

УДК 551.24.3:502

DOI <https://doi.org/10.32782/geotech2024.38.04>

Осьмачко Л.С.

Осьмачко Л.С., докт. геол. наук, старший наук. співробітник, Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», ORCID: 0000-0003-1248-261X, osml@ukr.net

ПРО СТРУКТУРИЗАЦІЮ ТЕХНОГЕННИХ УТВОРЕНЬ У МЕЖАХ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРІВ «ПІВНІЧНИЙ» ТА «ПІВДЕННИЙ» (М. КРИВИЙ РІГ)

Дослідження проводилися в межах залізорудних кар'єрів «Північний» та «Південний» м. Кривий Ріг з метою більш ефективного подальшого використання техногенно перетворених ділянок надр і земної поверхні Кривбасу. Виконано фіксацію елементів залягання у відносно непорушених невеликих за розмірами блоках (далі – блоках або «блочках») кварцитів і сланців саксаганської світи (ціликах) та в блочках розмежування ціликів – техногенних нагромадженнях. У відносно непорушених блочках кварцитів замірялися такі елементи для смугастості, сланцюватості, лінійності за мінеральними агрегатами, осями складчастих форм, штрихами, борознами тощо. Серед техногенних нагромаджень (осипів, насипів і заповнених штучних порожнин) за ступенем структуризації спостережено неструктуровані та різною мірою структуровані. В межах останніх фіксовано шаруватість, механічну сланцюватість та лінійність. Становлення системи блоків кар'єрів «Північний» та «Південний» чинилося за зміщення по вертикальній і горизонтальній осях. Виникнення новоутворених площин техногенних нагромаджень відбулося з успадкуванням наявної в ціликах структурної анізотропії зі створенням власної стратифікації. Отже, досліджувана система «блочки ціликів – техногенні нагромадження» розвивалася і формувалася як цілісний об'єкт взаємоузгоджено роки–десятиліття в поверхневих умовах. Перетворення техногенних нагромаджень, їх «добудова»/структуризація, внаслідок яких відновлюється цілісність порушених і зниклих ділянок геологічного об'єму, є конструктивними явищами. Вони практично є природною лабораторією процесів формування структурно-текстурних елементів у сипких нагромадженнях. Їх відстеження в часі дало б змогу фактично спостерігати процеси самостворення/відтворення сучасних техногенно-природних об'єктів. Ранжування структурних новоутворень у техногенних нагромадженнях може бути застосовано як один з критеріїв оцінки асиміляційного потенціалу цих нагромаджень та сприятливості для господарського освоєння.

Ключові слова: залізисті горизонти, кар'єри «Північний» та «Південний», непорушені блочки, техногенні нагромадження, елементи залягання, структуризація.

Вступ. Дослідження проводилися на території Саксаганського району м. Кривий Ріг, де в межах залізорудних кар'єрів «Північний» та «Південний» розкриті залізисті горизонти саксаганської світи криворізької серії. Дослідження проведено у зв'язку з проблемою відсутності системної моніторингової інформації про тенденції розвитку геодинамічних процесів та змін, які відбуваються в межах техногенно перетворених ділянок надр і земної поверхні Кривбасу [2; 3]. Статтю присвячено вивченню сучасних структурних змін техногенно перетворених ділянок залізорудних кар'єрів «Південний» та «Північний» з метою подальшого більш ефективного використання цих ділянок та запобігання розвитку негативних природних і техногенних процесів в їхніх межах.

Аналіз попередніх досліджень. Кар'єр «Північний» почав функціонувати з 1953 року у складі тресту «Дзержинськрудра». Натепер кар'єр розробляється ТОВ «УКРАЇНСЬКА ГІРНИЧОДОБУВНА КОМПАНІЯ». Глибина кар'єру сягає 350 м, довжина становить 4000 м, а ширина – 1700 м [2; 3]. Кар'єр «Південний» було введено в експлуатацію у 1972 році.

Родовище залізних руд розкрито до глибини 1100 м [9]. Нині кар'єр «Південний» розробляється ТОВ «РУДО-МАЙН». Досягнуті розміри кар'єру: довжина – 1050 м, ширина – 630 м, глибина – 140 м. Кар'єри витягнуті субмеридіонально.

У межах безпосередньо території розробки кар'єрів «Північний» та «Південний» розповсюджені четвертий, п'ятий та шостий залізисті та сланцеві горизонти саксаганської світи східного крила Саксаганської синкліналі. У західних бортах кар'єрів частково розкрита верхня тектонічна луска, або частина Саксаганської антикліналі, яка представлена в межах кар'єрів породами від аркозового горизонту скелюватської світи і талькового горизонту до другого залізистого горизонту саксаганської світи [9; 2; 3].

Обидві складчасті структури мають наближену до ізоклінальної форму і субмеридіональне простягання (азимут 12–22°), занурення шарнірів у північному напрямку під кутом від 9 до 22°. Падіння осьових поверхонь на захід під кутом від 40 до 60° [2; 3; 9].

За результатами геолого-маркшейдерських обстежень ТОВ «Українська гірничодобувна компанія» та

«РУДОМАЙН» встановлено, що ділянки кар'єрів «Північний» та «Південний» у сучасному їх вигляді сформувалися за рахунок техногенних факторів, зумовлених підземним способом відпрацювання багатих залізних руд, що призвело до обрушення вищезалігаючих порід і змішування їх із залізними мартитовими рудами та залізними кварцитами, до процесів просідання і зсуву вміщуючих порід. Як висновок констатовано приналежність ділянок кар'єрів «Північний» та «Південний» до техногенного генетичного типу родовищ [9; 2; 3].

У 2021 році на ділянках кар'єру «Північний» і «Південний» та їх західних флангів і прилеглих територій були виконані георадарні дослідження [9; 10]. В межах кар'єру «Північний» було виявлено 95 аномалій, кар'єру «Південний» – 140 аномалій, які узагальнено до шести груп: вертикальні зони обрушення, що були заповнені глиною чи ґрунтом; локальні типу пустот чи штреків; великі конусні структури і заповнені масою обвалених порід чи засипані породою з відвалів, або глинами чи ґрунтом; структурні, що відображають геологічну будову чи окремі структурні елементи; зсуви у верхніх шарах осадових порід; зони просідання верхніх шарів ґрунтів та сланців у межах зсувів, воронки просідання, обвалення над штреками.

Впродовж десятиліть утворені просадки, лійки, обвалення поступово засипались глиною чи ґрунтом, вскришними та некондиційними породами. Завдяки цьому були утворені багатоярусні відвали, де на окремих ділянках знов поновлювались просачочні та провальні процеси. Відпрацьовані зони завширшки від 150 до 800 м перемежуються з блочками складеними залізними роговиками і некондиційними гематит-мартитовими рудами (цілики). Останні зберігають ознаки приналежності до первинних стратиграфічних горизонтів. Об'єми техногенних просядок і обвалів внаслідок підземного видобутку в межах кар'єрів «Північний» і «Південний» оцінити вкрай складно, але можна стверджувати, що вони значно перевищують об'єми видобутої підземним способом маси порід [2; 3]. У результаті кар'єри можна представити як техногенно-геологічні утворення, де чергуються відносно не порушені бочки кристалічних порід (цілики) та бочки техногенних нагромаджень. Видимі потужності обох різновидів бочок сягають від декількох метрів до сотень метрів.

