показало, що абсолютні значення цього показника для незвітрілих їхніх відмін становлять 2,55–2,67 г/см³.

Пористість залежить, з одного боку, від структури породи, типу і складу цементу, з іншого – від ступеня її звітрілості.

Пористість досліджуваних порід є досить високою. Згідно із класифікацією скельних порід, за пористістю вони належать до середньо- та високопористих. За абсолютними значеннями вона змінюється від 13 до 22%. Висока пористість зумовлена передусім специфічним типом цементу – типу стиснення, а також ступенем звітрілості. Як показало мікроскопічне вивчення порід і оцінювання водопоглинання, вони характеризуються закритим типом пор. Пересічне співвідношення відкритих і закритих пор 1:3. Найвищі та найнижчі значення пористості порід тісно корелюють з їхньою щільністю.

Водопоглинання є вкрай важливою характеристикою скельних порід. Вона дозволяє оцінювати величину її відкритої пористості, ступінь розм'якчуваності за насичення водою, опірність до звітрювання загалом і морозного зокрема. Як показали дослідження, діапазон коливання величини водопоглинання невеликий. Вона змінюється від 4 до 9%. Незважаючи на достатній ступінь звітрілості досліджуваних зразків, породи належать до маловодопоглинальних. Сказане дає підставу говорити про досить високу стійкість порід до агентів фізичного звітрювання. Незначна водопоглинальність породи не дозволяє проникати волозі вглиб породного масиву. Унаслідок цього розвиток процесів звітрювання відбувається головним чином у приповерхневій його частині та по тріщинах. Такого типу звітрювання проявляється у вигляді тонкошаруватого відлущування породи. Сказане не виключає більш глибокого звітрювання скельного масиву під впливом інших агентів, зокрема температурного та біологічного.

Тимчасовий опір на одновісне стиснення порід змінюється в надзвичайно широкому діапазоні – від 0,3 до 22,3 МПа. Зразок із найнижчим значенням опору належить до категорії порід із дуже низькою міцністю, з найвищою – до середньоміцних.

На цей показник істотно впливають структурно-текстурні особливості, характер цементації, тип цементу, а також ступінь звітрілості порід. Провідну роль за однакових інших умов відіграє ступінь звітрілості. У дослідженій серії зразків найнижчий опір мають найбільш звітрілі як гравеліти, так і пісковики. Загалом, незважаючи на значний

ступінь зв'язності, породи характеризуються високими значеннями показника міцності, який пересічно становить 10,8 МПа.

Тріщинуватість скельного масиву відіграє ключову роль у формуванні структури та багатьох властивостей скельних масивів.

Вона впливає на міцність порід, характер і величину їхньої деформованості, водопроникність, водопоглинання, швидкість розвитку процесів зв'язування, сейсмічну стійкість.

Як показали польові спостереження, досліджуваний скельний масив характеризується складною системою тріщин.

За комплексом ознак тут виділено такі їхні генетичні типи:

- тектонічні тріщини;
- тріщини нашарування та первинної окреомості;
- тріщини бортового відпору;
- тріщини зв'язування.

Тектонічні тріщини розвиваються у скельних масивах під впливом зусиль стискання та розтягування, що перевищують межу міцності порід.

Характерною особливістю тріщин цього типу є їхня висока витриманість за простяганням і глибиною, формування певних систем тріщин.

На досліджуваній ділянці до цього типу віднесена система субпаралельних тріщин, що розтинають породний масив на окремі блоки і простягаються з південного сходу на північний захід з азимутом 300–320° і кутом падіння 65–85°. Тріщини мають головно рівну, рідше хвилясту поверхню, часто вкриті гідроксидами феруму, зі слідами обробки текучою водою. Тріщини переважно відкриті. Ширина їх розкриття змінюється від декількох сантиметрів до декількох десятків сантиметрів. У південно-східній торцевій частині Великого Каменю і північно-західній частині Окремого Каменю ці тріщини сильно розширені водою, що по них циркулює (можливо, частково людиною?), з утворенням гrotів завширшки 0,6–0,8 м і висотою 1,5–2,0 м (рис. 7).

