

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ГІРНИЧОТЕХНІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ОБВОДНЕНИХ ЗАЛИШКОВИХ ВИРОБЛЕНИХ ПРОСТОРІВ КАР'ЄРІВ

Розроблені технологічні рішення значною мірою, комплексно вирішують питання рекультивациі обводнених залишкових вироблених просторів кар'єрів. Забезпечується підвищення якості додатково відновлених земель для потреб сільськогосподарського використання та промислово-цивільного будівництва.

The method largely comprehensively directs to issues reclamation of flooded quarry residual spaces. Improves the quality of the disturbed lands reclamation that allows to include restored area to agricultural use and industrial and civil construction.

Разработанные технологические решения в значительной степени, комплексно решают вопросы рекультивации обводненных остаточных выработанных пространств карьеров. Повышение качества восстановления нарушенных земель обеспечивается использованием площадей, дополнительно восстановленных для нужд сельскохозяйственного использования и промышленно-гражданского строительства.

**Вступ.** Розвиток технічного прогресу призвів до того, що значна кількість населення земного шару нині живе в оточенні техногенних ландшафтів. Мільйони гектарів землі зазнають безпосереднього впливу від промисловості, у тому числі від відкритих гірничих робіт. Унаслідок цього змінюється рельєф земної поверхні та її літологічна основа, повністю знищується рослинний і ґрунтовий покриви. Особливо помітним є швидкий темп негативної зміни ландшафту в індустріально розвинутих країнах. Так, якщо в Україні ці площі приблизно складають 270 тис. га, то в Росії – 20 млн га, в США – 12 млн га, у Великобританії – 70 тис. га, Румунії та Польщі по 30 тис. га [1].

Проблема рекультивациі територій порушених земель в результаті відкритих гірничих робіт, з кожним роком постає все гостріше через постійне збільшення кількості вже відпрацьованих і покинутих кар'єрів. Також збільшуються площі територій, на яких розташовуються відвали, відходи гірничої та металургійної промисловості.

У деяких випадках відсутність якісної рекультивациі залишкових вироблених просторів кар'єрів викликана: браком розкривних порід у зовнішніх відвалах, обводненням гірничих виробок і недосконалістю технологічного процесу, який потребує додаткових об'ємів робіт з екскавациі та переміщення гірничих порід.

**Постановка завдання.** Для вирішення проблеми відновлення та повернення порушених земель у сільськогосподарське використання та їх залучення у цивільне будівництво необхідно підвищувати ефективність технології гірничотехнічної рекультивациі залишкових вироблених просторів. Одним з таких напрямів може бути їх засипка породами розкриву та відходами промисловості та господарства. Однак, на сьогоднішній день використання таких технологій недостатньо обґрунтоване як в теоретичному так і в практичному плані. Відсу-

тні комплексні дослідження зі встановлення параметрів відвальних ярусів, які формуються у виробленому просторі при його засипці. Також відкритими для досліджень залишаються питання показників роботи гірничотранспортного устаткування в умовах формування техногенного об'єкту форми «внутрішній відвал» у виробленому просторі кар'єру із різних за фізичним і хімічним складом речовин. Тому вирішення питань вдосконалення гірничотехнічної рекультивації обводнених залишкових вироблених просторів кар'єрів дозволить підвищити екологічну безпеку на територіях гірничовидобувних регіонів та збільшити площі відновлення земель, які були порушені відкритими гірничими роботами.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналіз науково-технічних рішень з вдосконалення технології рекультивації залишкових вироблених просторів дозволив виявити основні напрямки вирішення поставленої проблеми.

Один з існуючих способів рекультивації залишкового виробленого простору передбачає його засипку спрямованим вибухом гірських порід, які розташовані у бортах кар'єру з наступною закладкою виробленого простору кар'єру. Засипка відбувається екскаватором паралельними заходками від протилежних бортів кар'єру [2]. Однак цей спосіб засипки має значний недолік, який полягає у тому, що через брак гірських порід у бортах кар'єру неможливо заповнити увесь вироблений простір. Тому цей спосіб може забезпечити лише часткову рекультивацію території гірничого відводу.