Сукупність дії промислової діяльності людини та природних процесів породжують процеси, які нашаровуються на створений гірничопромисловий комплекс. Це особлива група процесів та явищ, які Г.І. Денисик та Г.М. Задорожня пропонують називати *похідними*. Ці дослідники похідні процеси та явища, що спостерігаються в межах гірничопромислових ландшафтів Криворіжжя, типізують за низкою ознак: генезою, швидкістю, площею, послідовністю активізації, віком, відношенням до земної поверхні, характером прояву, ступенем урегульованості [5].

Дослідження, проведені у Кривбасі В.П. Волощенко, Г.М. Малаховим, І.Д. Рівкіним та цілою плеядою їхніх послідовників, дозволили мати досить чіткі уявлення про геомеханічні процеси, що відбуваються у верхній частині земної кори внаслідок підземної розробки залізрудних покладів [2; 3]. Дуже коротко суть явища можна звести до такого: а) обвалення стелі порожнини викликає просування налягаючих порід розпочинаючи з поверхні вздовж лежачого боку. Унаслідок цього осадові породи з поверхні потрапляють на глибину; б) порожнина заповнюється також породами висячого боку. Співвідношення об'ємів порід стелі і висячого боку залежить від їх фізико-механічних властивостей у масиві; в) на поверхні виникає мульда прогину із зонами обвалення і зсуву. Зона зсуву має розвиток під кутом від 80° до 42°.

У роботах [2; 3] серед техногенних нагромаджень виділено типи за способом утворення: насипні (відвальні), осипні, здвижені (зсувні), обрушені (провальні), забутовувальні (утворені внаслідок забутовування підземних гірських виробок). Головною ознакою належності їх до техногенного типу є повне руйнування стратиграфічного упорядкування породних верств з порушенням первинних умов залягання та структурної будови вихідних порід.

Визнання факту геологічних масштабів зрушень у криворізькій серії кристалічних порід порушує питання про її сучасну структуру, зумовлену техногенезом [2; 3]. Як витікає з огляду досягнень попередніх дослідників, переважно досліджувалися форми тіл техногенних нагромаджень, способи й умови їх формування, гранулометричний та речовинний склад [7; 5; 10; 14; 17; 1]. Внутрішній будові техногенних утворень приділялося незаслужено мало уваги. Так, у роботі [16] приводяться дані випробувань ударом армованих ґрунтових насипів для захисту від каменепадів. Отримані результати дозволили відзначити, що розшаровані насипи інтенсивніше реагують на штучний удар шляхом ковзання по поверхнях нашарувань, порівняно з нешаруватими насипами. У роботі [13] викладені основні проблеми формування, еволюції та класифікації антропогенних ґрунтів. Просторові закономірності розміщення нашарувань у техногенних нагромадженнях не висвітлювалися в згаданих вище роботах, а вони є однією з ознак стійкості техногенно змінених геологічних об'ємів зовнішнім впливам, також визначають швидкість і напрямок водного дренажу [15; 8; 18]. Зазначені закономірності є *частиною загальної проблеми*, яка не була вирішена раніше, чому і присвячена ця робота.

Виклад матеріалу досліджень. *Методика* дослідження трансформації природно-техногенного геологічного середовища кар'єрів «Північний» та «Південний» включала проведення послідовних стадій робіт, таких як: 1) аналіз первинних матеріалів попередників та матеріалів наданих замовником, 2) дистанційне

дешифрування техногенних морфоструктур і компонентів на основі космо-топо матеріалів, 3) проведення натурних польових спостережень у кар'єрі та прилеглих територіях за профілями та точками спостережень з відбором проб для лабораторних досліджень, 4) лабораторні дослідження, 5) камеральна обробка польових та лабораторних досліджень [2; 3].

У цій статті приводимо результати робіт, що полягали у фіксації елементів залягання горизонтів кварцитів та сланців саксаганської світи як відносно непорушених, так і різною мірою техногенно змінених. Зокрема, в межах окремих відносно непорушених блочків кварцитів і сланців (ціликів) замірялися азимути та кути падіння площинних структурних елементів – смугастості, крил складок і сланцюватості, також

азимути та кути занурення лінійних елементів [12]. Смугастість зазвичай представлена чергуванням смуг кварцитів, потужностями у сантиметрах, що різняться між собою кольором, розмірами мінеральних зерен та мінеральним складом. Сланцюватість виражена односистемно орієнтованими й зближеними лускатими мінералами та їх агрегатами. Лінійні структурні елементи представлені шарнірами складчастих форм, подовженими мінеральними агрегатами, жолобчастістю й штрихами (рис. 1).

Серед техногенних утворень (осипів, насипів і заповнених штучних порожнин) за ступенем структурізації нами спостережено щонайменше два різновиди – неструктуровані та різною мірою структуровані. В межах першого із зазначених різновидів техногенних

