

УДК 553.043

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.107.10>

Владислав ЛУКОМСЬКИЙ, асп.

ORCID ID:0000-0003-2282-3254

e-mail: lukoma770@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Марія КУРИЛО, д-р геол. наук, доц.

ORCID ID:0000-0002-1411-2754

e-mail: marikurylo@meta.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ПАРАМЕТРИ КОНДИЦІЙ ДЛЯ ПІДРАХУНКУ ЗАПАСІВ РОДОВИЩ БУДІВЕЛЬНОГО КАМЕНЮ В РЕГІОНАХ ПОШИРЕННЯ ЛЬОДОВИКОВИХ ВІДКЛАДІВ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.А. Михайловим)

Об'єктами дослідження є родовища кристалічних порід, які розробляються для виробництва каменю будівельного та щебеневої сировини і локалізовані в межах поширення гляціальних та флювіогляціальних відкладів.

У роботі систематизовано параметри кондицій для підрахунку запасів для родовищ будівельного каменю. Визначено випадки оцінки основної, супутньої та спільно залягаючої корисної копалини. Традиційно параметри кондицій для таких родовищ враховують вимоги до якості основної корисної копалини, глибини відпрацювання запасів та товщини розкритих порід. Встановлено, що для більшості об'єктів використовують такі параметри для підрахунку запасів: 1) стратиграфічне положення корисної копалини; 2) параметри якості корисної копалини, де головними є фізико-механічні властивості, що визначають придатність сировини для виробництва щебеню будівельного або каменю бута; 3) максимальна товщина розкритих порід становить від 1 до 28,5 м; 4) встановлення охоронних ціликів, вибухонебезпечних зон тощо; 5) максимальна глибина розробки і горизонт підрахунку запасів. Максимальна сумарна питома активність природних радіонуклідів у пробах корисної копалини не повинна перевищувати значення в 370 Бк/кг. Оцінюються також продукти дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом і мають відповідати вимогам стандарту "Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови". Для таких родовищ корисна копалина використовується для виготовлення щебеню фракції понад 5 до 10 мм, понад 10 до 20 мм, понад 20 до 40 мм, понад 40 до 70 мм та суміш фракцій понад 5 до 20 мм, понад 0 до 40 мм, понад 0 до 70 мм.

Розглянуто доцільність комплексного освоєння родовищ будівельного каменю та щебеневої сировини. Зокрема, запропоновано розглядати розкриті породи, представлені відкладами льодовикового походження, як супутні корисні копалини, які мають напрями використання сировини у будівельній індустрії та ландшафтному дизайні. Розраховано граничний коефіцієнт розкриття для родовищ, які вивчаються.

Визначено залежність граничного коефіцієнта розкриття від зміни собівартості видобутку корисної копалини та розкритих порід.

Ключові слова: параметри кондицій, підрахунок запасів, запаси будівельного каменю, льодовикові відклади.

Вступ

Актуальність роботи пов'язана з можливістю ефективного комплексного відпрацювання родовищ гранітів, які розташовані в межах поширення льодовикових відкладів. Ефективність комплексного освоєння стосується використання розробки розкритих порід як будівельної сировини та матеріалу для ландшафтного дизайну (Вимоги до комплексного..., 1997). Доцільність такого освоєння має визначитися в результаті геолого-економічної оцінки, де окремим варіантом буде передбачено врахування розкриття як супутньої або спільно залягаючої корисної копалини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальні засади геолого-економічної оцінки та підрахунку запасів для родовищ щебеневої сировини розглядаються у вітчизняних нормативних документах, зокрема Класифікації запасів і ресурсів Державного фонду надр (Про затвердження Класифікації..., 1997) та Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ будівельного й облицювального каменю (Про затвердження Інструкції..., 2003). Кількісна оцінка запасів родовищ щебеневої сировини періодично подається у довідкових виданнях Державної служби геології та надр України (Мінеральні ресурси..., 2020).

Традиційно об'єктами оцінювання є запаси і ресурси кристалічних порід, які за фізико-механічними властивостями відповідають вимогам будівельної індустрії до виробництва щебеневої товарної продукції. Також оцінюються і відходи такого виробництва, які зазвичай класифікуються як супутні корисні копалини та компоненти (рис. 1).

