

СУЧАСНА МОРФОДИНАМІКА РЕЛЬЄФУ В КАР'ЄРАХ КРИСТАЛІЧНИХ ПОРІД СЕРЕДНЬОГО ПОБУЖЖЯ

Метою дослідження є характеристика сучасної морфодинаміки у кар'єрах кристалічних порід Середнього Побужжя (Гніванський, Сабарівські, Новосинявський кар'єри). Використано загальногеографічні та геоморфологічні методи досліджень. До загальногеографічних належать картографічний і дистанційний, до геоморфологічних – морфографічний, морфометричний і морфодинамічний методи. Серед антропогенних процесів у гранітних кар'єрах Середнього Побужжя можна виокремити головні та другорядні (головні створюють головні елементи і форми рельєфу кар'єрів і відвалів; другорядні ускладнюють структуру антропогенного рельєфу). До головних антропогенних процесів належать: 1) вибухові роботи у кар'єрах; 2) вибір подрібненої породи екскаваторами; 3) утворення розкривних уступів; 4) утворення гідровідвалів та дамби обвалування; 5) насипання відвалів розкривних товщ; 6) відвалоутворення у межах переробних заводів; 7) утворення і зміна кар'єрних доріг. Антропогенно зумовлені процеси представлені здебільшого двома групами процесів: гравітаційними і водно-ерозійними. Гравітаційні процеси поширені на стінках кар'єрів і схилах насипів. До цих процесів належать обвали, осипи та вивали – передусім на горизонтах твердих кристалічних порід, а також зсуви – на горизонтах пухких покривних порід. Водно-ерозійні процеси представлені лінійною та площинною ерозією. Вони поширені у верхніх частинах стінок кар'єрів, де розкрито уступи пухких покривних порід, та на схилах відвалів розкривних порід і переробних заводів. Площинна ерозія трапляється у вигляді тотального і дрібноструменевого змиву та акумуляції в підніжжях уступів і схилів насипів. Лінійна ерозія полягає в утворенні вимоїн і невеликих ярів, достатньо коротких, зі значним ухилом поздовжнього профілю. Вперше виокремлено й охарактеризовано головні та другорядні антропогенні геоморфологічні процеси для гірничопромислових територій. На основі власних польових досліджень вивчено антропогенно зумовлені процеси у кар'єрах кристалічних порід. У регіональному плані вперше досліджено сучасні геоморфологічні процеси у кар'єрах Середнього Побужжя. Практична значущість виконаних досліджень полягає у тому, що їх результати можуть слугувати основою для прогнозування антропогенних та антропогенно зумовлених процесів у межах кар'єрів.

Ключові слова: сучасна морфодинаміка, антропогенні процеси, антропогенно зумовлені процеси, антропогенний рельєф, кар'єри кристалічних порід, Середнє Побужжя.

Вступ

Сучасна морфодинаміка (сучасні геоморфологічні процеси) у кар'єрах є частиною досліджень антропогенної геоморфології, а саме антропогенної морфодинаміки. Їхня головна особливість – повна або часткова антропогенна зумовленість процесів. Відповідно, виокремлюють дві групи процесів: антропогенні й антропогенно зумовлені (або природно-антропогенні) [Ковальчук, Колтун та ін., 2012]. Антропогенні процеси виникають внаслідок безпосереднього антропогенного чинника, вони можуть бути денудаційними або акумулятивними. Видами антропогенних процесів, які містять денудаційну та акумулятивну складові, є планування (вирівнювання) і терасування. Вони формують головні додатні та від'ємні антропогенні форми рельєфу.

Антропогенно зумовлені процеси виникають на антропогенних елементах рельєфу, але підпо-

рядковані законам саморозвитку рельєфу. Під час розвитку кар'єрів антропогенні форми рельєфу змінюються під дією антропогенно спричинених процесів і виникають значно менші за розмірами форми рельєфу. Ці процеси поділяють за генезисом на гравітаційні (обвальні, осипні, зсувні), водно-ерозійні (лінійна і площинна ерозія), карстово-суфозійні, еолові, абразійні та інші. Процеси у кар'єрах кристалічних порід характеризуються більшим значенням власне гравітаційних процесів (обвальних, осипних), що пов'язано передусім із літологією видобувної сировини. Антропогенно зумовлені процеси створюють певні форми рельєфу (ерозійні борозни, яри, конуси винесення, делювіальні шлейфи, обвальні-осипні конуси і шлейфи, стінки відриву зсуву, зсувні тіла тощо). Їх розміри невеликі, особливо порівняно із власне антропогенними формами, але поширення дуже значне. Зауважимо, що у гранітних кар'єрах різноманітність антропогенно зумовлених проце-

сів, а відповідно і форм, які вони створюють, збільшується у напрямку до денної поверхні. Це пояснюється наявністю у верхніх горизонтах кар'єрів пухких покривних порід, на які істотно діють різні рельєфотвірні чинники.

Аналіз останніх публікацій. Сучасну морфодинаміку кар'єрів досліджують порівняно недавно, починаючи із 70–80-х років ХХ ст. Публікації з цієї тематики можна розділити на окремі групи: 1) поняття і типи антропогенних і природно-антропогенних процесів [Ковальчук, Колтун, 2012; Горішний, 2018; Horishnyj & Halaiko, 2019; Денисик, Задорожня, 2013]; 2) процеси у кар'єрно-відвальних комплексах у геоморфологічних та інших географічних наукових працях [Денисик, Война, 2013; Dávid, 2008, 2012; Boengiu, ... 2016; Горішний, Павельчук, 2019; Іванов, 2007, 2017; Павельчук, 2021, 2023a, b; Horishnyj & Halaiko, 2018; Duchnowska, 2022; Mossa J., & James L. A., 2013; Zarychta R., Zarychta A. & Bzdega K., 2020]; 3) антропогенні геоморфологічні процеси у технічних науках як технологічні процеси під час відкритих гірничих робіт [Відкриті гірничі роботи ..., 2020, Дриженко, 2014, Коробійчук, 2019].

Серед цих робіт виокремимо монографію С. Горшкова [Horishnyj & Halaiko, 2019], в якій зокрема запропоновано поняття антропогенної денудації й антропогенної акумуляції. Вагомий внесок у розвиток наукової думки про морфодинаміку гірничо-промислових територій зробила В. Фірсенкова [Горішний, 2018]. Вона запропонувала широкий спектр форм, створених різними геоморфологічними процесами (водно-ерозійними, зсувними, еоловими тощо), виділила основні стадії інтенсивності зсувних та ерозійних процесів, вперше побудувала морфодинамічні карти кар'єрно-відвальних комплексів у великих масштабах (1:5 000).

Переважає більшість публікацій стосується дослідження сучасної морфодинаміки у піщаних, вапнякових і глиняних кар'єрах. Сучасні геоморфологічні процеси у кар'єрах кристалічних порід досліджено у небагатьох публікаціях [Павельчук, 2021, 2023a, b; Горішний, Павельчук, 2019], частково [Dávid, 2008, 2012].

Об'єктами наших досліджень були гранітні кар'єри: Гніванський, Сабарівський західний, Сабарівський східний (усі – Вінницька область) та Новосинявський гранітний кар'єр (Хмельницька область) (рис. 1).

Мета роботи

Мета роботи – охарактеризувати сучасну морфодинаміку рельєфу в кар'єрах кристалічних порід Середнього Побужжя.

Методика

Вихідними матеріалами для написання цієї статті були польові геоморфологічні дослідження Гніванського, Новосинявського і Сабарівських

кар'єрів у 2014–2016, 2021, 2023 рр., плани розвитку гірничих робіт і плани рекультивції окремих кар'єрів, маркшейдерські матеріали, космозображення із ресурсу Google Earth Pro.