Найбільш близьким технічним рішенням задачі підвищення ефективності технології гірничотехнічної рекультивації обводнених залишкових вироблених просторів кар'єрів є спосіб рекультивації, який передбачає їх повне заповнення брикетованими твердими побутовими відходами з попереднім подрібненням і поярусною засипкою. Після їх складування, сформовані яруси покривають ізолюючим шаром глини, поверх якої укладають родючий шар ґрунту [3]. Недоліком цього способу є значні витрати на попереднє подрібнення твердих побутових відходів і виготовлення з них ізольованих брикетів, що забезпечить захист ґрунтових вод. Недоліком цього способу є додаткові витрати на транспортування відходів на брикетну станцію, з якої вони транспортуються у вироблений простір кар'єру.

Складність вирішення задачі також полягає у тому, що більшість залишкових вироблених просторів кар'єрів є обводненими, а відповідно до положень ДБН [4] розміщати побутові відходи в них заборонено. Це пов'язано з тим, що відходи несуть в собі потенціальну екологічну загрозу, тому їх використання в якості матеріалу для заповнення залишкового виробленого простору, при рекультивації кар'єру, вимагає дотримання особливих умов для запобігання впливу на навколишнє середовище.

Розробка нових технологічних схем рекультивації обводнених вироблених просторів кар'єрів повинна виконуватись з урахуванням наведених вище положень. Основними умовами при розробці цих схем є:

– забезпечення високого рівня інженерного захисту геологічного середовища від проникнення забруднюючих речовин;

– використання технологій попередньої підготовки залишкового виробленого простору кар'єру перед розміщенням відходів;

– використання сучасних методів складування відходів з метою їх ізоляції від навколишнього середовища.

Виходячи з цього, при розміщенні відходів у виробленому просторі кар'єру необхідно враховувати ряд факторів і вимог до їх властивостей (фізичних, компресійних, абразивних, корозійних, санітарно-бактеріологічних та ін.), а також параметри виробленого простору кар'єру і вид корисної копалини, яка видобувається.

При виборі матеріалу для заповнення залишкового виробленого простору необхідно враховувати наступні фактори:

– еколого-гігієнічний – забезпечення охорони здоров'я людей і навколишнього середовища;

– ресурсній – наявність достатньої кількості відходів для заповнення кар'єру;

– реакційної здатності – хімічна індиферентність компонентів відходів;

– інженерно-геологічний – схожість відходів з природними матеріалами кар'єру.

Кожний із факторів враховує певні властивості і характеристики відходів. Так у результаті проведеного аналізу фізико-механічних, хімічних і гранулометричних властивостей полігонів захоронення відходів встановлено, що найбільш оптимальними для заповнення гірничих виробок є різновиди будівельних відходів. Це пояснюється схожістю структури і гранулометричного складу будівельних відходів з гірськими породами родовищ будівельних матеріалів, а відсутність токсичних і шкідливих речовин у їх складі дозволяє знизити витрати на створення гідроізоляційних і захисних шарів.

При вирішенні задачі з вдосконалення технології гірничотехнічної рекультивациі обводнених залишкових вироблених просторів кар'єру розглядається питання введення нових технологічних операцій і встановлення необхідних параметрів гірничих виробок. За рахунок вдосконалення технології рекультивациі має забезпечуватися більш надійна ізоляція відходів від навколишнього середовища. З іншої сторони, розміщення будівельних відходів у вироблених просторах кар'єрів дозволить зберегти від порушень землі, на яких були б розташовані полігони. Це знижує подальші витрати на рекультивацию територій полігонів, а зменшення темпу зростання відходів на них знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

Технологічна схема рекультивациі обводнених залишкових вироблених просторів кар'єрів, відповідно до запропонованої технології, повинна включати чотири етапи, які виконуються послідовно.

*Перший етап* передбачає осушення від води залишкового виробленого простору кар'єру відповідно до вимог державних будівельних норм. Ґрунтові води повинні знаходитися на глибині не менш ніж 2 м від поверхні ділянки, на якій будуть розміщуватися відходи полігону. Ця вимога може бути виконана шляхом засипки частини обводненого залишкового простору гірськими поро-

дами з зовнішніх чи внутрішніх відвалів, або породами з укосів траншей. Гірничотранспортні роботи з засипки виробленого простору повинні виконуватися після завершення робіт з видобування корисної копалини на кар'єрі та встановлення кінцевого рівня води у гірничих виробках. Засипка необхідна лише у випадку, коли залишковий вироблений простір кар'єру має відкриті водоносні горизонти (рис. 1).