Здебільшого для вітчизняних родовищ щебеневої сировини оцінюється саме основна корисна копалина, яка

визначає не лише промислове значення, але й встановлює базовий напрям використання сировини. У меншій кількості випадків оцінюють і супутні корисні копалини, якими зазвичай є вивірені різновиди кристалічних порід, а також відходи переробки основної корисної копалини. Спільно залягаючі корисні копалини оцінюються в дуже рідкісних випадках, і найчастіше притаманними ГЕО інших типів родовищ.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. У даній роботі досліджуються родовища щебеневої сировини, для яких можливе і доцільне комплексне використання корисних копалин, тобто видобуток усіх корисних копалин родовища та їх промислове використання, а також використання відходів, що утворюються у процесі видобутку і переробки мінеральної сировини відповідно до Класифікації запасів і ресурсів державного фонду надр. Комплексне використання об'єктів можливе за рахунок використання саме спільно залягаючих корисних копалин, які зосереджені в межах розкритих порід – гляціальних та флювіогляціальних відкладів. За нормативним визначенням це корисні копалини, що утворюють у розкритих і вмісних породах самостійні поклади, селективний видобуток і вилучення яких технологічно можливі та економічно доцільні у процесі видобутку основних корисних копалин (Про затвердження Класифікації..., 1997).

Формулювання цілей статті. Завданням даного дослідження є узагальнення і систематизація параметрів кондицій для родовищ гранітів, які розташовані в межах поширення льодовикових відкладів, для яких передбачено комплексне використання корисних копалин.

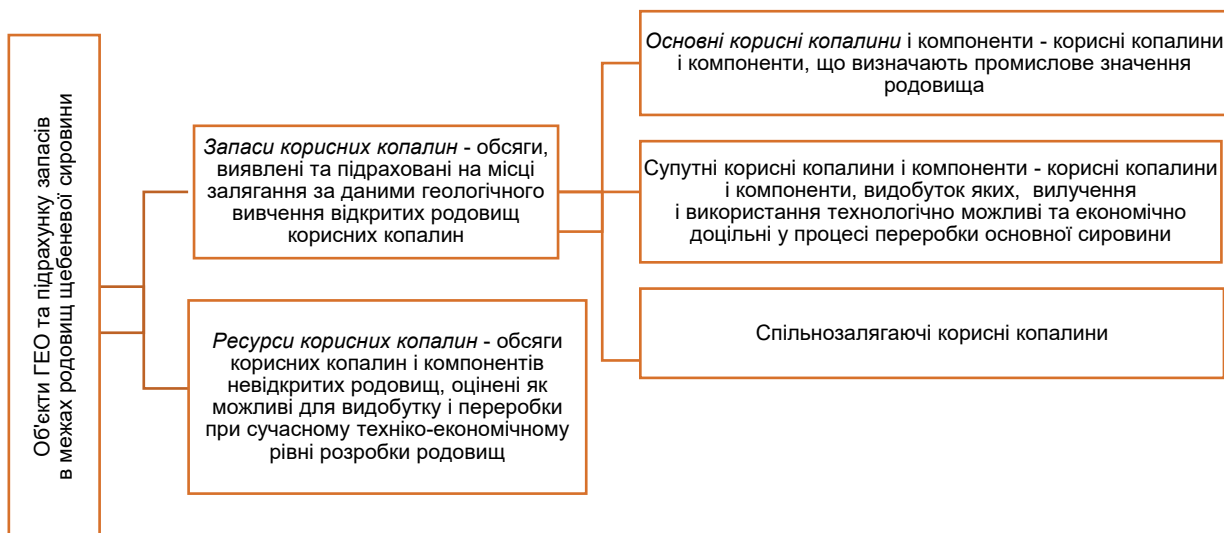


Рис. 1. Систематизація об'єктів ГЕО для родовищ щебеневої сировини відповідно до нормативних документів

Результати

Об'єктами даного дослідження є родовища кристалічних порід (будівельного каменю), які розташовані в межах поширення льодовикових відкладів, зокрема Соснівське, Богуславське та Кошівське родовища гранітів, а також родовище лабрадориту "Синій Камінь". За кількістю запасів названі родовища природного каменю належать до середніх, для яких запаси категорій А + В + С₁ оцінені у кількості 10 000–30 000 тис. м³, а також до малих родовищ, для яких запаси промислових категорій оцінюються до 10 000 тис. м³.