У роботі використано загальногеографічні та геоморфологічні методи досліджень. До загальногеографічних належать картографічний і дистанційний методи. Картографічний метод полягає в опрацюванні маркшейдерських матеріалів окремих кар'єрів у масштабі 1:2 000–1:5 000. Дистанційний метод передбачав аналіз різночасових космозображень середовища Google Earth Pro високої роздільної якості для ідентифікації елементів і форм рельєфу кар'єрів, простеження динаміки антропогенних процесів.

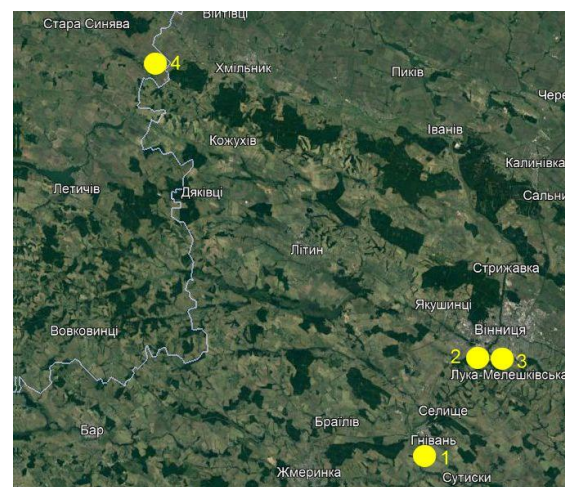


Рис. 1. Розташування досліджуваних кар'єрів Середнього Побужжя

Цифрами на карті позначено кар'єри:

- 1 – Гніванський; 2 – Сабарівський західний (діє);
- 3 – Сабарівський східний (відпрацьований);
- 4 – Новосинявський.

До геоморфологічних можна зарахувати морфографічний, морфометричний і морфодинамічний методи. Морфографічний метод полягав в описанні окремих елементів і форм рельєфу, створених антропогенними і природно-антропогенними процесами. Морфометричний метод використано для визначення кількісних (метричних і кутових) характеристик рельєфу кар'єрів у польових умовах та у результаті опрацювання топопланів і космозображень. Завдання морфодинамічного методу – вивчення поширення, типів, розвитку антропогенних та антропогенно зумовлених процесів і форм, створених цими процесами у кар'єрно-відвальних комплексах.

Результати

Загальна характеристика досліджуваної території. Середнє Побужжя займає центральну (середню) частину басейну р. Південний Буг [Денисик, 2002]. З тектонічного погляду Середнє По-

бужжя – частина басейну річки Південний Буг, розташована у межах Українського щита (с. Костянтинівка Хмельницької області – м. Олександрівка Миколаївської області); з геоморфологічного (за Л. Стефанковим) [Горішний, Павельчук, 2019] – від м. Вінниці до м. Олександрівки Миколаївської області, з ландшафтознавчого (за Г. Денисом) [Денисик, 2014] – від північних околиць м. Вінниці до м. Первомайська. Ще одне трактування меж Середнього Побужжя, за яким воно охоплює частину басейну річки Південний Буг від с. Костянтинів (межа Хмельницької та Вінницької областей) до м. Гайворон (межа Вінницької та Кіровоградської областей), запропонував Л. Стефанков [Горішний, Павельчук, 2019]. У нашій статті Середнє Побужжя виокремлено на основі фізико-географічного районування України [Маринич та ін., 2009]. Досліджувана територія належить до Середньобузької височинної області (від гирла р. Вовк до гирла р. Дохна).

У геологічній будові району виявлено докембрійські кристалічні породи, продукти їх руйнування (кору вивітрювання), неогенові відклади і породи четвертинного віку. До архейських утворень належить серія гнейсів, основні й ультраосновні породи, а також породи подільського чарнокітового комплексу. Кора вивітрювання кристалічних порід представлена первинними каолінами і порушеною слабокаоїлізованою жорсткою. Породи неогену широко розвинені, це кольорові глини нерозчленованого середньо- і верхньосарматського підярусу і породи балтійської світи, представлені пісками, глинами, пісковиками і суглинками. Відклади четвертинного віку покривають майже всю територію. В їхньому складі виділяють флювіогляціальні, алювіальні, солові, делювіальні й елювіальні утворення, які літологічно представлені суглинками, глинами, пісками. Потужність їх коливається від 1–3 м до 10–15 м [Пейкре, 1984].

За геоморфологічним районуванням [Палієнко, Барщевський, 2009] територія Середнього Побужжя розташована у межах двох геоморфологічних областей: Волино-Подільської області пластово-денудаційних височин і Придніпровсько-Приазовської області пластово-денудаційних цокольних височин та низовин. Волино-Подільська область представлена однією геоморфологічною підобластю – Балтською акумулятивно-денудаційною давньодельтовою рівниною на неогенових відкладах, Придніпровсько-Приазовська область – двома підобластями: Західнопридніпровською пластово-денудаційною рівниною на палеогенових і неогенових відкладах та Центральнопридніпровською денудаційною височиною на неогенових і палеогенових відкладах і докембрійських породах.

Рельєф кар'єрів. Гніванський гранітний кар'єр розташований на лівому березі р. Південний Буг, 0,5 км на захід від міста Гнівань Вінницького

району Вінницької області. У 1957 р. Витавське родовище кристалічних порід було детально розвідане, через два роки на його основі розпочалося розроблення Гніванського кар'єру, яке триває дотепер. Відповідно до морфологічної класифікації гранітних кар'єрів [Павельчук, 2021] Гніванський кар'єр глибокий, багатокутної форми у плані, трапецієподібний і багатоуступний у профілі. Морфометричні характеристики кар'єрно-відвального комплексу: максимальна довжина з півночі на південь (ураховуючи відвали розкривних товщ) – 1800 м, максимальна довжина кар'єрної виїмки з півночі на південь – 1400 м, максимальна ширина із заходу на схід – 900 м, глибина нині становить близько 105 м [Павельчук, 2023b]. Гірничі роботи здійснюють двома розкривними та шістьма видобувними уступами. Висота видобувних уступів становить 15 м. Вироблений рельєф представлений днищем та стінками. Днище має складну геометричну форму витягнутого з півночі на південь багатокутника. Поверхня днища плоска, внутрішніх відвалів немає. У днищі Гніванського кар'єру прокладено водовідвідний канал та наявний водозбірний зумпф. Стінки характеризуються східчастою формою у профілі. Вони приблизно однакові за висотою та крутістю. Найбільші відмінності у будові стінок є у верхніх частинах, що представлені уступами розкривних товщ. Насипний рельєф кар'єру репрезентований відвалами розкривних товщ та відвалами переробних заводів. Усі вони розміщені за межами кар'єрної виїмки і, відповідно, є зовнішніми відвалами. Відвали розкривних товщ рекультивовані (стійкі та штучно заліснені).

Сабарівський гранітний кар'єр (Сабарівський західний) розташований на південній околиці міста Вінниці на правому березі р. Південний Буг. Кар'єр діє, граніт видобувають з 1958 р. Сабарівський кар'єр глибокий, прямокутної форми у плані, трапецієподібний і малоуступний у профілі. Максимальна довжина кар'єрної виїмки становить 620 м, ширина – 370 м, глибина – 54 м. Гірничі роботи здійснюють одним розкривним і трьома видобувними уступами. Висота видобувних уступів – 14 м. Вироблений рельєф складається із днища кар'єру, берм, уступів розкривної товщі та робочих уступів [Горішний, Павельчук, 2019]. Форма днища наближена до прямокутника. Форма поверхні днища загалом вирівняна. Днище обмежують малозмінені відпрацьовані північна, західна і східна стінки, західна частина південної стінки кар'єру й істотно змінена східна частина південної стінки. Малозмінені стінки сформовані одним розкривним і трьома видобувними уступами. Берми розміщені між уступами різних рівнів. Їхня максимальна ширина становить 50 м. Насипний рельєф Сабарівського кар'єру представлений переважно зовнішніми відвалами розкривних товщ. Вони не мають єдиного місця локалізації. Форма відвалів терасоподібна і валоподібна. Відвали роз-

кривних товщ рекультивовані, здійснена суцільна лісомеліорація. Внутрішні відвали, які не характеризуються значним поширенням та великою потужністю, розміщені у днищі кар'єру.