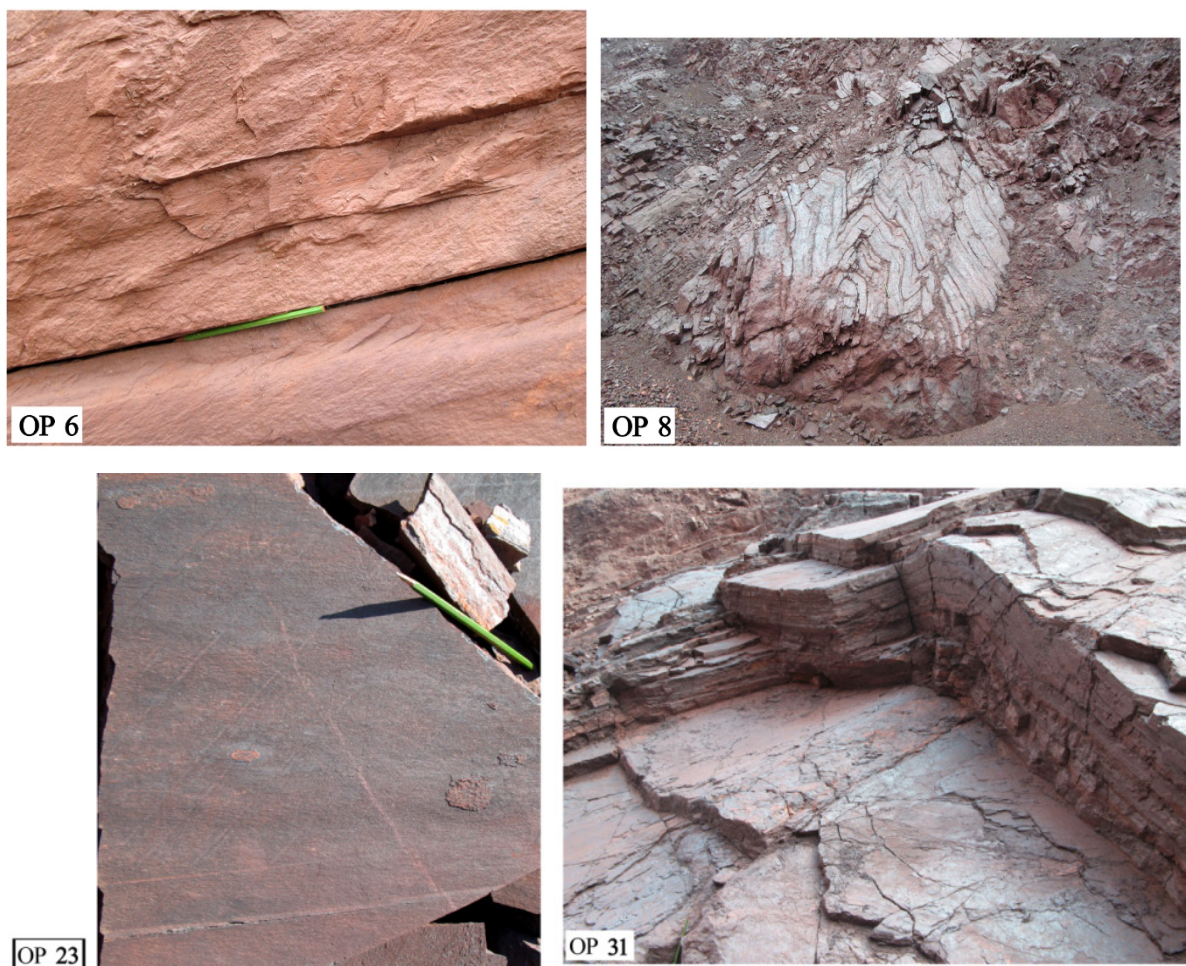


Рис. 1. Фото структурних елементів – площин смугастості, сланцюватості та складчастих форм окремих ціликів кварцитів кар'єру «Північний» (OP 6, 8, де OP – точка спостережень) та «Південний» (OP 23, 31). В OP 6 – смугастість, що перетинається сланцюватістю в кварцито-пісковиках (зріз вертикальний); OP 8 – площини смугастості в залізистих кварцитах та складчаста форма (зріз близький до вертикального, експозиція південна). OP 23 – декілька лінійностей у площині смугастості залізистих кварцитів за жолобчастістю, подовженими мінеральними агрегатами та штрихами; OP 31 – складчаста форма в залізистих кварцитах

Fig. 1. Photo of structural elements – planes of banding, schistosity and folded forms of individual surviving block of quartzite and shale of the “Pivnichnyi” quarry (OP 6, 8; OP – observation point) and “Pivdennyi” quarry (OP 23, 31). In the OP 6 – banding intersected by schistosity in quartzite-sandstones (vertical section); OP 8 – planes of banding in ferruginous quartzites and folded form (almost vertical section, southern exposure). OP 23 – several linearities in the banding plane of ferruginous quartzites by furrows, elongated mineral aggregates and striation; OP 31 – folded form in ferruginous quartzites

утворень не виявлено ознак структурно-текстурної впорядкованості. В межах структурованих техногенних утворень зафіксовані ознаки структурно-текстурного впорядкування. Вони виражені шаруватістю, сланцюватістю та лінійністю, елементи залягання яких і фіксувалися. Шаруватість техногенних нагромаджень представлена чергуванням прошарків, потужностями в перші см – перші десятки см, які різняться між собою кольоровою гамою і розмірністю уламків порід. Такі утворення підкреслені сланцюватістю, що виражена односистемно орієнтованими, в площинах шаруватості, плоскими мінеральними агрегатами та уламками кристалічних порід (рис. 2, 3). Лінійні структурні елементи в межах техногенних утворень зафіксовано лише два у вигляді шарнірів насипних складок. Також замірялися азимути та кути падіння площин розмежування між ціликами та осипами, заповненими порожнинами й іншими техногенними нагромадженнями.

Відповідно до [7; 5] функціонування процесів та явищ у гірничопромислових ландшафтах (відтак і ступінь та швидкість структуризації техногенних нагромаджень) залежні від інтенсивності гірничих робіт у кар'єрах, які створюють своєрідні умови/мікроклімат. Це такі умови: ініціація додаткової техногенної вібрації, міграції речовини, підвищення тріщинуватості й водопроникності, зміна термічного режиму.

Техногенна шаруватість, скоріш за все, була сформована внаслідок послідовного насипання подрібненої гірської породи при створенні рукотворних і нерукотворних нагромаджень уламків кристалічних порід та в подальшому гравітаційного ущільнення, грануляційної диференціації таких нагромаджень і дії перелічених вище техногенно прокованих факторів. Сланцюватість створюється завдяки обертанню й перорієнтації окремих лусок і пакетів лусок мінералів, також уламків кристалічних порід у зсувних умовах.

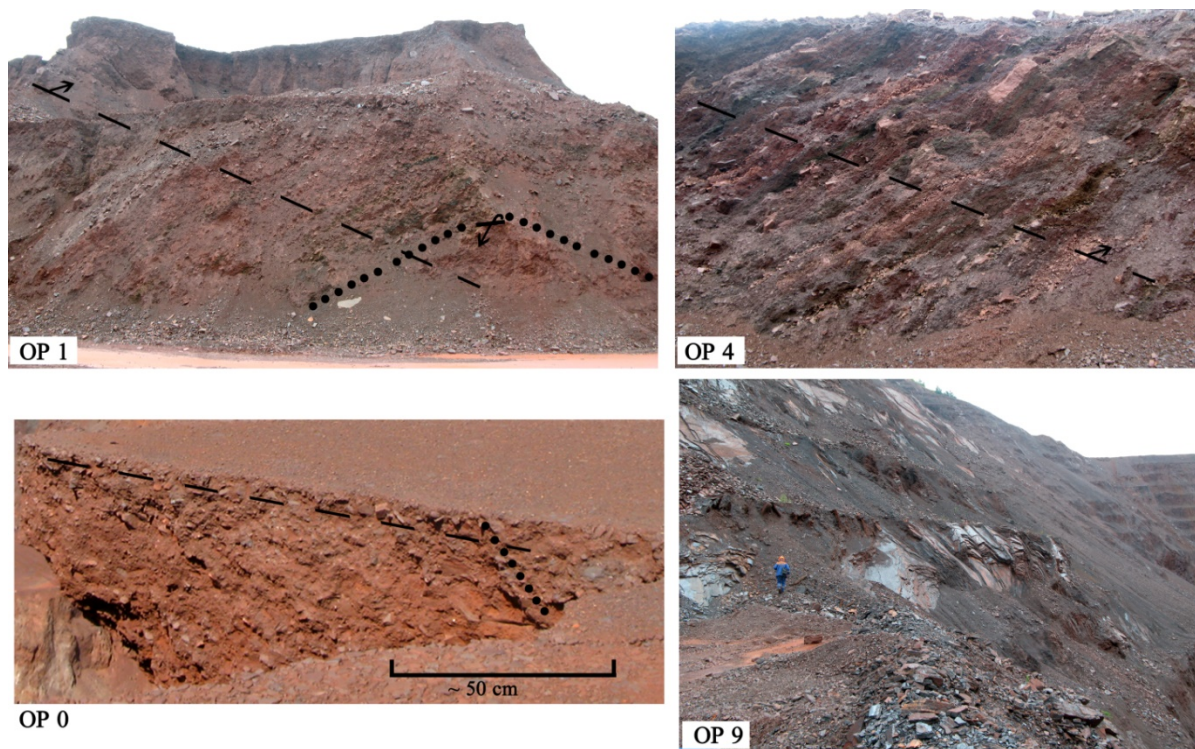


Рис. 2. Фото структурних елементів окремих осипів та техногенних насипів кар'єру «Північний».