Для узагальнення і систематизації параметрів кондицій для родовищ гранітів, які розташовані в межах поширення льодовикових відкладів, використано вибірку родовищ, які мають достатній ступінь геологічного вивчення і промислового освоєння. Всі об'єкти мають підраховані промислові запаси (балансові) основної та супутніх корисних копалин (без оцінки промислового значення розкривних порід).

Врахування розкривних порід як супутньої корисної копалини передбачає розробку відповідних кондицій на мінеральну сировину, які визначені як "сукупність граничних вимог до якості та кількості мінеральної сировини в надрах, гірничо-геологічних умов залягання, гірничотехнічних та інших умов розробки продуктивних покладів, дотримання яких під час підрахунку забезпечує найбільш повний й економічно ефективний видобуток і використання наявних запасів та ресурсів корисних копалин" (Про затвердження Інструкції..., 2003).

Власне для оцінювання промислових запасів встановлюють параметри кондицій, які є граничними абсолютними (мінімальними, максимальними) значеннями показників кондицій, які встановлюються для проби, інтервалу, розвідувального перетину, видобувного уступу чи підрахункового блоку продуктивного покладу на підставі техніко-економічних розрахунків, чинних стандартів і технічних умов, технічних завдань користувачів надр, досвіду геологорозвідувальних робіт та експлуатації родовищ (Про затвердження Інструкції..., 2003).

Для підрахунку запасів у 90 % випадків використано такі параметри:

1. Стратиграфічна приуроченість корисної копалини – нижньопротерозойські незмінені граніти та порушені вивітрюванням граніти уманського комплексу.

2. Параметри якості корисної копалини:

• фізико-механічні властивості, що визначають придатність сировини;

• для виробництва щебеню будівельного відповідно до вимог ДСТУ Б.В.2.7-75-98 "Щебень і гравій щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови";

• для виробництва каменю будового відповідно до вимог ДСТУ Б.В.2.7-241:2010. "Камінь будовий. Технічні умови";

• продукти дроблення граніту на фракційний щебень, які представлені відсівом, відповідають вимогам ДСТУ Б.В.2.7-210:2010 "Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови", і можуть використовуватись як товарна продукція;

• для виробництва облицювальних виробів із блоків природного каменю відповідно до вимог ДСТУ Б.В.2.7-59-97 "Блоки із природного каменю для виробництва облицювальних виробів";

• корисна копалина, придатна для виготовлення щебеню щільного: фракції понад 5 до 10 мм вкл., понад 10 до 20 мм вкл., понад 20 до 40 мм вкл., понад 40 до 70 мм вкл. та суміш фракцій понад 5 до 20 мм вкл., понад 0 до 40 мм вкл., понад 0 до 70 мм вкл.;

• корисна копалина придатна для виготовлення каменю будового;

• максимальна сумарна питома активність природних радіонуклідів у пробах корисної копалини не повинна перевищувати значення в 370 Бк/кг відповідно до ДБН В.1.4-1.01-97 "Система норм і правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні".

3. Граничні вимоги до гірничо-геологічних умов розробки:

• віднесення до розкривних порід окремих літологічних різновидів – ґрунтово-рослинний шар, пісок, жорства та вивітрені граніти;

• максимальна товщина розкривних порід становить від 1 до 28,5 м.

4. Встановлення охоронних ціликів, вибухонебезпечних зон та ін.

5. Максимальна глибина розробки і горизонт підрахунку запасів.

На рис. 2–5 наведено приклади параметрів кондицій для типових родовищ щебеневої сировини Київської області.



Соснівське родовище гранітів

- 1. Корисна копалина - незмінені та порушені вивітрюванням гранітоїди фастівського комплексу нижнього протерозою;
- 2. Фізико-механічні властивості корисної копалини, які визначають придатність для виробництва щебеню будівельного, для виробництва каменю бутового та продуктів дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом;
- 3. Горизонт підрахунку запасів +76,0 м, у контурі кар'єру, об'рунтованого робочим проектом.
- 4. За рівнем природної радіоактивності граніти повинні відповідати вимогам НРБУ 76.