Відпрацьований Сабарівський гранітний кар'єр (Сабарівський східний) розташований на лівому березі р. Південний Буг (Сабарівського водосховища) вище від греблі Сабарівської ГЕС. Це кар'єр незамкненої форми у плані, неглибокий та одноступний. Розроблення кристалічних порід у кар'єрі велось упродовж будівництва Сабарівської гідроелектростанції (50-ті роки XX ст.). Кар'єр у формі амфітеатру прилягає до Сабарівського лісу, а його днище контактує із береговою лінією Сабарівського водосховища. Днище кар'єру виположене, у ньому є поодинокі брили гранітів. Максимальна ширина днища становить 70 м. Стінки – круті, майже вертикальні, заввишки 12–17 м [Кізюн, 2019]. У підніжжі стінок простежуються обвальні-осипні шлейфи великої потужності, задерновані та подекуди заліснені.

Новосинявський гранітний кар'єр розташований за 1 км на південний схід від с. Нова Синявка Хмельницького району Хмельницької області, на правому березі річки Південний Буг. Новосинявське родовище розробляли у 1958–2012 рр. З 2012 р. Новосинявський гранітний кар'єр тимчасово не діяв, але з 2019 р. після розконсервації продовжує працювати. Новосинявський кар'єр неглибокий, прямокутної форми у плані, трапецієподібний, малоуступний у профілі. Розміри кар'єрної виїмки: довжина – 270 м, ширина – 235 м. На 2021 р. будова днища кар'єру була складною. В його складі можна виокремити днище давнього кар'єру, із меншими відмітками абсолютних висот (південна частина), північно-східна частина днища представлена першим від денної поверхні робочим горизонтом корисної копалини, розкритим до законсервування, та північно-західна частина – розкрита під час сучасного розроблення. Висота стінок кар'єру досягає 20 м. Найчіткіше простежуються стінки у південно-західній частині кар'єру, їх висота поступово зменшується в північному напрямку. У верхній частині найвищої стінки наявні два уступу розкривних товщ. Акумулятивні форми рельєфу Новосинявського кар'єрно-відвального комплексу представлені давніми та сучасними відвалами розкривних товщ, а також різночасовими насипами подрібненого граніту. Сучасний відвал розкривних товщ сформований на північ від виїмки, має видовжену форму: завдовжки близько 200 м та завширшки 100 м. Залишки давніх насипів сортувально-подрібнювальних установок розташовані на захід від кар'єру, столоподібної форми, переважно видовжені. Відвали з південно-західної частини кар'єрно-відвального комплексу практично повністю вивезено, територія їх розташування задерновується [Павельчук, 2023а].

Сучасні геоморфологічні процеси у гранітних кар'єрах Середнього Побужжя поділяють на дві групи: антропогенні й антропогенно зумовлені. Серед **антропогенних процесів** можна виокремити головні та другорядні або макро- і мезопроцеси (головні процеси створюють найбільші (головні) елементи і форми рельєфу кар'єрів і відвалів; другорядні ускладнюють структуру антропогенного рельєфу). За генезисом ці процеси денудаційні (антропогенна денудація) та акумулятивні (антропогенна акумуляція).

До головних антропогенних процесів належать

1) вибухові роботи у кар'єрах; 2) виймання подрібненої породи екскаваторами; 3) утворення розкривних уступів; 4) утворення гідровідвалів та дамби обвалування; 5) насипання відвалів розкривних товщ; 6) відвалоутворення у межах переробних заводів; 7) утворення і зміна кар'єрних доріг.

Вибухові (підривні) роботи є вихідними (початковими) антропогенними процесами у кар'єрах. Їх планують згідно з технічними завданнями розроблення родовища за допомогою зарядів розпушення [Коробійчук та ін., 2020]. У гранітних кар'єрах використовують свердловинні заряди під час уступної відбійки. Сліди від свердловинних зарядів у вигляді довгих вертикальних вузьких заглиблень помітні на стінках Сабарівського і Гніванського кар'єрів (рис. 2). У результаті вибухових робіт утворюється висаджена маса у вигляді уламкового схилу із кутом природного укосу (рис. 3).



Рис. 2. Сліди свердловинних зарядів на уступі відпрацьованого Сабарівського кар'єру.



Рис. 3. Висаджена вибуховими роботами маса порід, яку вибирають екскаваторами у Гніванському кар'єрі.

Наступним після вибухових робіт важливим антропогенним процесом є *виймання зруйнованих порід екскаваторами*, які можуть одночасно працювати на декількох горизонтах у різних частинах кар'єрів (див. рис. 3). Це головний процес антропогенної денудації. На час проведення польових досліджень у Гніванському кар'єрі екскаватори працювали у його північно-східній і південній частинах. Виконуючи такі роботи, стінки кар'єру звільняють від подрібненої породи і готують до подальших вибухових робіт.

Утворення уступів покривних порід. Розкривні уступи утворені екскаваторами та іншою кар'єрною технікою. У досліджених кар'єрах ці товщі переважно представлені суглинками (деколи із карбонатними породами), пісками, глинами загальною потужністю до 10–13 м [Пейкре, 1984; Сивак, Коваль, 2015a, b; Крадожон, 2019]. Уступи розкривної товщі – зазвичай найдавніші елементи рельєфу кар'єрів, оскільки вони найактивніше утворювались на початку розроблення родовища. Із розширенням площ Сабарівського, Гніванського та Новосинявського кар'єрів утворились нові уступи розкривної товщі. Висота уступів становить від 7 до 9 м. Розкривні уступи інколи складаються з двох менших уступів, розділених горизонтальною чи слабконахиленою поверхнею берми. Форма розкривних уступів у профілі переважно увігнута, інколи близька до прямої. Крутість схилів різниться: від слабконахилених поверхонь (до 15°) до виразних уступів (50–70°). Такі морфологічні особливості уступів спричинені подальшими змінами – гравітаційними та ерозійними природно-антропогенними процесами, які розглянемо далі. Деякі уступи розкривної товщі знищені просуванням робочих уступів, які лежать нижче. Внаслідок цього утворюються уступи, які складаються із покривних і видобувних порід.

Утворення гідровідвалів та дамб обвалування належать до давніх антропогенних процесів. У Гніванському кар'єрі гідровідвал намитий у 1959–1964 рр. і в 1976 р. Він розташований на першій надзаплавній терасі р. Південний Буг за 100–120 м південніше від кар'єру. Площа, зайнята гідровідвалом, має вигляд прямокутника зі сторонами 800×400 м. Абсолютні відмітки поверхні гідровідвалу – 239,5–238,0 м. Потужність намитих порід коливається в межах від 0,5–1,0 м до 4,0–6,0 м. У гідровідвал складували у середньому 150–400 тис. м³ породи за рік. Намив 1976 р. сформований у північно-східній частині майданчика біля дамби обвалування. Гідровідвали складаються із супісків, пісків, суглинків і глин. Переважають у гідровідвалах пилуваті легкі й важкі супіски, які становлять 32 % від всієї маси відвалу, 28 % – дрібні й

пилуваті піски і по 20 % – суглинки і глини. У порід гідровідвалу лінзоподібне залягання і чітко виражена тонкошарувата структура [Велікін, Петліченко і Кіліжевський, 1977].