OP 1 – техногенний насип з двома генераціями нашарувань. Вихід площин однієї з них підкреслено крапковим пунктиром, вихід другої – лінійним пунктиром. Стрілки – напрямки падіння цих площин. Експозиція відслонення північна. OP 4 – техногенний насип з двома генераціями нашарувань. Груба шаруватість виражена добре, площину відносно тонкої шаруватості підкреслено пунктиром. Експозиція відслонення північна. OP 0 – техногенний насип з двома генераціями нашарувань. Експозиція відслонення східна. OP 9 – виходи ціликів серед неструктурованих осипів у східному борту кар'єру

Fig. 2. Photo of structural elements of individual scree slopes and technogenic embankments of the “Pivnichnyi” quarry. OP 1 – man-made embankment with two generations of layering. The exit of the plane of one of them is highlighted with a dot-dashed line, the exit of the second – with a linear dashed line. Arrows are the dip directions of these planes. The exposure of the outcrop is northern. OP 4 – man-made embankment with two generations of layering. Coarse layering is expressed well, the plane of relatively thin layering is highlighted with a dotted line. The exposure of the outcrop is northern. OP 0 – man-made embankment with two generations of layering. Exposure of the outcrop is eastern. OP 9 – outcrops of surviving block among unstructured scree in the eastern side of the quarry

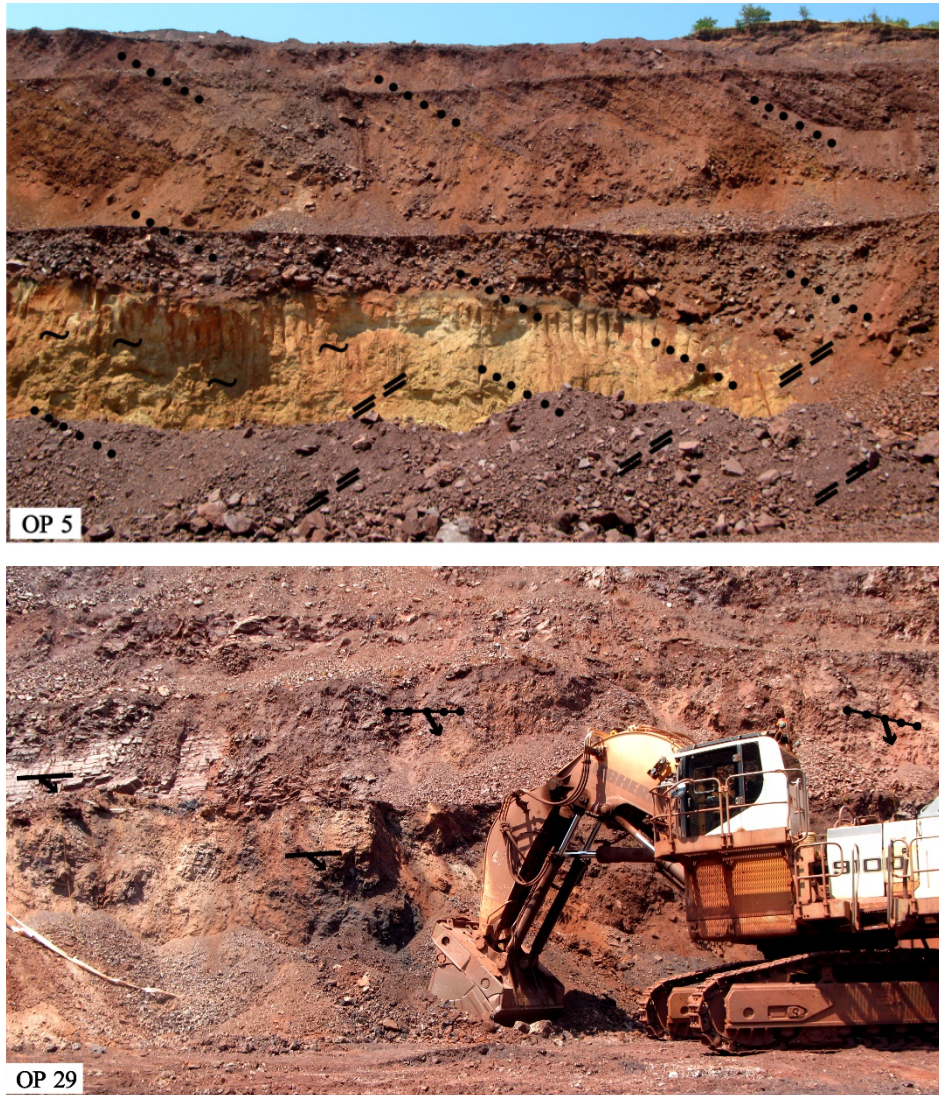


Рис. 3. Фото структурних елементів окремих осипів та техногенних насипів кар'єру «Південний». OP 5 – насипна шаруватість (вверху), виходи її площин підкреслені крапковим пунктиром. Такі площини наскрізні для всієї товщі на фото, вони трасуються в лінзоподібному тілі глин та слабо в осипі підніжжя; хвилястий пунктир – виходи площин розшарування в глині; подвійний пунктир – вихід площин розшарування в осипі підніжжя. Вони також трасуються в техногенні тіла вище. OP 29 – перемежування відносно не порушених блоків залізистих кварцитів (світлі виходи), багатой маритової руди («синьки», темні виходи) та техногенних нагромаджень. Всі вони структурно-текстурно впорядковані у вигляді смугастості, яка має однакові елементи залягання для всіх перерахованих геологічних утворень. Інші позначення дивись вище

Fig. 3. Photo of structural elements of individual scree slopes and technogenic embankments of the “Pivdennyi” quarry. OP 5 – heap layering (above), the exits of its planes are highlighted with a dotted line. These planes are through the entire stratum in the photo, they are traced in the lenticular body of clays and weakly in the scree of the foot; squiggly dash – exits of layering planes in clay; double dash – outcrop of layering planes in the scree of the foot. They are also traced into technogenic bodies above. OP 29 – relatively undisturbed blocks of ferruginous quartzite (light outcrops), rich martite ore (“bruises”, dark outcrops) and technogenic accumulations can be seen interspersed. All of them are structurally and texturally ordered in the form of banding, which have the same bedding elements for all the listed geological formations. Other designations, see above

Механізми формування смугастості і сланцюватості в природних умовах обґрунтовано в роботах [11; 4], а в ґрунтових основах під час будівництва у праці [8]. Зокрема, в умовах діагенетичної підзони первинної епізони оформлюється оптимальна архітектура середовища нагромаджень, рівноважна до тектонічних і Р-Т умов на час формування смугастості та механічної сланцюватості. Утворення, подібні до зазначених

вище насипних складок у природних умовах, дооформлюються завдяки облямуванню нерівностей рельєфу й подальшому ущільненню насипної маси.