Рис. 2. Параметри для підрахунку запасів Соснівського родовища



Богуславське родовище гранітів

- 1. Корисна копалина – нижньопротерозойські незмінені граніти та порушені вивітрюванням граніти у манського комплексу;
- 2. Фізико-механічні властивості корисної копалини, які визначають придатність для виробництва щебеню будівельного, для виробництва каменю бутового та продуктів дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом;
- 3. Корисна копалина придатна для виготовлення щебеню щільного: фракції понад 5 до 10 мм вкл., понад 10 до 20 мм вкл., понад 20 до 40 мм вкл., понад 40 до 70 мм вкл. та суміш фракцій понад 5 до 20 мм вкл., понад 0 до 40 мм вкл., понад 0 до 70 мм вкл.;
- 4. Корисна копалина придатна для виготовлення каменю бутового;
- 5. До розкривних порід на родовищі віднести ґрунтово-рослинний шар, пісок, жорстку та вивітрені граніти;
- 6. Максимальна потужність розкривних порід становить до 28,5 м;
- 7. Підрахунок запасів виконати в контурі проектного кар'єру відповідно до проекту розробки родовища, до відмітки +33,0 м;
- 8. Максимальна сумарна питома активність природних радіонуклідів відповідно до ДБН В.1.4-1.01-97;
- 9. Охоронні цілики навколо транспортних шляхів;
- 10. Охоронний цілик 100,0 м р. Рось;
- 11. Вибухобезпечна зону в 300,0 м від найближчих забудов.

Рис. 3. Параметри для підрахунку запасів Богуславського родовища



Кошіївське родовище гранітів

- 1. Корисна копалина - нижньопротерозойські незмінені граніти та порушені вивітрюванням граніти;
- 2. Фізико-механічні властивості корисної копалини, які визначають придатність для виробництва щебеню будівельного, для виробництва каменю бутового та продуктів дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом;
- 3. Підрахунок запасів виконати в контурі кар'єра до горизонту з абсолютною відміткою +45,0 м.
- 4. За рівнем природної радіоактивності граніти повинні відповідати вимогам НРБУ 76.

Рис. 4. Параметри для підрахунку запасів Кошіївського родовища



Родовище лабродариту "Синій Камінь"

- 1. Корисна копалина - нижньопротерозойські незмінені граніти та порушені вивітрюванням граніти;
- 2. Фізико-механічні властивості корисної копалини, які визначають придатність для виробництва блочного ДСТУ БВ.2.7-59-97 "Блоки із природного каменю для виробництва облицювальних виробів. Загальні технічні умови". Фізико-механічні властивості каменю: Об'ємна вага: 2660-2740 кг/м³, водопоглинання матеріалу: 0,02-0,06 %, межа міцності на стиск: 125-168 МПа стійкість до стирання: 0,09-0,16 г/см²;
- 3. Корисна копалина придатна для виготовлення блоків із природного каменю для виробництва облицювальних виробів.
- 4. До розкривних порід на родовищі віднести ґрунтово-рослинний шар, пісок, жорстку та вивітрені граніти
- 5. За рівнем природної радіоактивності граніти відповідають вимогам НРБУ 76.

Рис. 5. Параметри для підрахунку запасів родовища "Синій Камінь"

Як бачимо, у переліку параметрів відсутні показники, які характеризують можливість використання гляціальних та флювіогляціальних порід, що складають істотну частину розкриву даних родовищ. Для оцінки використання цих порід як супутньої корисної копалини пропонується врахувати їх геологічні особливості, оскільки у північних регіонах України виділяють як льодовикові, так і флювіогляціальні відклади. Льодовикові відклади, або тілли, складені з несортованих валунів та гальки різного складу та віку в дрібнозернистій глинистій муловій матриці. Товщина відкладів – від 0,5 м до понад 18 м. Ці відклади, які складають істотну частину розкривних порід, можуть також розглядатись як супутні або спільно залягаючі корисні копалини, які можуть або вже використовуються в будівельній індустрії та в ландшафтному дизайні.