Тектонічні тріщини сприятливі для накопичення снігу і є основними шляхами циркуляції атмосферних вод, починаючи від вершини скель до їхнього підніжжя. У багатьох місцях у цих тріщинах накопичується дрібнозем, росте трава та чагарники, які сприяють утриманню вологи й активному зв'язуванню порід. У південно-західній частині Великого і Малого Каменів відчленовані цими тріщинами блоки породи перебувають у стані нестійкої рівноваги та потребують розроблення та реалізації заходів з їхньої стабілізації.

Тріщини нашарування та первинної окреомості пов'язані з розвитком процесів седиментації та діагенезу осадків. Вони розбивають досліджуваний породний масив на субгоризонтальні та субвертикальні блоки різної товщини – від 0,5–1,0 до 2,0 м і більше. У результаті цього формується своєрідна товстопризматична (матрацеподібна) окремість (рис. 8).

Особливо чітко тріщини нашарування виявляються на ділянках активного зв'язування порід. Ці тріщини здебільшого закриті, часто виповнені матеріалом, який має значно меншу опірність впливу агентів зв'язування. Завдяки цьому по їхньому простягання утворюються добре виражені, різного розміру, лінійно витягнуті заглиблення, які із часом суттєво зменшують площу опирання блоків та істотно впливають на їхню стійкість.

На тектонічно непорушених ділянках ці тріщини залягають майже горизонтально. У місцях суттєвого порушення первинного залягання шарів вони нахилені під різними кутами. За горизонтального положення тріщин їхня роль у формуванні стійкості незначна. У міру його збільшення вона суттєво зростає.



Рис. 7. Серія тектонічних тріщин (Великий Камінь)

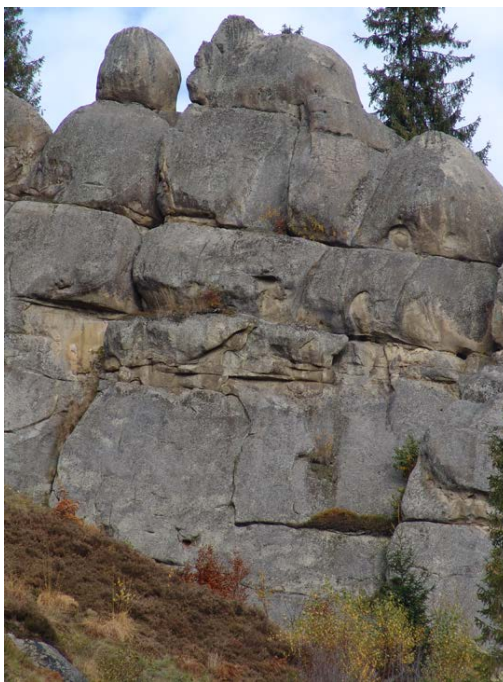


Рис. 8. Тріщини нашарування, вражені тріщинами звігрювання

У породах Великого Крила вони нахилені у бік схилу під кутом 5–10°. Натомість тріщина цього ж генетичного типу, що обмежує вершинний блок порід Окремого Каменю, має нахил у бік дитинця більше 20° і несе потенційну небезпеку його зміщення. Аналогічна ситуація має місце і на привершинній поверхні Великого Каменю.

Тріщини бортового відпору (розвантаження) утворюються внаслідок зміни напруженого стану породного масиву під час формування ерозійних врізів, чи ерозійних останців. Вони часто утворюються по тріщинах іншої генези. Найважливішою їхньою діагностичною ознакою є відкритість, яка зменшується вглиб масиву.

Тріщини цього типу розтинають досліджуваний породний масив під невеликим кутом до основного напрямку його простягання. Завдяки утворенню тріщин розвантаження відколовся від основного масиву Окремий Камінь, утворились Мале Крило, Малий Камінь і низка блоків порід меншого розміру в південно-східній частині Великого Крила й у межах Мале Крила.

Завдяки активному розвитку процесів звітрювання в місцях локалізації цих тріщин усі вони суттєво розширені агентами звітрювання і сприяють подальшому активному руйнуванню породи.