Всі вищезазначені заміри винесені в таблиці (див. [2; 3]) та опрацьовані за допомогою програми StereoNett 2.46 (рис. 4). Окрім фактичних замірів у кар'єрі «Північний», у таблицях виведено усереднені значення азимутів і кутів падіння та розкид цих значень для площинних

структурних елементів досліджуваних ціликів і техногенних нагромаджень. У цій роботі приводимо лише узагальнюючі таблиці (табл. 1, 2). Для кар'єру «Південний» зроблено [12] розрахунки зміщень блочків кожного з таких стосовно кожного з попередніх та стосовно середньостатистичних азимутів і кутів падінь для бортів кар'єру як по вертикальній осі, так і по горизонтальній. Наприкінці таблиць виведено усереднені значення азимутів і кутів падінь та зміщень для досліджуваних ціликів загалом відповідних бортів кар'єру. Отже, вираховані усереднені значення відображають загальну ситуацію для частин бортів кар'єру, що сформовані ціликами. Подібні розрахунки проведені і для техногенних нагромаджень кар'єрів (табл. 1, 2) [2; 3]. Методи обрахунку для кар'єрів відрізняються, тому що автори такі роботи проводили вперше і фактично створювали їх, тож запропоновані як апробація. Також наразі нам невідомі подібні дослідження.

Результати. Азимути падіння смугастості й крил складок кварцитів, що падають на південний захід – північний захід східного борту кар'єру «Північний» варіюють у межах – від 250 до 0°. Середній азимут їх падіння – 278,2°. Кути падінь зазначених структур змінюються від 20 до 80°. Середній кут падіння – 49,7°.

Азимути падіння смугастості й крил складок кварцитів, що падають на північний схід – південний схід східного борту кар'єру «Північний», варіюють у межах 60–110°. Середній азимут їх падіння – 83,8°. Кути падінь зазначених структур змінюються від 33 до 70°. Середній кут падіння – 47°.

Азимути падіння смугастості й крил складок кварцитів, що падають на південний захід – північний захід західного борту кар'єру «Північний» варіюють у межах – від 235 до 0°. Середній азимут їх падіння – 287°. Кути падінь зазначених структур змінюються від 12 до 83°. Середній кут падіння – 39°.

Азимути падіння смугастості й крил складок кварцитів, що падають на північний схід – південний схід західного борту кар'єру «Північний», варіюють у межах 72–110°. Середній азимут їх падіння 89,7°. Кути падінь зазначених структур змінюються від 40 до 73°. Середній кут падіння – 59,3°.

Таким чином, розкид азимутів падінь структур, що падають узагальнено на захід західного борту 125°, східного борту – 110°. Розкид кутів падінь цих структур західного борту становить 71°, східного – 60°.

Розкид азимутів падінь структур, що назагал падають на схід західного борту 38°, східного борту – 50°. Розкид кутів падінь структур цих структур у західному борту кар'єру становить 33°, у східному – 37°.

За досліджуваними структурами, які на загал мають західне падіння, західний борт кар'єру «Північний» є більш порушеним стосовно східного борту. За структурами, що на загал східного падіння, східний борт кар'єру є більш порушеним стосовно західного. За різницею в градусах розкиду східних і західних крил разом (на 1,5° – Аз Пад, 3,5° – кут) західний борт кар'єру стосовно східного незначно порушений. Тобто тут доречніше говорити, що західні крила кар'єру загалом порушені набагато інтенсивніше стосовно східних

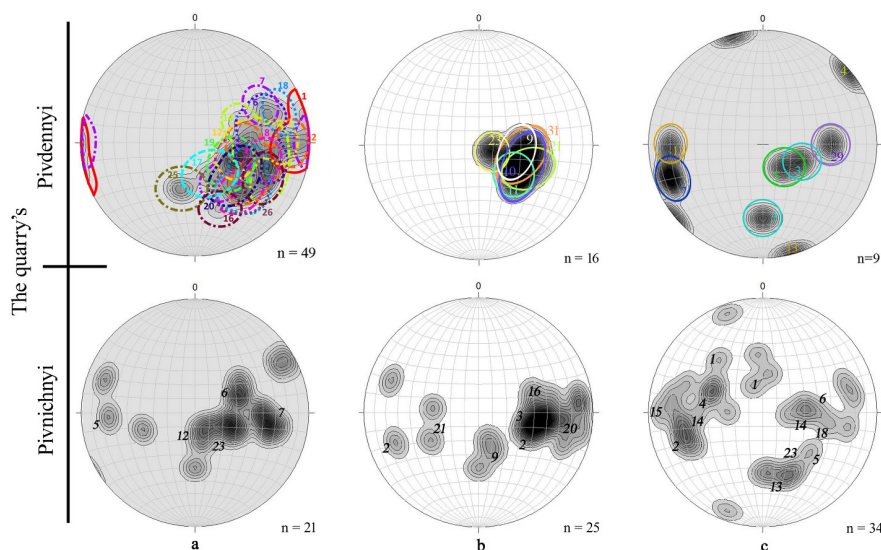


Рис. 4. Стереограми площинних структур, що досліджувалися в кар'єрах: а – цілики західних бортів, б – цілики східних бортів кар'єрів, с – техногенні нагромадження. Проекція на нижню півсферу (програма StereoNett 2.46). Цифри та кольорові контури маркують проекції кожного з блочків, що досліджувалися; вони відповідають номерам точок спостережень.

Градація ізоліній: 2-4-6-8-10-12-14. n – кількість пар замірів

Fig. 4. Stereograms of planar structures, which studied in the quarry's: a – surviving blocks of western borts, b – surviving blocks of eastern borts of the quarry's, c – technogenic accumulations. Projection to the lower hemisphere (StereoNett 2.46 program). The projections of each of the studied blocks are drawn with numbers and color contours; they correspond to numbers observation points. Gradation of isolines: 2-4-6-8-10-12-14. n – number of pairs of measurements

крил. Ніби відносно становлення зазначених утворень відбувалося напівавтономно.

Азимути падіння шаруватості техногенних нагромаджень, що падає на південний захід – північний захід кар'єру «Північний», варіюють у межах від 190 до 0°. Середній азимут їх падіння – 285,7°. Кути падінь зазначених структур змінюються від 18 до 70°. Середній кут падіння – 43,5°.

Азимути падіння шаруватості техногенних нагромаджень, що падає на південний схід – північний схід кар'єру «Північний», варіюють у межах від 20 до 160°. Середній азимут їх падіння – 96,7°. Кути падінь зазначених структур змінюються від 20 до 80°. Середній кут падіння – 57,2°.

Азимути падіння смугастості кварцитів східного борту кар'єру «Південний» варіюють у межах від 270 до 320°. Кути падінь у межах 10–47°. Середній азимут падіння (за 16 замірами) смугастості кварцитів східного борту кар'єру – 293,3°, середній кут падіння (за 16 замірами) смугастості кварцитів борту – 31,9°. Середнє зміщення блочків (окремих ціликів) у межах борту як по вертикальній осі, так і по горизонтальній незначні – в декілька градусів. Але про абсолютні зміщення ціликів кар'єру можна говорити, лише знаючи залягання порід до початку розробки залізних руд.

Азимути падіння смугастості кварцитів західного борту кар'єру «Південний» варіюють у досить широких межах – від 240 до 20°. Також і кути падінь – від 25 до 87°. Середній азимут падіння (за 49 замірами) смугастості кварцитів західного борту кар'єру – 333°, середній кут падіння (за 49 замірами) смугастості

кварцитів – 48,8°. Середнє зміщення блочків як по вертикальній осі, так по горизонтальній на порядок вище порівняно з такими східного борту.