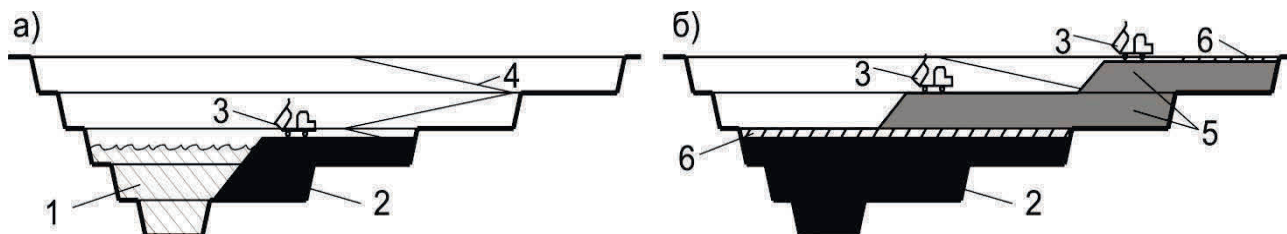


Рис. 1. Схема поярусної засипки залишкового виробленого простору кар'єру при запропонованому способі: а) підготовка залишкового виробленого простору до складування відходів; б) завершальний етап засипки; 1 – обводнена частина виробленого простору кар'єру; 2 – інертні породи з зовнішніх відвалів; 3 – автосамоскид; 4 – транспортні шляхи; 5 – яруси з твердими будівельними відходами; 6 – ізоляційний екрануючий шар

Після засипки обводненої частини виробленого простору до встановленого рівня починається *другий етап*, який включає підготовку новосформованого днища виробленого простору і укосів бортів згідно з вимогами нормативів спорудження полігонів. Поверхня днища залишкових траншей вирівнюється гірничим обладнанням до горизонтального стану, що забезпечує розподілення фільтрату за всією довжиною основи полігону. У деяких випадках, за необхідності, днище траншеї може бути сплановано з незначним нахилом, який забезпечить стік фільтрату до спеціального збірника. Якщо нахил днища полігону має незначний уклін, проектується каскад з гірничих виробок, за умови щоб відмітка висоти основи кожного наступного полігону не перевищувала попередню на 1 м [4].

Днище й укоси траншеї повинні мати протифільтраційні екрани з природних матеріалів з коефіцієнтом фільтрації не більш ніж 10 м/с. Товщина протифільтраційних екранів повинна складати не менше 1 м. Якщо вказаних показників неможливо досягти, то застосовується штучний протифільтраційний екран з аналогічним коефіцієнтом фільтрації та строком служби не менш ніж 75 років. Матеріал штучного екрану повинен бути хімічно стійким до тривалого впливу фільтрату, ультрафіолету, а також до пошкодження гризунами. Після встановлення протифільтраційного екрану, за необхідності, відсипається дренажний шар потужністю до 0,5 м з вапнякового щебеню. Він забезпечить акумулювання і стік фільтрату в необхідному напрямку до збірника.

Слід зазначити, що з урахуванням поставлених вимог найбільш сприятливі властивості для використання у якості полігону, мають залишкові вироблені простори кар'єрів з розробки глин, вапняків або гранітів, оскільки ці кори-



сні копалини виступають природним геологічним бар'єром. Цей бар'єр майже непроникний для фільтратів, а отже знижується ризик потрапляння шкідливих речовин у навколишнє природне середовище, що забезпечує більший спектр застосування матеріалів для засипки.

*Третій етап* передбачає повну засипку залишкового виробленого простору кар'єру твердими побутовими відходами. Відповідно до існуючих державних норм будівництва передбачається пошарове заповнення залишкового виробленого простору кар'єру. Для цього залишкові гірничі виробки повинні бути обладнані кар'єрним з'їздом. За його відсутності будується пандус з нахилом у 3 є. Частина пандусу будується у межах кар'єру з облаштуванням насипу ґрунту, або напівнасипу в укосі борту залишкової траншеї.