Тріщини звітрювання виникають унаслідок руйнування породи під впливом коливання температури, води, водних розчинів, коренів рослин і організмів. Особливо активно розтріскування порід відбувається під час їхнього замерзання і розмерзання. Ці тріщини утворюються у приповерхневій частині породного масиву. Біля поверхні вони майже завжди відкриті. З віддаленням від поверхні переходять у закриті та цілком зникають. Тріщинами звітрювання, більшою або меншою мірою, вражені практично всі ділянки скель. В одних випадках вони простежуються паралельно поверхні брил і забезпечують відшарування та вилушування породи. Утворення таких тріщин відбувається через просочування атмосферних вод у приповерхневі шари породи і її замерзання. В інших місцях вони розтинають близькі від поверхні шари породи під різними кутами, чим і сприяють відколюванню та падінню уламків. Їх утворення зумовлене передусім наявністю літологічних неоднорідностей у масиві порід.

Найбільш враженими тріщинами звітрювання є вершинні та привершинні поверхні скель, їхні виступи, які є найсприятливішими для потрапляння в них вологи та найбільш активного розвитку процесів звітрювання.

У підсумку варто зауважити, що на більшості ділянок спостерігається не одна, а декілька парагенетично пов'язаних одна з одною систем тріщин, наявність яких суттєво впливає на стійкість скельного масиву.

Під постійним впливом комплексу агентів звітрювання ступінь тріщинуватості порід постійно зростає в часі, що, у свою чергу, відображається на постійних змінах його стану та зниженні стійкості.

Висновки та перспективи подальшого дослідження

1. Урицькі скелі – це ерозійний останець відкладів ямненської світи раннього палеогену, віком приблизно 55 млн років.

2. Літологічно скелі складені строкатим комплексом порід, який містить гравеліти, дрібно-середньозернисті пісковики з домішкою гравійного матеріалу та дрібно-середньозернисті масивні кварцові пісковики практично без домішок.

3. Характерною особливістю будови порід є переважання цементу типу стиснення, завдяки якому породи відносно легко піддаються звітрюванню.

4. Породи характеризуються досить високою пористістю (13–22%), за цією ознакою належать до середньо- та високопористих. Дві третини їхнього об'єму займають закриті пори. Відкрита пористість зазвичай становить 5%.

5. Незначний об'єм відкритих пор зумовлює низьку водопоглинальну здатність порід, що деякою мірою підвищує їхню опірність до впливу агентів звітрювання.

6. Міцність порід, незважаючи на значний ступінь звітрілості, є досить високою. Середнє значення опору на одновісне стиснення перевищує 10 МПа.

7. Породний масив розбитий складною полігенетичною системою тріщин: тектонічних, нашарування та первинної окреомості, бортового відпору, звітрювання.

8. Тектонічні тріщини є сприятливими місцями для накопичення снігу та циркуляції атмосферних вод починаючи від вершини скель до їх підніжжя. У багатьох місцях у цих тріщинах накопичується дрібнозем, ростуть трава та чагарники, які сприяють утриманню вологи й активному звітрюванню порід. У південно-західній частині Великого і Малого Каменів відокремлені цими тріщинами блоки породи перебувають у стані нестійкої рівноваги і потребують розроблення та реалізації заходів з їхньої стабілізації.

9. Тріщини нашарування та бортового відпору розбивають породний масив на субгоризонтальні та субвертикальні блоки завтовшки від 0,5–1,0 до 2,0 м і більше. Ділянки, де під вершинними блоками знаходяться тріщини нашарування, нахилені під кутом понад 20°, несуть потенційну загрозу їхній стійкості та потребують заходів зі стабілізації процесів звітрювання (Окремий Камінь, блок породи праворуч від воріт, вершинний блок порід на південно-західному боці Великого Каменю).

10. Найбільш враженими тріщинами звітрювання є вершинні та привершинні поверхні скель і їхні виступи, які є найсприятливішими для потрапляння в них вологи та найбільш активного розвитку процесів звітрювання.

11. Високий ступінь враженості скельного масиву полігенетичною системою тріщин суттєво понижує його сейсмічну стійкість і до реалізації заходів із підвищення його стійкості потребує корегування туристичних маршрутів, прокладених поблизу скель, що нависають.

