

**В.І. Симоненко, д.т.н., проф.**

**А.О. Бондаренко, к.т.н., доц.**

**В.Д. Кірнос, к.т.н., доц.**

*Національний гірничий університет*

**А.І. Богданець, к.т.н.**

**В.В. Гафіулов, інж.**

*ВАТ “Балаклавське рудоуправління ім. О.М. Горького”*

### **ЕКОЛОГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З ПОДАЛЬШОЇ РОЗРОБКИ ФЛЮСОВИХ ВАПНЯКІВ НА ВАТ “БАЛАКЛАВСЬКЕ РУДОУПРАВЛІННЯ ІМ. О.М. ГОРЬКОГО”**

*Розроблена і обґрунтована технологія улаштування шламосховища у виробленому просторі Кадиківського кар'єру «Балаклавського рудоуправління ім. О.М. Горького», що забезпечує раціональне використання земельних ресурсів при розробці флюсових вапняків.*

Балаклавським рудоуправлінням розробляються Центрально-Кадиківське, Західно-Кадиківське та Псилерахське родовища флюсових вапняків. Перші два родовища експлуатуються Кадиківським кар'єром, останнє – Псилерахським кар'єром. Видобута гірська маса переробляється на двох дробильно-збагачувальних фабриках (ДЗФ): Балаклавській та Кадиківській. Балаклавську ДЗФ, яку було введено в дію в 40-х роках, до 2008–2010 рр. буде закрито.

Переробка мінеральної сировини у подальшому буде виконуватися на Кадиківській ДЗФ.

Основною сировинною базою рудоуправління є Псилерахське родовище, на Кадиківському залишається лише відпрацювання промислових запасів у південному борті. На сьогодні нижня частина виробленого простору Кадиківського кар'єру заповнена прісною водою у рівнях відміток – 25 м (дно) та – 7,3 м (поверхня озера). За останні 4–5 років у цьому кар'єрі накопичилося близько 2,6–3,0 млн. м<sup>3</sup> води, що поступає сюди за рахунок атмосферних опадів та фільтрації паводкових і зливових вод через товщу четвертинних, третинних і тріщинуватих крейдяних та вапнякових порід.

Технологічним процесом переробки флюсових вапняків на підприємстві передбачується їх промивання водою та складування рідких відходів збагачення у шламосховищах. У 60–70-х роках зовнішнє шламосховище було повністю заповнено, після чого рідкі відходи збагачення скидалися у прибережну смугу моря та складувалися у виробленому просторі відпрацьованого Західно-Балаклавського кар'єру. Після заповнення зазначеного кар'єру у ньому ведуться роботи з рекультиваци бортів. Скидання шламів у море припинено з середини 90-х років відповідно до діючих екологічних вимог.

У цьому зв'язку для ВАТ “Балаклавське РУ ім. О.М. Горького” першочерговою проблемою стало улаштування і будівництво нового шламосховища. На земельних відведеннях рудоуправління немає ділянок, які можуть бути придатними для розміщення подібного об'єкта. Єдиним місцем для накопичування рідких відходів є вироблений простір Кадиківського кар'єру. Крім цього розташування шламосховища в кар'єрі забезпечує:

- 1) використання для збагачення лише кар'єрних вод без допоміжного підпитування ДЗФ з інших джерел води;
- 2) відпадає необхідність у спорудженні спеціальних водоочисних об'єктів, необхідних при скиданні кар'єрної води у річки, озера та інші джерела загальної системи водовідведення Балаклавського району м. Севастополя;
- 3) екологічні заходи, що пов'язані з існуванням шламосховища будуть упроваджуватися лише на одній ділянці, яка локалізована у межах виробленого простору кар'єру;
- 4) виключається відведення під шламосховище інших ділянок землі;
- 5) функціонування шламосховища в кар'єрі після його заповнення до відповідних рівнів та затвердіння порід буде зводитися до планомірної рекультиваци виробленого простору під лісопаркову зону відпочинку для жителів м. Севастополя;
- 6) забір води для збагачення флюсових вапняків з виробленого простору кар'єру сприяє підтриманню рівня води в ньому на постійних відмітках протягом 10–12 років, що сприяє ефективній достатньо інтенсивній доробці затверджених промислових запасів корисних копалин на південному борту згідно з нормативними вимогами статей 24 і 54 Кодексу України “Про надра”.