Оскільки (Про затвердження Положення..., 2006) використання розкриву змінює ефективність розробки основної корисної копалини, то в даному випадку доречним є застосування граничного коефіцієнта розкриву ($k_{гр}$), який характеризує питомий (на одиницю корисної копалини) максимальний об'єм розкривних порід, що переміщуються, за якого витрати ($C_{в'}$) на видобуток одиниці корисної копалини відкритим способом не

перевищують аналогічних витрат (C_n) при підземному способі, тобто $C_{в'} \leq C_n$. Величина $C_{в'}$ визначається за формулою:

$$C_{в'} = C_{в} + k_{т} \cdot C_{р},$$

де: $C_{в}$ – витрати на видобуток 1 т корисної копалини без урахування витрат на розкривні роботи, грн; $C_{р}$ – витрати на розробку 1 м³ розкривних порід, грн; $k_{т}$ – поточний коефіцієнт розкриву, м³/т.

Значення коефіцієнтів розкриву є важливими показниками відкритих розробок. Вони служать для визначення економічно ефективних границь відкритих гірничих робіт і граничної глибини кар'єрів при розробці похилих і крутих покладів, що залягають на значній глибині, а також для планування продуктивності кар'єру і собівартості корисної копалини.

Для перелічених об'єктів було встановлено розрахункове значення граничного коефіцієнта розкриву, яке лежить у межах 3–5 м³/м³ і залежить від собівартості робіт, глибини розробки та інших факторів. На рис. 6. наведено залежність граничного коефіцієнта розкриву від зміни собівартості видобутку корисної копалини та розкривних робіт.

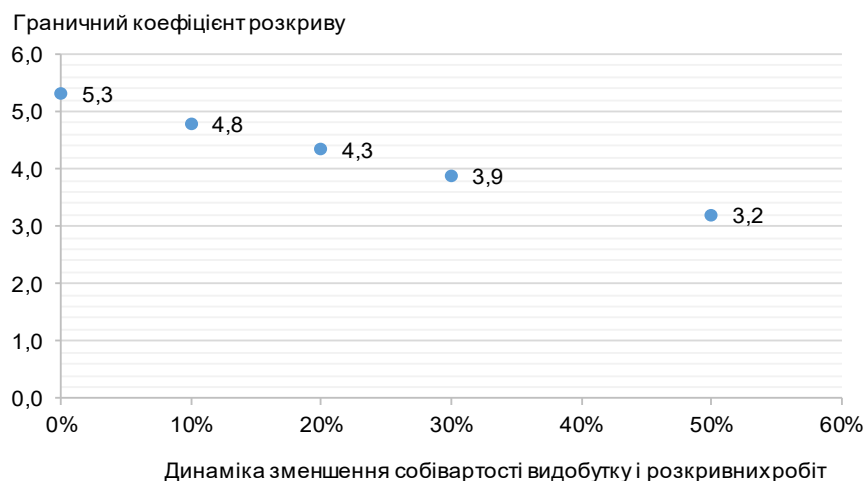


Рис. 6. Залежність граничного коефіцієнта розкриву від зміни собівартості видобутку корисної копалини та розкривних робіт

Дискусія і висновки

Отже, при комплексному освоєнні родовищ гранітів, розташованих у межах поширення льодовикових відкладів, має проводитись геолого-економічна оцінка, яка передбачає хоча б один варіант альтернативного використання розкритих порід як супутньої або спільно залягаючої корисної копалини (Про затвердження Класифікації..., 1997). Параметрами кондицій, які додатково до традиційних параметрів якості та кількості запасів рекомендуються до використання, є граничний коефіцієнт розкриття та мінімальні/максимальні розміри валунів і уламків у породах гляціального і флювіогляціального походження, що можуть використовуватись як будівельна сировина та матеріал для ландшафтного дизайну.

Внесок авторів: Владислав Лукомський – методологія, збір та аналіз даних, підготовка ілюстрації написання (оригінальна чернетка); Марія Курило – концептуалізація, методологія, формальний аналіз підготовки ілюстрацій, написання (перегляд та редагування).