Навколо гідровідвалів частково звели огорожувальну дамбу, щоб збільшити їх приймальну здатність. Дамбу зведено до позначок 243,0–245,0 м. Ширина дамби по верху становила 25–40 м по низу 40–60 м, кути зовнішніх відкосів 30–40°. Дамбу обвалування зведено бульдозерами. У нижніх частинах (на висоту 2–5 м) дамба складена породами наміву 1959–1964 рр. із супісків, суглинків, глин і пісків. У верхніх частинах дамба відсипана привезеним ґрунтом та розкривними породами – суглинками, жорствою, щебенем жорствяного каоліну й уламками звіреного граніту. На гідровідвалах лежить сухий відвал розкривних товщ [Велікін та ін., 1977].

Насипання відвалів розкривних товщ відбувається за межами кар'єрів. Вони простягаються паралельно до уступів кар'єрів або локалізовані в окремих місцях. У першому випадку утворюються витягнуті валоподібні насипні форми, у другому – плато- і конусоподібні складні форми різної висоти.

У Гніванському кар'єрі відвали розкривних товщ розміщені за південною та західною межами. Сухі відвали розкривних товщ переважно платоподібної форми. Їх висота – 15–22 м. Особливою (валоподібною) формою відрізняється відвал, витягнутий вздовж річки Південний Буг (розташований за західною межею кар'єру). Його відкоси сформовані унаслідок вільного осипання порід одним ярусом. Форма відкосів у профілі близька до прямолінійної. Мінеральний склад розкривних товщ характеризується неоднорідністю (первинні каоліни, каолінізована жорства і щебінь, вивітрений граніт, суглинки і глини). Будова відвалу шарувата. Схили відвалу із вільним осипанням мають кути нахилу 35–38°, а там, де в масі відвалу переважають щебінь, жорства і уламки вивіреного граніту, кути сягають 40–43° [Велікін та ін., 1977].

У Сабарівському кар'єрі відвали розкривних товщ простягаються переривчастою смугою вздовж річки Південний Буг (за межами південної стінки) та локалізовані у доволі значному масиві за західною межею кар'єру. Форма відвалів терасоподібна і валоподібна. Терасоподібні відвали розміщені на захід від кар'єру і частково з його східного боку. Форма всіх інших відвалів розкривних товщ – валоподібна витягнута. Висота сухого відвалу становить 10–15 м. Форма відкосів у профілі близька до прямолінійної. Мінеральний склад розкривних товщ характеризується неоднорідністю: суглинки з карбонатними породами, бурі глини, вивітрений граніт. Структура відвалу шарувата. Крутість відкосів відвалу за вільного осипання 35–38°, місцями вони сягають 40–45° (якщо у масі відвалу переважають щебінь, жорства та уламки вивіреного граніту).

Утворення відвалів переробних заводів. Переробні (дробильно-сортувальні) заводи створюють

поблизу кар'єрів або на невеликій відстані від них. За східною межею Сабарівського кар'єру розташований невеликий переробний завод, який виробляє гранітний щебінь. У результаті його роботи виникають відвали конічної і платоподібної форми. Одні форми стабільні, інші ростуть, змінюються або повністю зникають у результаті вторинної антропогенної денудації насипів. Розміри форм (на 2022 р.) невеликі: довжина – 60–85 м, ширина – 20–40 м.

На північ від Гніванського кар'єру на відстані 1 км розташований переробний завод, до якого підведена залізнична гілка для вивезення щебеню. Він розташований поблизу відпрацьованого та затопленого (у 1975–1980 рр.) кар'єру. Розміри цього кар'єру – 320×180 м. За останні роки його майже повністю заповнили відходами від виробництва (до того була глибока водойма). Схили відвалу зовсім не задерновані, розчленовані дрібними борознами, утвореними внаслідок лінійної ерозії та площинного змиву. Форма відвалів переробних заводів – платоподібна.

Антропогенним процесом із денудаційною та акумулятивною складовими є *утворення і зміна кар'єрних доріг*. Це шляхи вивезення гірської породи, що з'єднують різні горизонти кар'єру (берми та днище). За генезисом ці антропогенні форми бувають денудаційно-акумулятивними або денудаційними. Автодороги певного горизонту – це транспортні берми, горизонтальні поверхні різної ширини, обмежені уступами кар'єру. У ході розроблення родовища кар'єрні дороги трансформуються залежно від напрямку розвитку кар'єру. Найскладніша мережа кар'єрних доріг у Гніванському кар'єрі. Можна виокремити головну дорогу, яка пролягає від в'їзду у кар'єр і з'єднує усі видобувні горизонти із двома з'їздами у його днище (рис. 4).



Рис. 4. Головна кар'єрна дорога, яка з'єднує різні горизонти і днище (Гніванський кар'єр).

До другорядних антропогенних процесів належать: 1) зрізання (вирівнювання) у днищі кар'єру і на бермах; 2) утворення насипів у днищі і на широких бермах; 3) терасування і вирівнювання (планування) насипів; 4) створення запобіжних валів на кар'єрних дорогах; 5) будівництво водовідвідних каналів у днищі кар'єру.

Зрізання у днищі та на бермах належить до процесів антропогенної денудації. За допомогою спеціальної техніки (бульдозерів, скреперів тощо)

у межах субгоризонтальних поверхонь кар'єрів (днище, берми) зрізають нерівності денудаційної поверхні, яка утворюється після виконання вибухових робіт і вибору породи екскаваторами. Висота зрізання незначна (до декількох десятків сантиметрів), але їх площа доволі велика, особливо у днищах кар'єрів.

Утворення насипів у днищі й на бермах. Форми, які утворюються внаслідок цих процесів, належать до внутрішніх відвалів. Загалом таких форм у досліджених кар'єрах дуже мало, що пов'язано з технологією видобування. Вони тимчасові, через якийсь час їх вивозять з кар'єру або переміщують. Зовсім небагато таких насипів у днищі. На час польових досліджень (липень 2023 р.) у днищі Гніванського кар'єру їх взагалі не було, у Сабарівському кар'єрі помічено чотири купи насипів заввишки до 2 м. Більше насипних форм трапляється на бермах. У Гніванському кар'єрі вони зосереджені у південній частині кар'єру на широких бермах верхніх горизонтів. У південно-західній частині кар'єру на поверхні п'ятого горизонту зафіксовано декілька насипів. Тут розташовані два насипи великоуламкового матеріалу: менший – біля підніжжя давнього уступу, більший – навпроти першого, який простягається вздовж дороги. Окремі уламки досягають до 1,5 м у діаметрі. За 60 м від великоуламкових відвалів розташований насип порід розкривної товщі (пісок, суглинки, жорства мігматитів) заввишки до 7 м (рис. 5).



Рис. 5. Утворення насипів на бермі Гніванського кар'єру (на передньому плані – великоуламковий відвал, на задньому плані – відвал розкривних товщ).

Терасування і планування насипів відбувається після насипання зовнішніх відвалів (розкривних товщ, переробних заводів). Ці антропогенні процеси здійснювали доволі часто, особливо на початку експлуатації кар'єру, коли знімали шар покритих порід. Такі роботи безпосередньо пов'язані із заходами з рекультивації відвалів на етапі технічної рекультивації. На південь від Гніванського кар'єру значні площі зовнішніх відвалів були рекультивовані [Павельчук, 2023b]. Під час рекультивації площ, зайнятих відвалом, кути їх відкосів не перевищували 25°.

Створення запобіжних валів на кар'єрних дорогах. З метою безпеки руху автотранспорту в кар'єрах будують запобіжні вали на дорогах, які пролягають по бермах або з'єднують різні гори-

занти. У Гніванському кар'єрі вони складені переважно великими уламками мігматитів. Запобіжні вали розташовані із зовнішнього краю кар'єрних доріг заввишки до 2 м (рис. 6).