Функціонування шламосховища у замкнутому просторі, яким є відроблений кар'єр, раніше було реалізовано на рудоуправлінні при складуванні рідких відходів збагачення в Західно-Балаклавському кар'єрі. Воно відрізняється від улаштування шламосховища в глибокій балці тим, що не потрібно

будувати огорожувальну греблю [1]. Але практики улаштування шламосховищ у діючих кар'єрах ще немає. Відомі лише теоретичні доробки з цього питання [2, 3].

При внутрішньокар'єрному складуванні рідких відходів шламосховище умовно поділяється на дві частини: гідровідвал та ставок (озеро) для освітленої води. Розміри цього ставка з урахуванням скидання у гідроотвал шламів повинні забезпечувати повне осаджування твердих частинок з урахуванням розтікання пульпи та всмоктування освітленої води з тієї частини ставка (озера), де відбувається забір води для подання в промивне устаткування ДЗФ – класифікатори.

Основним завданням розрахунків є: визначення шляху осаджування частинок у ставку  $L_{ос}$  (м), глибини їх осаджування  $H_{ос}$  (м), швидкості протікання потоку пульпи у перерізі  $V^П$  (м/с), відстані від усмоктуючого патрубку насоса до межевої точки області осаджування твердих частинок пульпи  $R^B$  (м) (рис. 1–3).

При випусканні пульпи у внутрішньокар'єрне шламосховище частинки, поряд зі збереженням свого руху в напрямку потоку, починають падати (тонуть). Із подібності трикутників для складових швидкостей та відстаней (рис. 1) слідує, що:  $V_4/v_4 = H_{ос}/L_{ос}$ , де  $v_4$  – швидкість руху частинок у напрямку потоку, м/с;  $V_4$  – вертикальна швидкість випадання частинок, м/с.

Звідси довжина шляху осаджування частинок може визначатися з такої залежності:

$$L_{ос} = \frac{\gamma_4 \cdot H_{ос}}{V_4}.$$

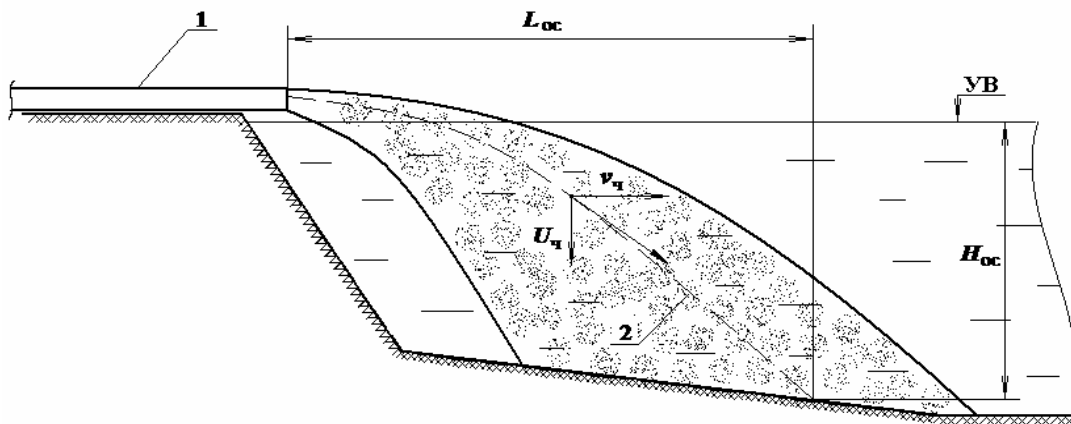


Рис. 1. Схема осаджування частинок у гідровідвалі:

1 – зливний трубопровід;

2 – траєкторія руху частинок ґрунту

Якщо швидкість  $V_4$  у потоці визначати за Д.Я. Соколовим, Є.А. Замаріним [4], тоді можна її виразити через гідравлічну крупність  $W_4$  (м/с):

$$L_{ос} = \frac{\gamma_4 \cdot H_{ос}}{W_4}. \tag{1}$$

Тепер необхідно визначити швидкість розтікання пульпи  $v_4$ .