Азимути падіння техногенних новоутворених текстур кар'єру «Південний» варіюють у межах 230–88°. Кути падінь – від 22 до 90°. Середній азимут падіння (за 9 замірами) техногенних нашарувань кар'єру – 350°, середній кут падіння (за 9 замірами) – 61,7°. Кути зміщень блочків (структурованих насипів й осипів між ціликами) за порядком співставні з подібними показниками західного борту кар'єру, але по горизонтальній осі з протилежним знаком.

Як видно з наведених даних, азимути, кути падінь, розкид цих значень та кути зміщення площин структурізації техногенної шаруватості близькі до таких показників у ціликах. Отже, формування структурно-текстурних новоутворень у межах техногенних нагромаджень відбувалося не по випадкових площинах і напрямках. Фактично мала місце відбудова цілісності порушених і повністю зниклих ділянок геологічного об'єму відповідно до того структурного впорядкування, що існує (існувало) в корінних породах. У літературних джерелах не виявлено подібних досліджень.

Висновки.

1. Становлення системи блочків кар'єрів «Північний» та «Південний» відбувалося в умовах зміщення по вертикальній і горизонтальній осях. Для кар'єру «Північний» різниця між бортами за середнім значенням замірів для площинних структур (що падають на захід та схід) незначна – в декілька градусів. Зміщення таких структур, що падають на захід для обох бортів,

Таблиця 1. Зведені структурні дані (за середніми значеннями) для кар'єру «Північний»

Table 1. Summary structural data (by average values) for the “Pivnichnyi” quarry

Об'єкт	Падіння структур, що падають на південний–північний захід				Падіння структур, що падають на південний–північний схід			
	азимут	розкид азимутів	кут, °	розкид кутів	азимут	розкид азимутів	кут, °	розкид кутів
цілики кар'єру	282,6	54,3	44,4	29,3	86,8	36,5	53,2	34
техногенні нагромадження	285,7	55	43,5	21	96,7	52,5	57,2	32,7

Таблиця 2. Зведені структурні дані для кар'єру «Південний»

Table 2. Summary structures data of the “Pivdennyi” quarry

Об'єкт	Середнє падіння площинних структур		Обертання блочків у ціликах та зміщення площин структурізації техногенних нагромаджень, (°)	
			сумарне	
	азимут, °	кут, °	по вертикальній осі	по горизонтальній осі
цілики західного борту	333	48,8	– 201,8	– 22,4
			– 14,3	– 1,7
цілики східного борту	293,3	31,9	– 14	2,4
			– 1,9	0,5
техногенні утворення	350	61,7	– 91,8	3,7
			– 16,3	0,7

майже в два рази більше стосовно структур, що падають на схід.

Для кар'єру «Південний» стосовно вертикальної осі найбільше значення обертання проти часової стрілки – для ціликів західного борту, найменше – для східного борту. Різниця між бортами за середнім значенням замірів становить $39,7^\circ$. Вирахуваний середньостатистичний оберт блочка західного борту становить $14,3^\circ$. Східного – $1,9^\circ$. Стосовно горизонтальної осі найбільше таке прокручування – для ціликів західного борту з негативним знаком, найменше – для ціликів східного борту з позитивним знаком. Різниця між бортами за середнім значенням замірів становить $16,9^\circ$. Вирахуваний середньостатистичний оберт блочка західного борту по горизонтальній осі становить $1,7^\circ$. Східного – $0,5^\circ$. Тобто ступінь техногенної порушеності західного борту на порядок вищий порівняно зі східним бортом кар'єру «Південний». Блочки техногенних нашарувань займають проміжне положення за зазначеними показниками між західним та східним бортами кар'єру.

2. У 70% техногенних геологічних тіл (осипів, насипів й ін.) кар'єрів «Північний» та «Південний», де повторно розробляються залізисті горизонти саксаганської світи, виявлено новоутворені текстури. Це шаруватість і сланцюватість, що утворені завдяки послідовному насипанню/осипанню та техногенній вібрації, які супроводжувалися гравітаційним ущільненням і грануляційною диференціацією подрібненої у видобуванні гірської маси, а також обертанням і переорієнтуванням пласких мінеральних агрегатів і уламків порід. Елементи залягання таких новоутворених текстур техногенних тіл у 80% випадків наслідують елементи залягання корінних порід у ціликах.

3. Просторове становлення новоутворених площин техногенних нагромаджень відбулося з успадкуванням наявної в ціликах структурної анізотропії зі створенням власної стратифікації. Чіткість вираженості (ступінь структуризації) та швидкість такої структуризації, скоріш за все, взаємопов'язана з темпами робіт у кар'єрі. Тобто блочки ціликів та техногенних нагромаджень розвивалися взаємоузгоджено як цілісний об'єкт. Отже, досліджувані техногенно-геологічні утворення є системою «блочки ціликів – техногенні нагромадження», що формувалася роками – десятиліттями в поверхневих умовах.

4. Здебільшого процеси, що розвиваються в ландшафтах зон техногенезу, розглядаються як небажані, деструктивні. У цьому випадку зафіксовано конструктивні явища – перетворення техногенних нагромаджень, їх «добудова»/структуризація, внаслідок яких відновлюється цілісність порушених, навіть повністю зниклих ділянок геологічного об'єму. Отже, в техногенних нагромадженнях протікають фізико-хімічні процеси, подібні до природних, вони активізуються завдяки господарській діяльності людини і спрямовані

на збереження природної рівноваги середовища. Виявлені новоутворення можна класифікувати як похідну первинну техногенну шаруватість, мікро-мезорівня, поверхневу, процес її формування – несвідомо регульованим.

5. Описані вище явища практично є природною лабораторією процесів формування структурно-текстурних елементів у сиких нагромадженнях. Їх відстеження в часі фактично дало б змогу спостерігати процеси самостворення/відтворення сучасних техногенно-природних об'єктів.

6. Ідентифікація й ранжування за певними ознаками структурних елементів техногенних тіл можуть бути застосовані як один з критеріїв оцінки асиміляційного потенціалу (за [6]) техногенно зміненого геологічного середовища.

7. Дослідження структурних новоутворень у техногенних нагромадженнях може бути в майбутньому застосовано і в оцінці сприятливості цих нагромаджень для господарського освоєння. Адже умови залягання та ступінь зрілості таких новоутворень визначатимуть рівень стабільності техногенного середовища.