Після повного поярусного заповнення залишкового виробленого простору кар'єру твердими побутовими відходами йде *четвертий етап*, який є заключним у роботі полігону. На цьому етапі поверхня полігону знаходиться на рівні з поверхнею землі, що дозволяє формувати остаточний захисний шар.

Покриття твердих побутових відходів здійснюється ґрунтом, який розробляється, переміщується і складається скреперами. Потужність верхнього ізоляційного шару повинна бути у діапазоні 1 – 2 м. Цей ізоляційний шар складається з вапнякового шару, для забезпечення збору газу, протифільтраційного глиняного шару і захисного шару з щебеню для забезпечення дренажу.

Після створення захисного покриття полігону твердих побутових відходів, його поверхня покривається шаром родючого ґрунту землі, потужність якого коливається від 0,5 до 1 м. Цей етап буде заключним у гірничотехнічній рекультивациі обводненого залишкового виробленого простору кар'єру (рис. 1).

Окрім встановлення послідовності засипки обводненого залишкового виробленого простору з попередньою підготовкою, важливою науково-практичною задачею є обґрунтування параметрів роботи гірничотранспортного обладнання. Оскільки формування ярусів у залишковому виробленому просторі виконується у зворотному порядку на відміну від формування зовнішнього відвалу, то розміри і об'єм першого відвального ярусу будуть мінімальними. У зв'язку із цим залежність продуктивності гірничотранспортного обладнання від порядкового номеру відвального ярусу буде зворотною від формування техногенного об'єкту типу «зовнішній відвал».

Дослідження залежності продуктивності гірничотранспортного обладнання від кількості відвальних ярусів та їх параметрів виконувались для умов застосування бульдозерного відвалоутворення де у якості транспортної одиниці прийнято автосамоскид, який є найбільш розповсюдженим засобом для переміщення гірської маси в умовах розробки кар'єрів будівельних матеріалів.

В процесі встановлення ефективної продуктивності автосамоскидів прийнято, що відсипка залишкового виробленого простору глибиною 70 м відбувається однаковими за висотою 10 м ярусами. Встановлено, що при поярусній засипці виробленого простору кар'єру, продуктивність автосамоскидів має нелінійну залежність від глибини кар'єру (номеру ярусу), що зумовлено зміною довжини перевезення матеріалів з поверхні у кар'єр. Результати досліджень

свідчать, що максимальна продуктивність автосамоскиду досягається на 5-му і 6-му відвальних ярусах за рахунок мінімальної відстані транспортування матеріалу (рис. 2). Однак у верхньому сьомому ярусі відстань транспортування знов збільшується через збільшення його горизонтальної площі, що призводить до зменшення продуктивності автосамоскидів.