На підставі закону про нерозривність потоку нестискуваної рідини передбачається, що об'єм пульпи, яка витікає із зливного патрубку за одиницю часу дорівнює об'єму пульпи, що проходить через переріз, який віддалений від точки зливу на відстані  $R^П$  (рис. 2). Величина кута розтікання пульпи приймається  $\alpha = 26^\circ$  аналогічно, як і значення кута розтікання нестискуваної рідини, що витікає із насадки у необмежений простір [5]. При цьому вводимо наступні позначення:

$Q_1^П$  – витрати пульпи через зливний патрубок, м<sup>3</sup>/с;  $Q_2^П$  – витрати пульпи через розрахунковий переріз, м<sup>3</sup>/с;  $S_1^П$ ,  $S_2^П$  – площа перерізу відповідно зливного патрубку та розрахункового перерізу, м<sup>2</sup>;  $v_1^П$  – швидкість витікання пульпи із зливного патрубку, м/с;  $v_2^П$  – швидкість пульпи у розрахунковому перерізі, м/с;  $\alpha$  – кут розтікання пульпи, град.

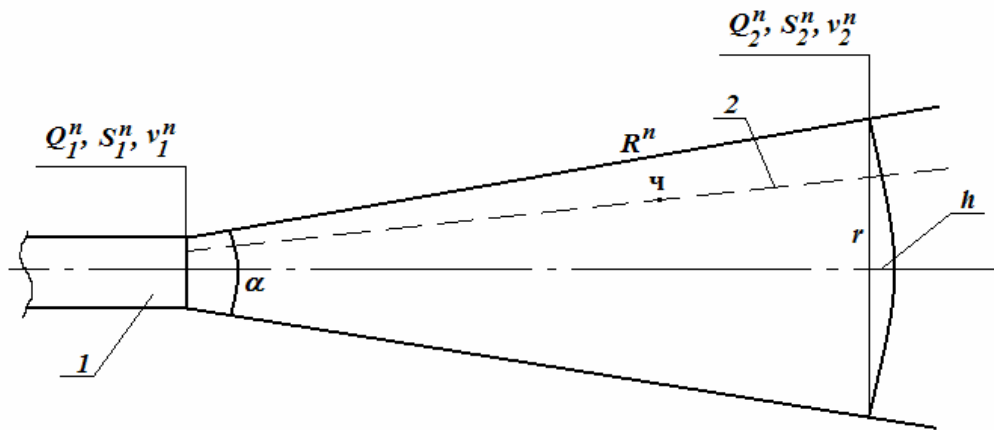


Рис. 2. Схема витікання пульпи у гідровідвал шламосховища:  
 1 – зливний трубопровід;  
 2 – траєкторія руху частинок ґрунту

На основі закону про кількість руху маємо:

$$Q_1^n = Q_2^n;$$

$$Q_1^n = Q_2^n = S_1^n \cdot v_1^n = S_2^n \cdot v_2^n;$$

$$v_1^n = Q_1^n / S_2^n.$$

Переріз 2 (рис. 2) являє собою шаровий сектор. Його площа поверхні визначається за виразом:

$$S_2^n = 2\pi R^n \cdot h,$$

де

$$h = R^n - R^n \cdot \cos 13^\circ = 0,026R^n.$$

Отже

$$S_2^n = 0,052\pi(R^n)^2.$$

Теоретична залежність для визначення швидкості витікання потоку пульпи у перерізі, яке віддалене від зливного патрубку на відстань  $R^n$  має вигляд:

$$v_2^n = \frac{Q_1^n}{0,052\pi(R^n)^2}. \tag{2}$$

Швидкість руху пульпи по трубопроводу (шламопроводу) визначаємо за відомим виразом [1]:

$$v = 4Q_w / \pi D^2,$$

де  $Q_w$  – продуктивність Кадиківської ДЗФ по шламіві, що скидається в кар'єр, м<sup>3</sup>/с;  $D$  – внутрішній діаметр шламопроводу, м.

З виразу (1) маємо, що глибина осаджування частинок:

$$H_{oc} = L_{oc} \cdot W_4 / v_2^n, \tag{3}$$

На підставі закону про безперервність потоку нестискуваної рідини, яка всмоктується із необмеженого простору, припускається, що об'єм води за одиницю часу буде дорівнювати об'єму води, що проходить через шаровий переріз, який віддалений від всмоктуючого патрубка на відстані  $R$  (рис. 3).