12. З метою стабілізації темпів розвитку процесів звітрювання необхідно очистити тріщини та розщелини в породах від дрібнозему та рослин, а нестійкі, невеликі за об'ємом уламки породи цілком видалити. Тріщини у вершинних та блоках порід, що виступають, які є місцями накопичення та проникнення атмосферних вод углиб породного масиву, підлягають пломбуванню.

13. Найбільш небезпечні ділянки потребують додаткового, спеціального вивчення, оцінювання їхньої стійкості та розроблення проєктів підсилення.

14. Для забезпечення туристів доцільно організувати службу постійного спостереження за стійкістю блоків порід.

15. Заборонити проведення екскурсій під час сильних вітрів, буревіїв, зливових дощів.

16. Не допускати проведення будь-яких вибухових робіт поблизу скельного масиву.

17. У найбільш небезпечних місцях треба встановити застережні вказівники.

З огляду на постійні зміни стану та зменшення стійкості скельного масиву під впливом агентів звітрювання, треба продовжити його дослідження. Особливу увагу необхідно звернути на вивчення тріщинуватості у важкодоступних вершинних і привершинних ділянках скель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бандрівський М. Методика і перспективи дослідження наскельних рельєфів і петрогліфів Урича. *Фортеця* : збірник заповідника «Густань». Львів, 2012. Кн. 2. С. 60–73.
2. Бандрівський М. Про «поганські камені» в Карпатах. *Археологія*. Київ, 1989. № 3. 109–116.

3. Оцінка стану породного масиву «Урицькі скелі» – важлива складова безпечної геотуристичної діяльності / П. Волошин та ін. *Геотуризм: практика і досвід* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 25–28 квітня 2024 р., Львів. Львів : Каменяр, 2024. С. 52–53.
4. Волошин П. Інженерно-геологічний аналіз пам'яток неживої природи історико-культурного заповідника «Тустань». *Фортеця* : збірник заповідника «Тустань». Львів, 2012. Кн. II. С. 82–89.
5. Гавришків Г., Жуков С. Мінералогія і геохімія піскуватих конкрецій ямненської світи палеоцену Українських Карпат. *Мінералогічний збірник*. 2009. № 59. Вип. 1. С. 75–81.
6. Гавришків Г., Поп І. Піщані конкреції в палеогенових пісковиках ямненської світи Українських Карпат. *Тези доповідей наукової конференції, присвяченої 60-річчю геолог. ф-ту Львівського національного ун-ту ім. І. Франка, м. Львів, 19–20 жовтня 2005 р.* Львів, 2005. Т. 1. С. 22–23.
7. Гравітити скельного комплексу «Урицькі скелі» / Л. Генералова та ін. *Геотуризм: практика і досвід* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 25–28 квітня 2024 р., м. Львів. Львів : Каменяр, 2024. С. 53–55.
8. Генералова Л., Байрак Г. Літодинамічні чинники екзогенного процесотворення на скелях історико-культурного заповідника «Тустань». *Геотуризм: практика і досвід* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 25–28 квітня 2024 р., м. Львів. Львів : Каменяр, 2024. С. 115–117.
9. Геологічні пам'ятки України : у 3 т. / В. Безвинний та ін. ; за ред. В. Калініна та ін. Київ : ДІА, 2006. Т. 1. 320 с.
10. Про туризм : Закон України від 15.09.1996 р. № 324/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 31. 241 с.
11. Миська Р., Погоральський Я. Нові дослідження археологічного комплексу Тустані. *Фортеця* : збірник заповідника «Тустань». Львів, 2012. Кн. 2. С. 21–41.
12. Криптограми скельного комплексу «Урицькі скелі»: біодеструктори чи біопротектори? / М. Рагуліна та ін. *Геотуризм: практика і досвід* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 25–28 квітня 2024 р., м. Львів. Львів : Каменяр, 2024. С. 117–119.
13. Рідуш Б. Тафономія наскельного мистецтва Карпат та Подністер'я. *Фортеця* : збірник заповідника «Тустань». Львів, 2012. Кн. 2. С. 74–81.
14. Рожко М. Тустань – давньоруська наскельна фортеця. Київ : Наукова думка, 1996. 272 с.
15. Торянин В., Джинджоян В. Безпека туризму : навчальний посібник / за заг. ред. О. Негодченка. Дніпро : ВНПЗ «ДГУ», 2018. 284 с.