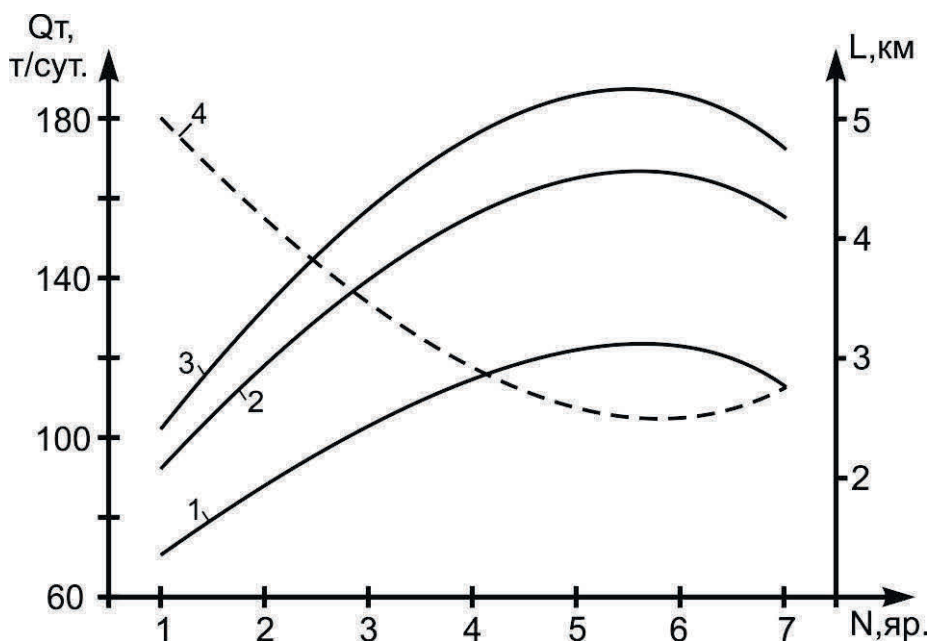


Рис. 2. Графік залежності продуктивності автосамоскидів  $Q_T$  та внутрішньокар'єрної відстані транспортування  $L$  від кількості відвальних ярусів  $N$  при засипці залишкового виробленого простору глибиною 70 м: 1, 2, 3 – продуктивність автосамоскида з ємністю кузова 8, 12, 18 м<sup>3</sup>, відповідно; 4 – внутрішньокар'єрна відстань транспортування

Аналіз результатів розрахунків, наведених на графіку (рис. 2) дозволяє встановити, що при збільшенні об'єму кузова автосамоскида з 8 до 18 м<sup>3</sup> (у 2,25 рази), продуктивність транспорту збільшується лише у 1,42 рази. Тобто доцільність використання автомобілів великої вантажопідйомності потребує подальших досліджень.

**Експериментальна частина.** Відповідно до наведеної послідовності виконання гірничотехнічної рекультивації обводнених залишкових просторів кар'єру також розроблено методику розрахунку основних параметрів гірничих виробок і об'ємів: порід, необхідних для засипки обводненої частини виробленого простору; ізоляційних порід; твердих побутових відходів.

Розроблена методика розрахунку параметрів рекультивації залишкових вироблених просторів була апробована відповідно до умов розробки гранітного кар'єру з типовими розмірами: довжина кар'єру  $L_K$  – 325 м; ширина кар'єру  $B_K$  – 175 м; глибина кар'єру  $H_K$  – 80 м; кути укосів бортів  $\alpha$  – 65°.

При цьому в першу чергу досліджувався вплив зміни рівня обводнення залишкового виробленого простору кар'єру з 20 до 50 м на об'єми гірничоре-

культивацийних робіт. Результати досліджень наведені на графіку (рис. 3).