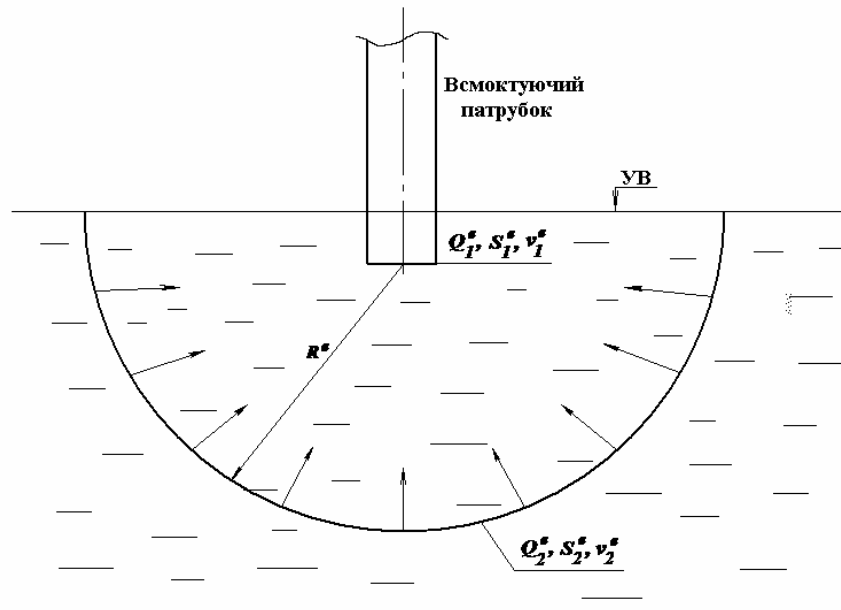


Рис. 3. Схема всмоктування освітленої води у шламосховищі

Вводимо наступні позначення:  $Q_1^e, Q_2^e$  – витрати пульпи через зливний патрубок та розрахунковий переріз,  $m^3/c$ ;  $S_1^e, S_2^e$  – площа перерізу зливного патрубку та розрахункового перерізу,  $m^2$ ;  $v_1^e, v_2^e$  – швидкість витікання пульпи із зливного патрубку та розрахункового перерізу,  $m/c$ .

На основі закону про кількість руху маємо:

$$Q_1^e = Q_2^e;$$

$$Q_1^e = Q_2^e = S_1^e \cdot v_1^e = S_2^e \cdot v_2^e;$$

$$v_1^e = Q_1^e / S_1^e.$$

Переріз 2 (рис. 3) являє собою шаровий сектор у вигляді половини шару.

Отже

$$S_2^e = 2\pi(R^e)^2.$$

Визначаємо  $R^e$  – відстань до перерізу, у якому швидкість всмоктування дорівнює гідравлічній крупності частинок. На підставі попередніх висновків, що

$$Q_1^e = S_2^e \cdot v_2^e = 2\pi(R^e)^2 \cdot v_2^e,$$

прирівнявши швидкість руху рідини у перерізі 2 –  $v_2^e$  до гідравлічної крупності частинок  $W_4$ , маємо:

$$R^e = \sqrt{\frac{Q_1^e}{2\pi W_4}}. \tag{4}$$

За виразами (1, 2, 3) для умов Кадиківської ДЗФ, де  $Q_{ш} = 0,075 m^3/c$ ,  $Q_t = 0,027 m^3/c$ ,  $D = 0,1837 m$ ,  $Q_B = 0,075 m^3/c$ ,  $D_B = 0,1837 m$ , гранулометричний склад шламів наводиться в таблиці, побудовано графік залежності швидкості руху частинок від відстані до зливного патрубку (рис. 4) та траєкторія руху частинок в гідровідвалі шламосховища з урахуванням гранулометричного складу шламів (рис. 5).