REFERENCES

1. Bandrivskiy, M. (2012). Metodyka i perspektyvy doslidzhennia naskelnykh reliefiv i petrohlifiv Urycha [Methodology and perspectives of the study of rock reliefs and petroglyphs of Urych]. *Fortetsia: zbirnyk zapovidnyka "Tustan"*. Lviv [Kn. 2]. P. 60–73 [in Ukrainian].
2. Bandrivskiy, M.S. (1989). Pro "pohanski kameni" v Karpatakh [About «pogan stones» in the Carpathians]. *Archeology*. Kyiv, № 3. P. 109–116 [in Ukrainian].
3. Voloshyn, P., Kremin, N., Knysh, I., Marusiak, V. (2024). Otsinka stanu porodnoho masyvu "Urytski skeli" – vazhlyva skladova bezpechnoi heoturystychnoi diialnosti [Assessment of the state of the rock massif "Urytsky Skeli" as an important component of safe geotourism activity]. *Geotourism: praktyka i dosvid*. Materialy VI Mizhnar. nauk.-prakt. konferentsii (25–28 kvitnia 2024, Lviv). Lviv: Kameniar. P. 52–53 [in Ukrainian].
4. Voloshyn, P. (2012). Inzhenerno-heolohichniy analiz pamiatok nezhyvoi pryrody istoryko-kulturnoho zapovidnyka "Tustan" [Engineering and geological analysis of monuments

- of inanimate nature of the historical and cultural reserve “Tustan”]. *Fortetsia: zbirnyk zapovidnyka “Tustan”*. Lviv, [Kn. II]. P. 82–89 [in Ukrainian].
5. Havryshkiv, H., Zhukov, S. (2009). Mineralohiia i heokhimiia piskuvatykh konkretnykh yamnenskoï svity paleotsenu Ukrainskykh Karpat [Mineralogy and geochemistry of sandy nodules of the Paleocene Yamnenian formation of the Ukrainian Carpathians]. *Mineralohichnyi zbirnyk [Mineralogical collection]. № 59. Issue 1. P. 75–81 [in Ukrainian].*
 6. Havryshkiv, H., Pop, I. (2005). Pishchani konkretnykh v paleohenovykh piskovykakh yamnenskoï svity Ukrainskykh Karpat [Sand concretions in the Paleogene sandstones of the Yamnen Formation of the Ukrainian Carpathians]. *Tezy dopovidei naukovoï konferentsii, prysviachenoï 60-richchiu heoloh. f-tu Lvivskoho natsionalnoho un-tu im. I. Franka* (Lviv, 19–20 zhovtnia 2005). Lviv, T. 1. P. 22–23 [in Ukrainian].
 7. Heneralova, L., Borniak, U., Lavryshyn, I. (2024). Gravities of the rock complex “Urytski Skeli” (Ukrainian Carpathians) [Hravityty skelnoho kompleksu “Urytski skeli”]. *Geotourism: praktyka i dosvid. Materialy VI Mizhnar. nauk.-prakt. konferentsii (25–28 kvitnia 2024, Lviv)*. Lviv: Kameniar. P. 53–55 [in Ukrainian].
 8. Heneralova, L., Bairak, H. (2024). Litodynamichni chynnyky ekzogennoho protsesotvorennia na skeliakh istoryko-kulturnoho zapovidnyka “Tustan” [Lithodynamic factors of exogenous process formation on the rocks of the historical and cultural reserve “Tustan”]. *Geotourism: praktyka i dosvid. Materialy VI mizhnar. nauk.-prakt. konferentsii (25–28 kvitnia 2024, Lviv)*. Lviv: Kameniar, P. 115–117 [in Ukrainian].
 9. Bezvynnyi, V.P., Biletskyi, S.V. Bobrov, O.B., and other (2006). Heolohichni pamiatky Ukrainy [Geological sights of Ukraine] / Za red. V.I. Kalinina, D.S. Hurskoho, I.V. Antakovoï: u 3 t. Kyiv: DIA, Volume 1. 320 p. [in Ukrainian].
 10. The Law of Ukraine “On Tourism” dated September 15, 1996 № 324/95-VR. Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. 1995. № 31. 241 p. [in Ukrainian].
 11. Myska, R., Pohoralskyi, Ya. (2012). Novi doslidzhennia arkhheolohichnoho kompleksu Tustani [New studies of the Tustani archaeological complex]. *Fortetsia: zbirnyk zapovidnyka “Tustan”*. Lviv [Kn. 2]. P. 21–41 [in Ukrainian].
 12. Rahulina, M., Borniak, U., Orlov, O., Lavryshyn, I. (2024). Kryptohramy skelnoho kompleksu “Urytski Skeli”: biodestruktory chy bioprotektory? [Cryptogams of rock complex “Urytski Skeli”: biodeteriorators or bioprotectors?]. *Geotourism: praktyka i dosvid. Materialy VI mizhnar. nauk.-prakt. konferentsii (25–28 kvitnia 2024, Lviv)*. Lviv: Kameniar, P. 117–119 [in Ukrainian].
 13. Ridush, B. (2012). Tafonomiia naskelnoho mystetstva Karpat ta Podnisteria [Taphonomy of rock art of the Carpathians and Transnistria]. *Fortetsia: zbirnyk zapovidnyka “Tustan”*. Lviv [Kn. 2]. P. 74–81 [in Ukrainian].
 14. Rozhko, M.F. (1996). Tustan – davnoruska naskelna fortetsia [Tustan – an ancient Russian rock fortress] Kyiv. Naukova dumka. 272 p. [in Ukrainian].
 15. Torianyn, V.M., Dzhyndzhoian, V.V. (2018). Bezpeka turyzmu [Safety of tourism]. Navch. posib. za zah. red. doktora yurydychnykh nauk, profesora, zasluzhеноho yurysta Ukrainy O.V. Nehodchenka. Dnipro: VNPZ “DHU”. 284 p. [in Ukrainian].