Рис. 6. Запобіжний вал на кар'єрній дорозі (південна частина Гніванського кар'єру).

Водовідвідні канали у днищі кар'єру будують для збирання і відведення поверхневих і підземних вод, які виходять на денну поверхню. З цією метою у кожному кар'єрі також побудовано зумпф значної місткості: у Сабарівському кар'єрі – 400 м³, у Гніванському – 600 м³. Водовідвідний канал у Гніванському кар'єрі розташований у північній його частині та спрямований у північно-західний кут днища. Він обмежений невеликими насипами, переважно з південного боку.

Антропогенно зумовлені процеси представлені здебільшого двома групами процесів: гравітаційними і водно-ерозійними.

Гравітаційні процеси поширені на стінках кар'єрів і схилах насипів. Товщі кристалічних порід досліджуваних кар'єрів притаманна значна тріщинуватість, що, разом із дією техногенних чинників (підривні роботи для дрібнення породи, переміщення гірських порід технікою) та фізичним, хімічним і біологічним вивітрюванням, слугують важливим допоміжним фактором для гравітаційних процесів. Антропогенно зумовлені гравітаційні процеси представлені обвалами, осипами та вивалами – більшою мірою на горизонтах твердих кристалічних порід, а також зсувами на горизонтах пухких покривних порід. Внаслідок цих процесів виникають окремі форми рельєфу: обвальні-осипні конуси і шлейфи; поодинокі брили гранітів (мігматитів), ніші вивалів та карнизи на уступах кар'єру; стінки відриву зсувів та зсувні тіла.

Обвали та осипи в гранітних кар'єрах можна розглядати окремо і комплексно, як *обвальні-осипні процеси*, унаслідок дії яких уламки порід різних фракцій переносяться вниз по крутих незадернованих стінках кар'єрів. Ці процеси формують обвальні-осипні конуси та шлейфи, що розташовані у підніжжі уступів, на бермах та у днищах кар'єрів. Такі форми рельєфу в гранітних кар'єрах можуть бути складені уламками гранітів різних фракцій, звітряними гранітами, жорсткою з шару звітрянних гранітів, пухкими породами з шарів покривних порід. Залежно від складу порід,

крутизни та висоти стінок, тріщинуватості породи (для горизонтів кристалічних порід), віку стінок, дії прямого техногенного впливу, швидкість утворення та поширення обвальні-осипних форм змінюється. Активність утворення цих форм з часом згасає, оскільки на стінках зменшується кількість нестабільних уламків порід, що легко піддаються гравітаційним процесам, схили шлейфів задерновуються та заліснюються. Однак їхнє утворення не припиняється навіть у давніх відпрацьованих кар'єрах. Через вивітрювання утворюються нові нестабільні ділянки експонованих гірських порід, які під дією гравітаційних процесів переносяться у конуси та шлейфи. Обвальні-осипні шлейфи різної потужності утворюються на різних за формою у плані (прямих, випуклих та увігнутих) стінках, істотно поширені в межах кар'єрної виїмки, вони формують обвальні-осипні схили заввишки до декількох метрів та завдовжки десятки метрів. На зигзагоподібних стінках між кам'яними стовпами утворюються обвальні-осипні конуси.

Для свіжих та порівняно свіжих стінок гранітних кар'єрів характерний активний розвиток обвальні-осипних процесів, що спостерігається в робочих Гніванському, Сабарівському та Новосинявському кар'єрах. Наприклад, у північній частині західної стінки Гніванського кар'єру (рис. 7) спостерігається утворення обвальні-осипних форм рельєфу. Відклади, які утворюють ці форми рельєфу, розташовані на декількох рівнях: верхньому, середньому – нижче від транспортної берми, і нижньому – у підніжжі стінки. Ці процеси спричинені як природним обвалюванням та осипанням гранітів, внаслідок втрати стійкості порід та вивітрювання, так і насипанням подрібненої породи у середній частині схилу, що відбувалося унаслідок вибору матеріалу у верхній частині стінки, з метою розширення та укріплення транспортної берми та скидання його вниз по схилу. Відповідно, під дією комплексу факторів різноуламковий матеріал переноситься з верхніх рівнів на нижні, внаслідок чого активно утворюються обвальні-осипні форми рельєфу. Свіжі обвальні-осипні конуси та шлейфи складені погано сортованим нещільним матеріалом, нестабільні та незадерновані.

Сильно вивітрені тріщинуваті породи на стінках кар'єрів масово зазнають дії обвальні-осипних процесів. Зигзагоподібна у плані форма уступів з виступами і впадинами сприяє певній локалізації обвальні-осипних конусів, які приурочені до впадин (рис. 8). Частим явищем у гранітних кар'єрах та ще одним фактором збільшення дії обвальні-осипних процесів є підрізання берм, яке спричиняє зменшення їхньої ширини або їхнє повне знищення. Унаслідок цього уламковий матеріал переноситься вниз по стінці, немає місця для його затримки та складування або вони невеликі, тому він рухається далі до днища, захоплюючи інші уламки порід на своєму шляху. З часом матеріал в обвальні-осипних конусах та шлейфах пересортовується та ущільнюється, починається його задернування.



Рис. 7. Сучасний активний розвиток осипних процесів у північній частині західної стінки Гніванського кар'єру.



Рис. 8. Обвальні-осипні конуси на зигзагоподібному уступі (Гніванський кар'єр).

Одноступні стінки гранітних кар'єрів характеризуються наявністю обвальні-осипного шлейфу, заввишки декілька метрів, біля підніжжя. Будова цих шлейфів така: в основі – уламки кристалічних порід кар'єру різних розмірів та звітрені граніти, щільно пересипані пухкими породами з розкривних горизонтів (суглинки, глини, каоліни тощо). Залежно від часу існування цих форм відбувається ущільнення порід, якими вони складені, задернування та проростання поодиноких дерев на схилах.

З часом, коли згасають гравітаційні процеси та немає прямого техногенного впливу, зменшується кут нахилу обвальні-осипних конусів та шлейфів і вони стабілізуються. Давні конуси та шлейфи щільні за текстурою, переважно задерновані та, подекуди, заліснені. Широко представлений у досліджуваних гранітних кар'єрах такий вид антропогенно зумовлених гравітаційних процесів, як *вивали*. Це один із різновидів обвальних процесів. Унаслідок цього процесу на стінках кар'єрів утворюються ніші та карнизи (рис. 9), а у днищах та на бермах кар'єрів – поодинокі брили кристалічних порід розміром до декількох метрів. Вивалам монолітних брил гранітів (мігматитів) сприяють значна вертикальна та горизонтальна тріщинуватість кристалічних порід та підірвні роботи у кар'єрах (рис. 10). Неподрібнена суцільна брила породи, що залишилася після вибуху на стінці, може бути первинно відокремлена незначними тріщинами. Унаслідок підрізання та втрати опори,

розширення тріщин під дією вивітрювання та гравітаційних процесів відбувається вивалювання брили. Цей процес спостерігається і у кар'єрах, що діють, і у відпрацьованих, він доволі непередбачуваний і, відповідно, небезпечний.



Рис. 9. Ніші та карнизи на стінці давнього відпрацьованого Сабарівського кар'єру.



Рис. 10. Місце можливого вивалювання брили на стінці давнього відпрацьованого Сабарівського кар'єру.