Список використаних джерел

Вимоги до комплексного вивчення родовищ і підрахунку запасів супутніх корисних копалин і компонентів та відходів гірничого виробництва. (1997). Державна комісія України по запасах корисних копалин, ст. 17.
Мінеральні ресурси України. (2020). Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України".

Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ будівельного й облицювального каменю. (2003). *Офіційний вісник України*, 6, 205. Стаття 261, код акта 24374/2003.

Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. (1997). *Офіційний вісник України*, 19, 104. Код акта 700/1997. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>

Про затвердження Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. (2006). *Офіційний вісник України*, 5, 137. Стаття 246, код акта 35044/2006.

References

Mineral resources of Ukraine. (2020). State Scientific and Production Enterprise "State Information Geological Fund of Ukraine" [in Ukrainian].

On Approval of the Classification of Mineral Reserves and Resources of the State Fund of Subsoil. (1997). *Official Edition of Ukraine*, 19, 104. Act Code 700/1997 [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>

On Approval of the Instruction on the Application of the Classification of Mineral Reserves and Resources of the State Fund of Subsoil to the Deposits of Construction and Facing Stone. (2003). *Official Edition of Ukraine*, 6, 205. Article 261, Act Code 24374/2003 [in Ukrainian].

On Approval of the Regulation on the Procedure for Development and Substantiation of Mineral Resource Conditions for Estimation of Subsoil Reserves. (2006). *Official Edition of Ukraine*, 5, 137. Article 246, Act Code 35044/2006 [in Ukrainian].

Requirements for the comprehensive study of deposits and calculation of reserves of associated minerals and components and wastes of mining production. (1997). State Commission of Ukraine on Mineral Resources, p. 17 [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 14.06.24

Прорецензовано / Revised: 25.09.24

Схвалено до друку / Accepted: 20.12.24

Vladyslav LUKOMSKYI, PhD student

ORCID ID:0000-0003-2282-3254

e-mail: lukoma770@gmail.com

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Mariia KURYLO, DSc (Geol.), Assoc. Prof.

ORCID ID:0000-0002-1411-2754

e-mail: marikurylo@meta.ua

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

CUT-OFF PARAMETERS FOR RESERVES CALCULATION OF CONSTRUCTION STONE DEPOSITS WITHIN THE DISTRIBUTION OF GLACIAL SEDIMENTS

The study objects are crystalline rocks deposits, which are developed for the production of construction and crushed stone, and are localized within the distribution of glacial and fluvioglacial deposits. Traditionally, the cut-off parameters for such deposits mainly take into account the requirements for the quality of the main mineral, the mining depth and the overburden thickness.

The study systematizes the cut-off parameters for reserves calculating for deposits of construction and crushed stone. The cases of assessment of the main mineral, co-occurring and by-product minerals have been determined. Traditionally, the cut-off parameters for such deposits mainly take into account the requirements for the quality of the main mineral, mining depth and the overburden thickness. It was defined that the following parameters are used for the reserves calculation for most objects: 1) stratigraphic definitions of the mineral – mineral – Lower Proterozoic unaltered granites and weathered granites of the Uman complex or other crystalline rocks; 2) mineral quality parameters, where the main physical and mechanical properties determine the suitability of raw materials for the production of crush stone and for the production of rubble stone; 3) the maximum thickness of overburden is from 1 to 28.5 m; 4) defining security cells, explosive zones, etc.; 5) the maximum mining depth and horizon of reserve calculation. The maximum total specific activity of natural radionuclides in mineral samples should not exceed the value of 370 Bq/kg. The products of crushing granite into fractional crushed stone, which are represented by screening, are also evaluated and must meet the requirements of the standard "Sand from screenings of crushing igneous rocks for construction works. Specifications".

This study examines the effectiveness of comprehensive development of construction and crushed stone deposits. In particular, it is proposed to consider overburden rocks, which are represented by deposits of glacial origin, as accompanying minerals, which have the directions of using raw materials in the construction industry and landscape design. The limit coefficient of overburden for the studied deposits is calculated.

The dependence of the limit coefficient of overburden on the change in the cost of mineral extraction and overburden work is determined.

Keywords: cut-off parameters, reserves calculation, reserves of construction and crush stones, glacial deposits.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.