Література

1. Верховцев В.Г., Покалюк В.В., Губіна В.Г., Снісар В.П., Антоненко Т.С., Земсков Г.О. Зміни магнітних властивостей магнетитових кварцитів Інгулецького родовища Кривбасу в процесі збагачення. *Геохімія техногенезу*, 2022. 7, с. 42–46.
2. Верховцев В.Г., Покалюк В.В., Губіна В.Г., Спиця Р.О., Яценко В.Г., Осьмачко Л.С., Заборовська Л.П., Литвиненко Ю.О., Лавриненко О.М., Снісар В.П., Тищенко Ю.Є., Кулібаба В.М., Ноженко О.В., Суліма Г.П., Чупринова С.Ф. Звіт (заклучний) про НДР. *Геологічне дослідження родовища окислених залізних руд 5-го та 6-го залізистих горизонтів саксаганської світи криворізької серії ділянок № 2 і № 3 кар'єру «Південний» (м. Кривий Ріг) з вивченням техногенної порушеності первинного геологічного середовища внаслідок багаторічної експлуатації родовища відкритим і підземним способами видобутку*. Київ, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». 2023. За договором № 02/2023-ІГНС від 13 червня 2023 р. з ТОВ «РУДОМАЙН».
3. Верховцев В.Г., Покалюк В.В., Губіна В.Г., Спиця Р.О., Яценко В.Г., Осьмачко Л.С., Заборовська Л.П., Литвиненко Ю.О., Лавриненко О.М., Снісар В.П., Тищенко Ю.Є., Кулібаба В.М., Ноженко О.В., Суліма Г.П., Чупринова С.Ф. Звіт (заклучний) про НДР. *Геологічне дослідження Саксаганського родовища залізних руд (руди повторної розробки четвертого та п'ятого залізистих горизонтів) у межах кар'єру «Північний» та його західного флангу (м. Кривий Ріг) з вивченням техногенної порушеності первинного геологічного середовища внаслідок тривалої експлуатації родовища відкритим і підземним способами видобутку*. Київ, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». 2023. За договором № 03/2023-ІГНС від 12 червня 2023 р. з ТОВ «УКРАЇНСЬКА ГІРНИЧОДОБУВНА КОМПАНІЯ».
4. Верховцев В.Г., Покалюк В.В., Ярошук М.О., Семенюк М.П., Сушук К.Г., Фомін Ю.О., Деміхов Ю.М., Осьмачко Л.С., Тищенко Ю.Є., Михайліченко О.М., Михальченко І.І., Дудар Т.В., Колябіна І.Л., Вайло О.В., Шкапенко В.В., Бужук Л.О., Лисиченко К.Г., Фаррахов О.В., Мельниченко Б.Ф., Кулібаба В.М., Ноженко О.В., Мещеряков С.В., Ярошенко К.К., Ганевич А.Є., Чупринова С.Ф. Металогенія урану, торію і супутніх елементів в геологічних структурах України. Київ : Наукова думка. 2023. ISBN 978-966-00-1889-1. <https://doi.org/10.15407/978-966-00-1889-1>.

5. Денисик Г.І., Задорожня Г.М. Похідні процеси та явища в ландшафтах зон техногенезу. Вінниця : ПП «Едельвейс і К». 2013.
6. Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. (наук. ред.), Курило М.М., Трофимчук О.М., Чумаченко С.М., Яковлев С.О., Беліцька М.В. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка. НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. Київ : Ніка-Центр. 2016.
7. Коржнев М.М. (ред.), Вижва С.А., Кошляков О.Є., Гожица А.П., Корнєнко С.В., Байсарович І.М., Аксьом О.С., Сухіна О.М. Екологічна геологія : підручник. Київ : ВПЦ «Київський університет». 2005.
8. Костюченко М.М. Механіка ґрунтів : навчальний посібник. Інтернет-ресурс Київського університету. 2013. URL: geol.univ@kiev.ua.
9. Котенко О., Перелигін К., Шаріков С., Ольшевська А. Геолого-економічна оцінка доцільності залучення бідних руд при бортовому вмісті Fe – 36% у межах ділянки № 2 кар'єру «Південний» у м. Кривий Ріг Дніпропетровської області. Звіт про розвідку родовища твердих корисних копалин. Київ. 2018.
10. Криницький Л.М. Роботи з георадарного сканування зон зсування і похованих воронко самообвалення, шахтних виробок та камер видобування в межах території кар'єру «Північний» і його західного флангу. Глибина сканування 100 м. Об'єм робіт 10705 п.м. Звіт про пошуки залишених гірничих виробок. Кар'єр «Північний». Кривий Ріг. ФОП Криницький. 2021.
11. Лукієнко О.І., Вакарчук С.Г., Кравченко Д.В. Структурно-парагенетичний аналіз (на тектонофаціальній основі). Книга 1: Епізона. Київ : КНУТШ. 2014.
12. Осмачко Л.С., Верховцев В.Г. Про структуризацію техногенних утворень в межах кар'єру «Південний» (м. Кривий Ріг). *Мінеральні ресурси України*, 2024. № 2, с. 29–37. <https://doi.org/10.31996/mru.2024.2.29-37>.
13. Позняк С.П., Телегуз О.Г. Антропогенні ґрунти : навчальний посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2021.
14. Hancock Greg, Willgoose Garry. Land destruction and redevelopment – the use of computer based landscape evolution models for post-mining landscape reconstruction. *Science.gov (United States)*. Post-mining landscape rehabilitation: Topics by WorldWideScience.org. 2017.
15. Karstunen M., Krenn H., Wheeler S.J., Koskinen M., Zentar R. Effect of Anisotropy and Destructuration on the Behavior of Murro Test Embankment. *International Journal of Geomechanics*. 2005. Volume 5, Issue 2. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1532-3641\(2005\)5:2\(87\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1532-3641(2005)5:2(87)).
16. Ronco C., Oggeri C., Peila D. Design of reinforced ground embankments used for rockfall protection. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, pp. 1189–1199. 2009. DOI: 10.5194/nhess-9-1189-2009. URL: [DOAJ www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1189/2009/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1189/2009/).
17. Young-Suk Song, Kyeong-Su Kim, Kyu-Seok Woo. Stability of embankments constructed from soil mixed with stone dust in quarry reclamation. *Environ Earth Sci*. 2012. 67: 285–292. DOI: 10.1007/s12665-011-1507-9.
18. Zeidan B.A., Shahien M., Elshemy M, Kirra M. Seepage and slope stability analysis of earth dams. *Conference: ICOLD 2018*. At: Vienna, 1-7/7/2018.
3. Verkhovtsev, V.G., Pokaliuk, V.V., Gubina, V.G., Spitsya, R.O., Yatsenko, V.G., Osmachko, L.S., Zaborovska, L.P., Lytvynenko, Yu.O., Lavrynenko, O.M., Snisar, V.P., Tyshchenko, Yu.E., Kulibaba, V.M., Nozhenko, O.V., Sulima, G.P., Chuprinova, S.F. Report (final) on the SRW. Kyiv, State University “Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine”. The contract No. 03/2023-IGNS dated June 12, 2023 with LLC “UKRAINIAN MINING COMPANY” (in Ukrainian).
4. Verkhovtsev, V.G., Pokaliuk, V.V., Yaroshuk, M.O., Semenyuk, M.P., Sushchuk, K.G., Fomin, Yu.O., Demikhov, Yu.M., Osmachko, L.S., Tyshchenko, Yu.E., Mykhailichenko, O.M., Mikhalchenko, I.I., Dudar, T.V., Kolyabina, I.L., Vailo, O.V., Shkapenko, V.V., Buzhuk, L.O., Lysychnenko, K.G., Farrakhov, O.V., Melnychenko, B.F., Kulibaba, V.M., Nozhenko, O.V., Meshcheryakov, S.V., Yaroshenko, K.K., Ganevich, A.E., Chuprinova, S.F. Metallogeny of uranium, thorium and related elements in the geological structures of Ukraine. 2023. Kyiv: Naukova dumka. ISBN 978-966-00-1889-1. <https://doi.org/10.15407/978-966-00-1889-1>
5. Denisik, G.I., Zadorozhnyia, G.M. (2013). Derivative processes and phenomena in the landscapes of technogenesis zone. Vinnitsa: “Edelweis & K” (in Ukrainian).
6. Dovgii, S.O., Ivanchenko, V.V., Korzhnev, M.M. (scientific editor), Kurylo, M.M., Trofymchuk, O.M., Chumachenko, S.M., Yakovlev, E.O., Belitska, M.V. (2016). Assimilation potential of the geological environment and its evaluation. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Telecommunications and Global. information space. Kyiv: Nika-Center (in Ukrainian).
7. Korzhnev, M.M. (Ed.), Vyzhva, S.A., Koshlyakov, O.E., Gozhik, A.P., Korneyenko, S.V., Baisarovych, I.M., Aksyom, O.S., Sukhina, O.M. (2005). Environmental geology: a textbook. Kyiv: VOC “Kyiv University” (in Ukrainian).
8. Kostyuchenko, M.M. (2013). Soil mechanics: a textbook. Internet resource of Kyiv University. Retrieved from: geol.univ@kiev.ua. (in Ukrainian).
9. Kotenko, O., Perehylin, K., Sharikov, S., Olshevska, A. (2018). Report on the exploration of a solid mineral deposit. Kyiv (in Ukrainian).
10. Krynytskyi, L.M. (2021). Report on the search for abandoned mining products. Quarry “Pivnichnyi”. Kryvyi Rih. FOP Krynytskyi (in Ukrainian).
11. Lukienko, O.I., Vakarchuk, S.G., Kravchenko, D.V. (2014). Structural and paragenetic analysis (on a tectonofacies basis). *Book 1: Epizone*. Kyiv: KNUTSH. (in Ukrainian).
12. Osmachko, L.S., Verkhovtsev, V.G., (2024). On the structurization of technological formations within the limits of the “Pivdennyi” quarry (city Kryviy Rih). *Mineral resources of Ukraine*, № 2, p. 29–37. <https://doi.org/10.31996/mru.2024.2.29-37> (in Ukrainian).
13. Pozniak, S.P., Teleguz, O.H. (2021). *Anthropogenic soils: Study guide*. Lviv: Ivan Franko LNU (in Ukrainian).
14. Hancock, Greg, Willgoose, Garry (2017). Land destruction and redevelopment – the use of computer based landscape evolution models for post-mining landscape reconstruction. *Science.gov (United States)*. post-mining landscape rehabilitation: Topics by WorldWideScience.org
15. Karstunen, M., Krenn, H., Wheeler, S.J., Koskinen, M., Zentar, R. (2005). Effect of Anisotropy and Destructuration on the Behavior of Murro Test Embankment. *International Journal of Geomechanics*. Volume 5, Issue 2. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1532-3641\(2005\)5:2\(87\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1532-3641(2005)5:2(87)).
16. Ronco, C., Oggeri, C., Peila, D. (2009). Design of reinforced ground embankments used for rockfall protection. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, pp. 1189–1199. DOI: 10.5194/nhess-9-1189-2009. Retrieved from: [DOAJ www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1189/2009/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1189/2009/).
17. Young-Suk Song, Kyeong-Su Kim, Kyu-Seok Woo (2012). Stability of embankments constructed from soil mixed with stone dust in quarry reclamation. *Environ Earth Sci* 67: 285–292. DOI: 10.1007/s12665-011-1507-9.
18. Zeidan, B.A., Shahien, M., Elshemy, M, Kirra, M. (2018). Seepage and slope stability analysis of earth dams. *Conference: ICOLD 2018*. At: Vienna, 1-7/7/2018.