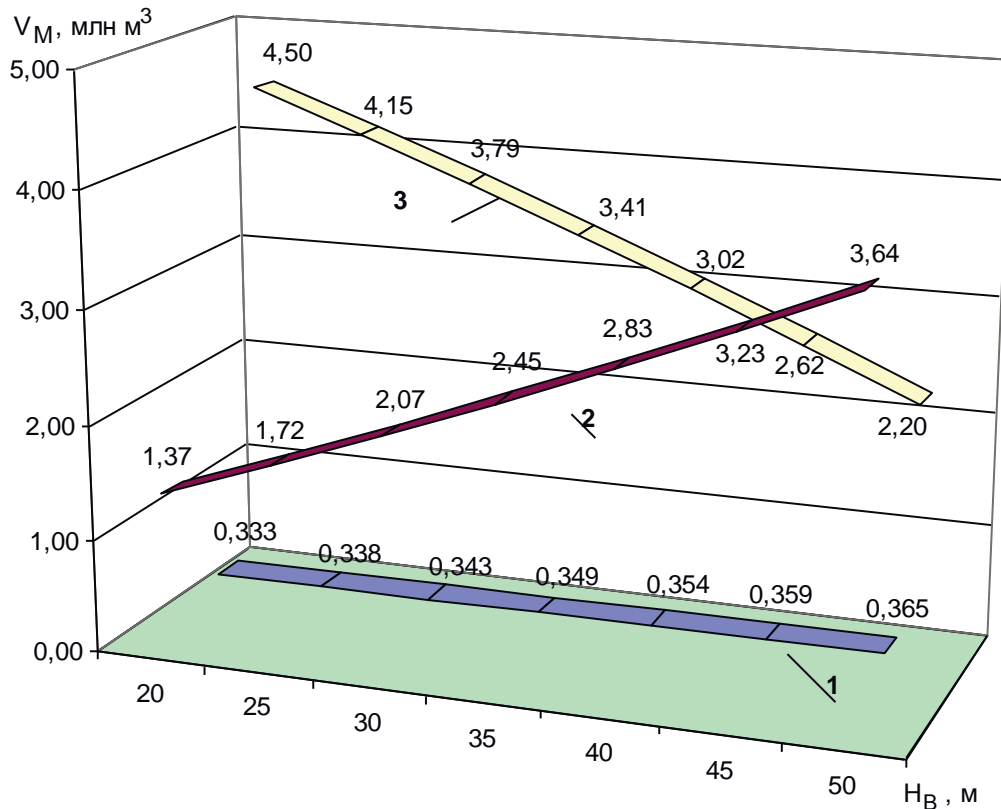


Рис. 3. Розподіл об'ємів матеріалів для заповнення залишкового виробленого простору кар'єру в залежності від його затоплення водою: 1 – сукупний об'єм ізоляційних матеріалів; 2 – об'єм порід розкриття для засипки обводненої частини кар'єру; 3 – приймальна здатність полігону твердих побутових відходів

Як видно з (рис. 3) з підвищенням рівня води у залишковому виробленому просторі кар'єру збільшуються обсяги допоміжних робіт з переєкставації порід розкриття та ізоляції полігону твердих відходів необхідно виконувати. Найбільш сприятливим варіантом є мінімальний рівень води у виробленому просторі кар'єру, адже у цьому випадку необхідно виконувати мінімум підготовчих робіт, а приймальна здатність полігону зростає у рази, збільшуючи економічну ефективність його використання.

**Результати.** Встановлення практичної цінності запропонованої технологічної схеми виконано для умов кар'єру з видобутку гранітів. Перевага повинна надаватися кар'єрам розташуванням поблизу великих населених пунктів, адже витрати на транспортування матеріалів заповнювачів для виробленого простору буде мінімальною.

Застосування розробленої технології дозволить повернути у господарську діяльність в середньому до 10 га землі з одного кар'єру будівельних матеріалів. Також це дозволить запобігти виділенню територій площею до 12 га для формування нових полігонів. Тобто спільна площа, яка буде залишена у користу-

ванні для інших галузей промисловості складе від 20 га і більше в залежності від розмірів кар'єру. Також підприємство отримає додатковий прибуток від експлуатації полігона зі складування твердих побутових відходів.

**Висновки.** При розробці технологічної схеми гірничотехнічної рекультиваци в умовах обводненого залишкового виробленого простору кар'єру основна увага була зосереджена на встановленні оптимальних параметрів схем гірничотехнічної рекультиваци і ефективних показників продуктивності гірничого обладнання при поярусній засипці виробленого простору. Виконані розрахунки зі встановлення раціональних параметрів роботи гірничотранспортного обладнання, об'ємів гірничих порід і допоміжних матеріалів при засипці обводнених залишкових вироблених просторів кар'єрів.

#### Список літератури

1. Граніти України [Електронний ресурс]. Режим доступу [http://granitt.io.ua/s623952/granit\\_ukrainskih\\_mestorojdeniy](http://granitt.io.ua/s623952/granit_ukrainskih_mestorojdeniy)
2. Горбатов В.І. Богданець А.І. Опис до деклараційного патенту на винахід. Спосіб заповнення виробленого простору кар'єру № 37621 7E21C41/26,E21C41/32.
3. Ворон Е.А. Совершенствование технологи рекультивации карьеров при их доработке. Геотехническая механика. Выпуск № 81 Днепропетровск ,2013 -227с.
4. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. – Київ, 2005. – 68 с.

*Рекомендована до публікації д.т.н. Симоненком В.І.  
Надійшла до редакції 15.10.2014*

УДК 622.271

© А.М. Маевский, Н.В. Несвитайло, Б.Е. Собко

### **КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ КАРЬЕРА**

В работе произведено уточнение известных классификаций способов вскрытия с целью выбора и обоснования эффективных технологических схем вскрытия глубоких горизонтов месторождения, расположенных в нижней зоне карьера.

В роботы виконано уточнення відомих класифікацій способів розкриття з метою вибору і обґрунтування ефективних технологічних схем розкриття глибоких горизонтів родовища, які розміщені в нижній зоні кар'єру.

With the purpose of choice and ground of effective flowsheets of dissection of the deep horizons of deposit, located in the lower zone of quarry, clarification of well-known classifications of methods of dissection is produced.