Зсувні процеси у гранітних кар'єрах можна простежити на уступах розкривних горизонтів пухких покривних порід, на горизонті звітрених гранітів (скельна покрівля) та у верхній частині видобувних уступів. Унаслідок зсувних процесів утворюються такі форми рельєфу, як стінки відривання та зсувні тіла. На відміну від обвальні-осипних процесів, під час зсувів не відбувається абсолютної втрати контакту між зсувним тілом, що зміщується, і нерухомою стінкою відривання. Зсувні деформації характеризуються повільним розвитком із можливим швидким зміщенням масиву порід надалі. До техногенних чинників, які сприяють зсувним процесам у кар'єрах, зараховуємо підрізання (розроблення) горизонтів порід, що спричиняє втрату стійкості; здійснення буропідірвних робіт; вібрації під час роботи двигунів, обладнання та транспортування породи автосамоскидами. До природних чинників належать надмірне зволоження пухких порід дощовими і талими водами, а також тріщинуватість твердих кристалічних порід, які залягають нижче.

У Гніванському кар'єрі зсуви відбувалися у верхніх частинах північно-східної та західної стінок. Їх форми та розміри різні. У східній частині північної стінки кар'єру на найвищому видо-

бувному уступі поряд розташовані дві циркоподібні форми – стінки відриву зсувів (рис. 11). Їх ширина по прямій – приблизно 20 м та 30 м. На стінках відривання поширені уламки кристалічних порід дрібного та середнього розміру, а також суглинки жовтуватого кольору. Нижче, у скельній стінці, простежується вертикальна площина, яка є поверхнею тріщини, по якій відбувався зсув. Зсувні тіла представлені сильно вивітреною породою з окремими уламками мігматитів та породами покривних горизонтів. Оскільки між першим та другим, а подекуди першим, другим та третім видобувними уступами у східній частині північної стінки кар'єру немає берм (унаслідок їхнього підрізання), матеріал, із якого складались зсувні тіла, під дією інших гравітаційних процесів зноситься вниз по схилу, утворюючи осип. Стінки відривання зсувів частково задерновані, на них ростуть невеликі дерева, що свідчить про вік форм (декілька років).



Рис. 11. Стінки відриву зсувів циркоподібної форми (Гніванський кар'єр).

У південній частині західної стінки Гніванського кар'єру розташоване зсувне тіло великих розмірів, сформоване піском і суглинками (рис. 12). Його ширина становить близько 60 м, висота – понад 30 м. Цей зсув захопив відклади покривних товщ, а зсувне тіло накрило перший і другий видобувні уступи та зупинилося на природній підпорі – бермі третього видобувного уступу. Зсувний процес активно тривав до 2014 р. упродовж декількох років, нині рух призупинений, спостерігається значна задернованість поверхні.



Рис. 12. Великий зсув, що охоплює декілька горизонтів (Гніванський кар'єр).

Зсувні процеси спостерігаються також у Сабарівському гранітному кар'єрі. Верхній уступ кар'єру складений жовто-бурими та палево-жовтими суглинками та бурими глинами, вивітреними гранітами та жорствою [Горішний, Павельчук, 2019]. У повному обсязі він представлений на північній стінці кар'єру. У східній частині північної стінки Сабарівського кар'єру уступ на 2/3 сформований сильно вивітреними гранітами, його верхня частина – лесоподібними суглинками, де помітна стінка відривання зсуву. Схил характеризується значною крутизною і загальною випуклою формою, що слугувало допоміжними факторами зсувного процесу.

Під час польових досліджень активні зсувні процеси ми не спостерігали, однак приклади давніх зсувів дають підставу для висновку, що цей процес відбувається як у гранітних кар'єрах, які діють, так і у відпрацьованих. Це підтверджують зсувні процеси у давньому відпрацьованому Сабарівському кар'єрі, де у верхній частині стінки при брівці відбувся зсув-осип, який захопив пухкі покривні відклади. Як наслідок, у підніжжі вертикальної стінки є зсувне тіло, яке переважно складається із суглинків з дрібними уламками кристалічних порід. Його задернованість незначна, що свідчить про порівняно недавнє утворення форми, тобто після відпрацювання кар'єру.

Водно-ерозійні процеси представлені лінійною та площинною ерозією. Вони поширені у верхніх частинах стінок кар'єрів, де розкрито уступи пухких покривних порід, та на схилах відвалів розкривних порід і відвалів переробних заводів. Покривні породи на досліджуваній території – це суглинки, глини, піски, каоліни. Лінійна ерозія у досліджуваних кар'єрах формує порівняно невеликі форми рельєфу – яри і вимоїни, які у своїх нижніх частинах утворюють невеликі конуси винесення. Площинна ерозія представлена дрібно-струменевим зливом, який формує на схилах уступів розгалужену мережу мікроборозен та борозен. Залежно від літологічного та гранулометричного складу гірських порід на уступах покривних товщ та на робочих стінках кар'єрів, крутизни схилів, інтенсивності опадів, задернованості схилів та берм, дощові й талі води, які стікають по стінках, зносять пухкий та уламковий матеріал, формуючи у підніжжі делювіальні шлейфи достатньо великої потужності.

Лінійна ерозія у досліджуваних кар'єрах найбільше впливає на відклади каолінів, які відслонюються у середній частині південно-східної стінки Гніванського кар'єру. Схил, складений каолінами, випукло-увігнутої форми у плані, достатньо густо розчленований ярковими формами. Наприклад, розглянемо яр на цьому схилі, який утворився унаслідок злиття трьох ерозійних вимоїн (рис. 13). Він характеризується значним ухилом поздовжнього профілю. Яр має широку водозбірну лійку, яка сильно звужується донизу і переходить у канал стоку. Її верхня частина

ускладнена невеликими зсувами дернини, потужністю до декількох десятків сантиметрів. Глибина яру незначна – максимально 2–3 м у середній частині. Нижче по схилу бортів яру фактично не фіксується, але видно канал стоку. Це активна ерозійна форма, практично незадернована, яка під час дощів істотно розмивається.



Рис. 13. Ярова форма на каоліновому схилі (південно-східна стінка Гніванського кар'єру).

Ярові форми у Гніванському кар'єрі трапляються також на уступах розкривних товщ, складених пухкими породами із наявними вивітряними гранітами та жорсткою. Наприклад, у східній частині північно-східної стінки кар'єру брівку уступу розкривної товщі прорізає невеликий яр. Його ширина у верхній частині сягає 10 м, нижче дещо звужується до 8 м, глибина – приблизно 4 м. Форма поперечного профілю U-подібна із достатньо крутими бортами у верхів'ї. Вершина яру амфітеатроподібна з чітким вершинним порогом, але без чіткої точки росту. Загальна форма позовжнього профілю – увігнута, а у низів'ї – випукла, у зв'язку з наявністю конуса винесення. Борти яру частково задерновані, днище суцільно задерноване, трапляються поодинокі дерева.

Площинна ерозія відбувається на малозадернованих та незадернованих уступах розкривних товщ, схилах зовнішніх відвалів і насипів переробних заводів. Цей процес переважно представлений дібноструменевим зливом із утворенням мікроборозен, які виникають у первинних зниженнях рельєфу або самостійно формують такі форми (мікроборозни). Форма борозен у плані – прямолинійна чи звивиста, їх мережа паралельна або збірна. На ділянках, уражених дрібноструменевим зливом у досліджуваних кар'єрах, ширина ерозійних борозен переважно становила 1–6 см, глибина – 2–5 см, форма поперечного профілю – U-подібна. Зокрема, система борозен зафіксована на уступі розкривної товщі у північно-східній частині Сабарівського кар'єру (рис. 14). На північній стінці Гніванського кар'єру на уступі покривних порід, із суглинків сформована паралельна мережа звивистих ерозійних мікроборозен великої густоти (завглибки декілька сантиметрів). На схилах відвалів є приклади збірних форм рельєфу (рис. 15).



Рис. 14. Паралельна мережа ерозійних мікроборозен на уступі розкривних товщ Сабарівського кар'єру.