References

1. Verkhovtsev, V.G., Pokaliuk, V.V., Gubina, V.G., Snisar, V.P., Antonenko, T.S., Zemskov, G.O., (2022). *Geochemistry of technogenesis*, 7, p. 42–46 (in Ukrainian).
2. Verkhovtsev, V.G., Pokaliuk, V.V., Gubina, V.G., Spitsya, R.O., Yatsenko, V.G., Osmachko, L.S., Zaborovska, L.P., Lytvynenko, Yu.O., Lavrynenko, O.M., Snisar, V.P., Tyshchenko, Yu.E., Kulibaba, V.M., Nozhenko, O.V., Sulima, G.P., Chuprinova, S.F. (2023). Report (final) on the SRW. Kyiv, State University “Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine”. The contract No. 02/2023-IGNS dated June 13, 2023 with RUDOMAIN LLC (in Ukrainian).

ON THE STRUCTURIZATION OF TECHNOGENICAL FORMATIONS WITHIN THE LIMITS OF THE “PIVNICHNYI” AND “PIVDENNYI” IRON ORE QUARRY’S (KRYVIY RIH CITY)**Osmachko L.S.****Osmachko L.S.**, DSc (Geol.), senior researcher, State Institution “Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine”, ORCID: 0000-0003-1248-261X, osml@ukr.net

The research was conducted within the “Pivnichnyi” and “Pivdennyi” iron ore quarries in the city of Kryvyi Rih with the aim of more effective further use of the technogenically transformed areas of the subsoil and the earth’s surface of Kryvbas. The fixation of bedding elements in relatively undisturbed, small-sized blocks (hereinafter – “blocks” or “surviving block”) of quartzites and shales of the saksagan suite and in blocks of demarcation of surviving block – technogenic accumulations was carried out. In relatively undisturbed blocks of quartzite, such elements for banding, schistosity, linearity of mineral aggregates, axes of folded forms, striation, furrows, etc. were measured. Among technogenic accumulations (scree slope, embankments and filled artificial cavities), according to the degree of structuring, unstructured and structured to varying degrees were observed. Layering, mechanical schistosity and linearity are fixed within them. Formation of the system of blocks of the “Pivnichnyi” and “Pivdennyi” quarry’s was carried out by displacement along the vertical and horizontal axes. The emergence of newly formed planes of technogenic accumulations took place with the inheritance of the structural anisotropy existing in the surviving block with the creation of its own stratification. Therefore, the investigated system “surviving block – technogenic accumulations” developed and formed as a complete object, mutually coordinated, years – decades in surface conditions. The transformation of technogenic accumulations, their “completion”/structuring, as a result of which the integrity of disturbed and missing areas of the geological volume is restored, are constructive phenomena. They are practically a natural laboratory of processes of formation of structural and textural elements in loose accumulations. Their tracking in time would make it possible to actually observe the processes of self-creation/reproduction of modern technogenic-natural objects. The ranking of structural neo formations in technogenic accumulations can be used as one of the criteria for assessment the assimilation potential of these accumulations and their suitability for economic reclaim.

Key words: ferruginous horizons, “Pivnichnyi” and “Pivdennyi” quarry’s, undisturbed blocks, technogenic accumulations, bedding elements, structurings.

Подяки: Автор статті висловлює щирю подяку керівництву і геологам ТОВ «РУДОМАЙН» та «УКРАЇНСЬКА ГІРНИЧО-ДОБУВНА КОМПАНІЯ» за технічне сприяння дослідженням, також надання вичерпних пояснень і консультацій.