ENGINEERING AND GEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE URYTCH ROCKS

**Petro Voloshyn, Nadiya Kremin,
Ivan Knysh, Valentyna Marusyak**

*Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevsky str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
e-mail: petro.woloshyn@gmail.com; nadya710@gmail.com;
olando@ukr.net; marusyak_v@ukr.net*

The article presents a comprehensive engineering and geological description of the Urytch Rocks and evaluates their condition. It has been established that this is an erosional remnant of the deposits of the Yamne region of the early Paleogene, which is under the influence of a wide range of reporting agents, which constantly change its condition and stability, creating certain threats for tourists.

According to their lithological composition, the rocks of the Urytch Rocks are represented by gravelites, fine-medium-grained quartz sandstones with an admixture of gravel material, and relatively homogeneous fine- and medium-grained quartz sandstones with almost no impurities. The rock particles are mainly poorly sorted with a medium and low degree of rolling, composed mainly of quartz grains with a minor admixture of glauconite, mica and ore minerals. The rocks are dominated by a specific type of compression cement, which causes a fairly high closed porosity and low water absorption capacity.

The density of rocks varies in a fairly wide range from 2,06 to 2,30 g/cm³. The smallest values in terms of absolute value are characteristic of the most brittle rocks, with a decrease in the degree of brittleness, the density increases significantly. The porosity of the studied rocks is quite high – 13–22%. Pores are mostly closed. The average ratio of open and closed pores is 1:3. Water absorption of various lithological differences varies from 4 to 9% and characterizes them as poorly water-absorbing, which may indicate a fairly high resistance of rocks to the influence of physical weathering agents.

The strength characteristics of rocks (temporary resistance to uniaxial compression) vary in an extremely wide range from 0,3 to 22,3 MPa. In general, the rocks are characterized by high values of the strength index, which is 10,8 MPa on average.

The leading role in the formation of the stability of the rock massif is played by its fissures and the constant increase in the degree of fracture. Based on the set of features, the following genetic types are distinguished here: tectonic cracks; layering and primary separation cracks; cracks in the on-board resistance; weathering cracks.

The high degree of impact of the rock massif by the polygenetic system of cracks significantly reduces its stability and requires the adjustment of tourist routes, and the installation of warning signs in the most dangerous places.

Key words: Urytch Rocks, mineralogical and petrographic composition of rocks, engineering and geological properties of rocks, stability of rock massif.