Для рельєфу гранітних кар'єрів характерний *парагенез геоморфологічних процесів*, тобто поєднання різних антропогенно зумовлених процесів у межах однієї території, які виникають одночасно або послідовно, коли дія одного процесу спричиняє виникнення або активізацію іншого. Наприклад, під час формування делювіально-осипних шлейфів у гранітних кар'єрах вивітрювання, водно-ерозійні та гравітаційні процеси діють спільно.



Рис. 15. Збірні борозни на схилах відвалів розкривних товщ (Гніванський кар'єр).

Розглянемо уступ розкривної товщі в центральній частині північної стінки Сабарівського кар'єру, складений пухкими відкладами. Верхня частина уступу практично прямовисна, незадернована з ознаками осипання. У нижній частині сформувався делювіально-осипний шлейф великої потужності, частково задернований із виразними ерозійними борознами. Для раніше згаданої північної частини західної стінки Гніванського кар'єру, на якій відбувається активне утворення обвального-осипних форм рельєфу, також характерний парагенез антропогенно зумовлених процесів. Тут, крім гравітаційних, діють також водно-ерозійні процеси та вивітрювання. На схилі є прояви водних потоків, які разом із обвалюванням і осипанням зносять матеріал нижче по схилу, формуючи делювіально-осипні конуси.

Процеси вивітрювання – важлива передумова розвитку обвального-осипних процесів на уступах кар'єрів, складених кристалічними породами (гра-

ніти, мігматити тощо). Під дією змін температури повітря, замерзання і танення води у тріщинах гірських порід, зволоження і висихання вони (породи) поступово руйнуються і, втрачаючи рівновагу на схилах, обвалюються або осипаються. Іншими важливими проявами вивітрювання, які діють після обвалів, є процеси злущування на поверхні брил гранітів у підніжжі стінок кар'єрів, особливо характерні для відпрацьованого Сабарівського кар'єру.

Наукова новизна і практична значущість

Вперше для гірничопромислових територій виокремлено й охарактеризовано головні та другорядні антропогенні геоморфологічні процеси. На основі власних польових досліджень вивчено антропогенно зумовлені процеси у кар'єрах кристалічних порід. У регіональному плані вперше досліджено сучасні геоморфологічні процеси у кар'єрах Середнього Побужжя (Гніванський, Новосинявський, Сабарівські кар'єри).

Практична значущість виконаних досліджень, на наш погляд, полягає у тому, що їхні результати можуть слугувати основою для прогнозування антропогенних та антропогенно зумовлених процесів у межах майбутніх кар'єрних виробок на території Середнього Побужжя. Під час проведення маркшейдерських робіт, які передбачені Наказом Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України № 669 від 31.03.2021 р. "Про затвердження Правил виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин", ще на етапі дослідження прогнозованих розробок родовищ нерудних корисних копалин кар'єрним способом, маркшейдерська служба може спиратися на результати наших досліджень. Це, своєю чергою, дасть змогу уникнути непередбачуваних наслідків дії антропогенних та антропогенно зумовлених процесів у кар'єрно-відвальних комплексах, які діють, та у відпрацьованих.

Висновки

Сучасні геоморфологічні процеси у кар'єрах кристалічних порід Середнього Побужжя за ступенем антропогенного впливу поділяють на два типи: антропогенні та антропогенно зумовлені (природно-антропогенні). Антропогенні геоморфологічні процеси повністю визначаються певним видом кар'єрних робіт. Виокремлено головні та другорядні антропогенні процеси. Головні процеси створюють і перетворюють найбільші (головні) елементи і форми рельєфу кар'єрів і відвалів, другорядні ускладнюють структуру антропогенного рельєфу. До головних антропогенних процесів належать: 1) вибухові роботи у кар'єрах; 2) вибір подрібненої породи екскаваторами; 3) утворення розкривних уступів; 4) утворення гідровідвалів та дамби обвалування; 5) насипання

відвалів розкривних товщ; 6) відвалоутворення у межах переробних заводів; 7) утворення і зміна кар'єрних доріг. Другорядні антропогенні процеси створюють менші за розмірами антропогенні форми рельєфу, які трапляються локально.

Антропогенно зумовлені процеси у досліджуваних кар'єрах представлені здебільшого двома групами: гравітаційними і водно-ерозійними. Гравітаційні процеси поширені на стінках кар'єрів і схилах насипів. Ці процеси відбуваються під впливом техногенних (вибухові роботи, переміщення гірських порід технікою) та природних чинників (фізичне, хімічне і біологічне вивітрювання). Антропогенно зумовлені гравітаційні процеси представлені обвалами, осипами та вивалами – здебільшого на горизонтах твердих кристалічних порід, а також зсувами – на горизонтах пухких покривних порід. Внаслідок цих процесів виникають такі форми рельєфу: обвальні-осипні конуси і шлейфи; поодинокі брили гранітів (мігматитів), ніші вивалів та карнизи; стінки відриву зсувів та зсувні тіла.

До водно-ерозійних процесів досліджених кар'єрів ми зараховуємо площинну і лінійну ерозію. Вони поширені на уступах пухких покривних порід та на схилах відвалів розкривних порід і відвалів переробних заводів. Покривні породи цієї території представлені суглинками, глинами, пісками, каолінами. Породи відвалів – це ґрунто-суміші із різних пухких порід та уламків гранітів і мігматитів. Площинна ерозія представлена тотальним і дрібноструменевим змивом та акумуляцією у підніжжі уступів і схилів насипів. Лінійна ерозія полягає в утворенні вимоїн і невеликих ярів, достатньо коротких, зі значним ухилом поздовжнього профілю. Конуси винесення майже не збережені. Площинна та лінійна ерозія генетично споріднені. Борозни дрібноструменевого змиву за певних умов можуть перерости у більші форми – вимоїни і навіть яри.

Для антропогенних процесів характерне збільшення площі та глибини кар'єрів, зокрема, зростання кількості горизонтів і, відповідно, кількості уступів. Динаміка антропогенно зумовлених процесів різноспрямована: з одного боку – поява нових осередків процесів на свіжоутворених уступах кар'єрів та схилах насипів, з іншого боку – поступове згасання процесів на антропогенних елементах рельєфу, які існують вже давно.

У майбутньому заплановано дослідження інших використовуваних та відпрацьованих кар'єрів Середнього Побужжя й інших типів антропогенно зумовлених процесів (вивітрювання, берегові процеси у затоплених кар'єрах тощо). Також необхідно детальніше вивчити літологічні чинники утворення процесів, стадії їх розвитку та активність.

Список літератури

- Велікін М., Петліченко Ю., Кіліжєвський І. (1977). Висновок "Про інженерно-геологічні умови рекультивції відвалів розкривних порід Ви-

- тавського родовища кристалічних порід в Тиврівському районі Вінницької області”. Міністерство промисловості будівельних матеріалів УРСР: комплексна геологічна експедиція “Укргеолбуд”. Київ,.
- Відкриті гірничі роботи. Ч. 1. Процеси відкритих гірничих робіт (2020): навч. посіб.; уклад. О. О. Фролов, Т. В. Косенко. Київ: КПІ ім. І. Сікорського. 151 с.
- Горішний П. (2018). Класифікація рельєфу кар’єрів. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наук. праць*. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка. Вип. 1(08). С. 160–170.
- Горішний П., Павельчук А. (2019). Рельєф кар’єрів Середнього Побужжя (на прикладі Сабарівського кар’єру). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наукових праць*. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка. Вип. 1 (09). С. 101–116. <https://doi.org/10.30970/gprc.2019.1.2805>
- Денисик Г. І. (2002). Середнє Побужжя: монографія. Вінниця: Гіпаніс. 208 с.
- Денисик Г. І. (2014). Сучасні ландшафти заплави Південного Бугу та їх раціональне використання. *Наукові записки Вінницького педагогічного університету*. Серія геогр. Вип. 26. С. 5–11.
- Денисик Г. І., Война І. М. (2013). Висотна диференціація та різноманіття антропогенних ландшафтів: монографія. Вінниця: Вінницька обласна друкарня. 188 с.
- Денисик Г. І., Задорожня Г. М. (2013). Похідні процеси та явища в ландшафтах зон техногенезу: монографія. Вінниця: Вінницька обласна друкарня. 220 с.
- Дриженко А. Ю. (2014). Відкриті гірничі роботи: підручник. Дніпропетровськ: НГУ. 590 с.
- Іванов Є. (2007). Ландшафти гірничопромислових територій: монографія. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка. 334 с.
- Іванов Є. А. (2017). Природно-господарські системи гірничопромислових територій західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація: дис. ... доктора геогр. наук: Київ. 578 с.
- Кізюн А. Г. (2019). Розвиток екстремального туризму в межах Середнього Побужжя. *Наукові записки Вінницького педагогічного університету*. Серія геогр. Вип. 31. № 3–4. С. 81–85.
- Колтун О. В., Ковальчук І. П. (2012). Антропогенна геоморфологія: навч. посіб. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка. 194 с.
- Коробійчук В. В., Соколовський В. О., Іськов С. С. (2019). Руйнування гірських порід та безпека вибухових робіт: підручник. Житомир: ЖДТУ. 332 с.
- Крадожон Л. П. (2019). Звіт з оцінки впливу на довкілля розробки та видобутку гранітів Новосинявського родовища, що розташовується у Старосинявському районі Хмельницької області. ТОВ “НП “Експертний центр”. Київ. 168 с.
- Маринич О. М., Пархоменко Г. О., Пашенко В. М., Петренко О. М., Шищенко П. Г. (2009). Фізико-географічне районування України. Національний атлас України. Київ: Картографія. С. 228–229.
- Павельчук А. (2021). Класифікація гранітних кар’єрів. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: матеріали доповідей 12 наук.-практ. семінару за міжнародної участі* Львів, 25–26 лист. 2021 р. Львів. С. 171–176.
- Павельчук А. (2023). Зміни рельєфу Новосинявського гранітного кар’єру (Хмельницька область). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: матеріали доповідей 13 наук.-практ. семінару за міжнародної участі*. Львів, 2–3 березня 2023 р. Львів. С. 157–161.
- Павельчук А. (2023). Особливості геоморфологічної будови Гніванського гранітного кар’єру (Вінницька область). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: збірник наук. праць*. Львів: ЛНУ ім. І. Франка. Вип. 01(15). С. 223–246. <https://doi.org/10.30970/gprc.2023.1.3957>
- Палієнко В. П., Барщевський М. Є. (2009). Геоморфологічне районування. *Національний атлас України*. Київ: Картографія. С. 162.
- Пейкре Р. О. (1984). Звіт “Про дорозвідку Витавського родовища кристалічних порід в Тиврівському районі Вінницької області УРСР в 1981–1984 рр.”. Міністерство промисловості будівельних матеріалів: комплексна геологічна експедиція “Укргеолбуд”. Том II. Київ.
- Сивак О. А., Коваль В. М. (2015). План розвитку гірничих робіт по ВАТ “Гніванський кар’єр” Витавське родовище на 2016 рік. Вінниця.
- Сивак О. А., Коваль В. М. (2015). План розвитку гірничих робіт по ПАТ “Сабарівський кар’єр” Сабарівського родовища гранітів на 2016 рік. Вінниця.
- Boengiu S., Ionuș O., Marinescu E. (2016). Man-made changes of the relief due to the mining activities within Husnicioara open pit (Mehedintî County, Romania). *Procedia Environmental Sciences* 32, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.030>
- David L. (2008). Quarrying: an anthropogenic geomorphological approach. *Acta Montanistica Slovaca*. Ročník, 13, číslo 1, 66–74.
- David L. (2012). Introduction to Anthropogenic Geomorphology. *Studies on Environmental and Applied Geomorphology*, Dr. Tommaso Piacentini (Ed.).
- Duchnowska M. (2022). Mining-Induced Anthropogenic Transformations of the Wielka Kopa Massif-Case Study of Rudawy Janowickie, the Sudetes. *Sustainability*. 14, 874. <https://doi.org/10.3390/su14020874>

- Mossa J., and James L. A. (2013). Impacts of Mining on Geomorphic Systems. John F. Shroder (ed.) *Treatise on Geomorphology*. Vol. 13. San Diego: Academic Press, 74–95. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00344-4>
- Horishnyj P., Halaiko M. (2019). The modern morphodynamics in the quarries of Lviv and its suburbs. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*. Вип. 2 (9), С. 99–115. <https://doi.org/10.30970/gpc.2019.2.3066>
- Zarychta R., Zarychta A. and Bzdega K. (2020). Progress in the Reconstruction of Terrain Relief Before Extraction of Rock Materials – The Case of Liban Quarry, Poland. *Remote Sens.*, 12, 1548, 1–20. <https://doi.org/10.3390/rs12101548>

Pavlo HORISHNYI¹, Anastasiia PAVELCHUK²

Department of Geography of Ivan Franko National University of Lviv, 41, P. Doroshenko str., Lviv, 79000, Ukraine, e-mail: ¹pavlo.horishnyy@lnu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0003-7050-671X>; ² e-mail: anastasiia.pavelchuk@lnu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0001-1396-5317>

MODERN MORPHODYNAMICS IN QUARRIES OF CRYSTALLINE ROCKS OF THE MIDDLE POBUZHCHIA

The study aims to characterize the modern morphodynamics in the quarries of crystalline rocks of the Middle Pobuzhzhia (Hnivanskyi, Sabarivskyi, Novosyniavskyi quarries). General geographical and geomorphological research methods were used. General geographical methods include cartographic and remote sensing, and geomorphological methods include morphographics, morphometrics, and morphodynamics. Among the anthropogenic processes in the granite quarries of the Middle Pobuzhzhia, we can distinguish between major and minor ones (the major ones create the main elements and forms of the relief of quarries and dumps; the minor ones complicate the structure of the anthropogenic relief). The main anthropogenic processes include: 1) blasting operations in quarries; 2) selection of crushed rock by excavators; 3) formation of overburden ledges; 4) formation of hydraulic dumps and dams; 5) filling of overburden dumps; 6) dumping within processing plants; 7) formation and modification of quarry roads. Anthropogenic processes are mainly represented by two groups of processes: gravity and water erosion. Gravity processes are common on quarry walls and embankment slopes. These processes include collapses, landslides, and slumps, primarily on hard crystalline rock layer, and landslides on loose bedrock layer. Water erosion processes are represented by linear and planar erosion. They are common in the upper parts of quarry walls, where the ledges of loose overburden are exposed, and on the slopes of overburden dumps and processing plants. Planar erosion can be in the form of total and small-scale flushing and accumulation at the foot of ledges and slopes of embankments. Linear erosion consists of the formation of gullies and small ravines, rather short with a significant slope of the longitudinal profile. For the first time, the main and secondary anthropogenic geomorphological processes for mining areas are identified and characterized. Based on one's field research, anthropogenic processes in crystalline rock quarries were studied. For the first time, modern geomorphological processes in the quarries of the Middle Pobuzhzhia were examined from a regional perspective. The practical significance of the research is that its results can serve as a basis for predicting anthropogenic and anthropogenically determined processes within quarries.

Keywords: modern morphodynamics, anthropogenic processes, anthropogenically determined processes, anthropogenic relief, crystalline rock quarries, Middle Pobuzhzhia.

Надійшла 05.12.2024 р.