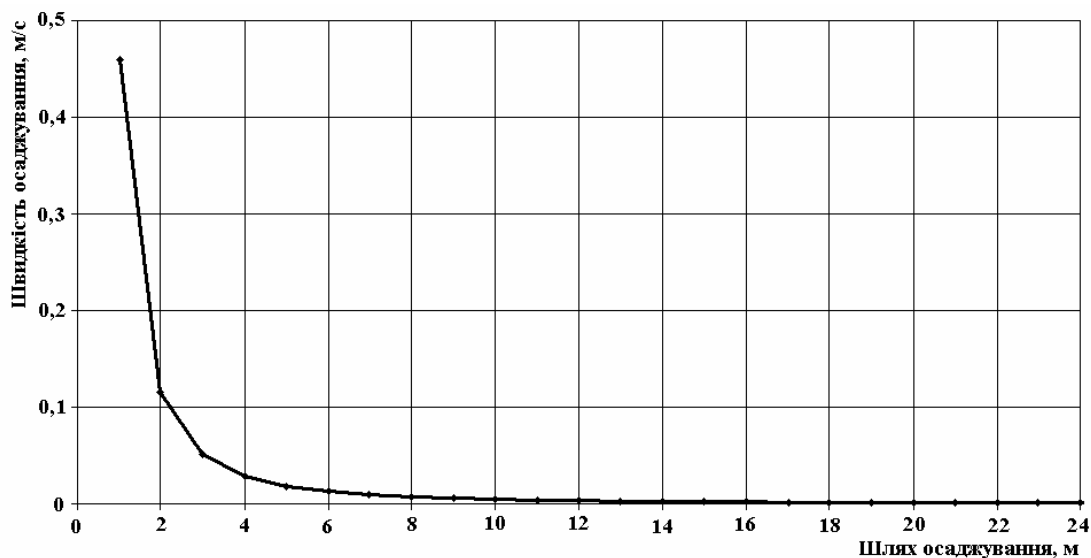


Рис. 4. Залежність швидкості руху частинок від відстані до зливного патрубка

Таблиця 1

## Гранулометричний склад шламів

| Клас, мм         | -1+0,5 | -0,5+0,25 | -0,25+0,1 | -0,1+0,071 | -0,071+0,056 | -0,056 |
|------------------|--------|-----------|-----------|------------|--------------|--------|
| Вихід фракції, % | 1,4    | 4,5       | 7,7       | 17,4       | 9,0          | 60,0   |

З наведених залежностей видно, що шлейф мутності буде розповсюджуватися на відстань до 25 м по дну гідровідвалу шламосховища у напрямку скидання пульпи із зливного патрубка.

Для попередження всмоктування води, яка буде скаламученою включенням частинок порід, що скидаються у складі пульпи, необхідно витримувати наступне: зона освітленої води повинна бути більшою за відстань від усмоктуючого патрубка до шарового перерізу, де швидкість потоку рідини в ньому дорівнює гідравлічній крупності мінімальної фракції шламів, які скидаються у пульпі. Зазначена вище відстань  $R^B$  визначається за формулою (4) і для умов Кадиківської ДЗФ дорівнює  $R^B = 4,75$  м.

З урахуванням виконаних досліджень можна констатувати, що для всмоктування чистої (освітленої) води із ставка (озера) шламосховища всмоктуючий патрубок повинен знаходитися від зливного на відстані понад 20–25 м.

На підставі висновків і результатів зазначених досліджень спеціалістами Національного гірничого університету нині ведеться розробка проекту будівництва шламосховища у виробленому просторі Кадиківського кар'єру. Технологічною схемою цього проекту передбачається виконати протиоповзневі заходи в кар'єрі. До них включено: створення привантажувальної призми із скельних та м'яких порід до відмітки +50 м, якою присипано східний борт кар'єру в місці оповзневих проявів (1996 р.); покриття укосу призми зі сторони шламосховища шаром глинистих порід потужністю 2,5–3 м, в результаті чого на укосі створюється водонепроникний екранний шар порід з коефіцієнтом фільтрації  $K = 0,001$  м/добу; відпрацювання верхніх уступів східного борту кар'єру довжиною за фронтом 220–250 м з посуванням у північному напрямку на 30–50 м, що сприяє зменшенню результуючого кута укосу борту до 30–32°; виконання вибухових робіт за останнім заходом пропонується впроваджувати шляхом "контурного вибуху зі створенням екранної щілини" на межах упродовж граничного контуру укосу уступів; зниження до мінімального ступеня можливостей деформування масиву гірських порід у північно-західному борті, який є оповзненебезпечним, шляхом збереження бар'єрного цілику скельних (вапнякових) порід між відмітками – 20,0 м та +45,0 м шириною 60–70 м та довжиною за фронтом 250–300 м, що дозволить функціонувати шламосховищу навіть в умовах досягнення рівня води до відмітки +30,0 м.

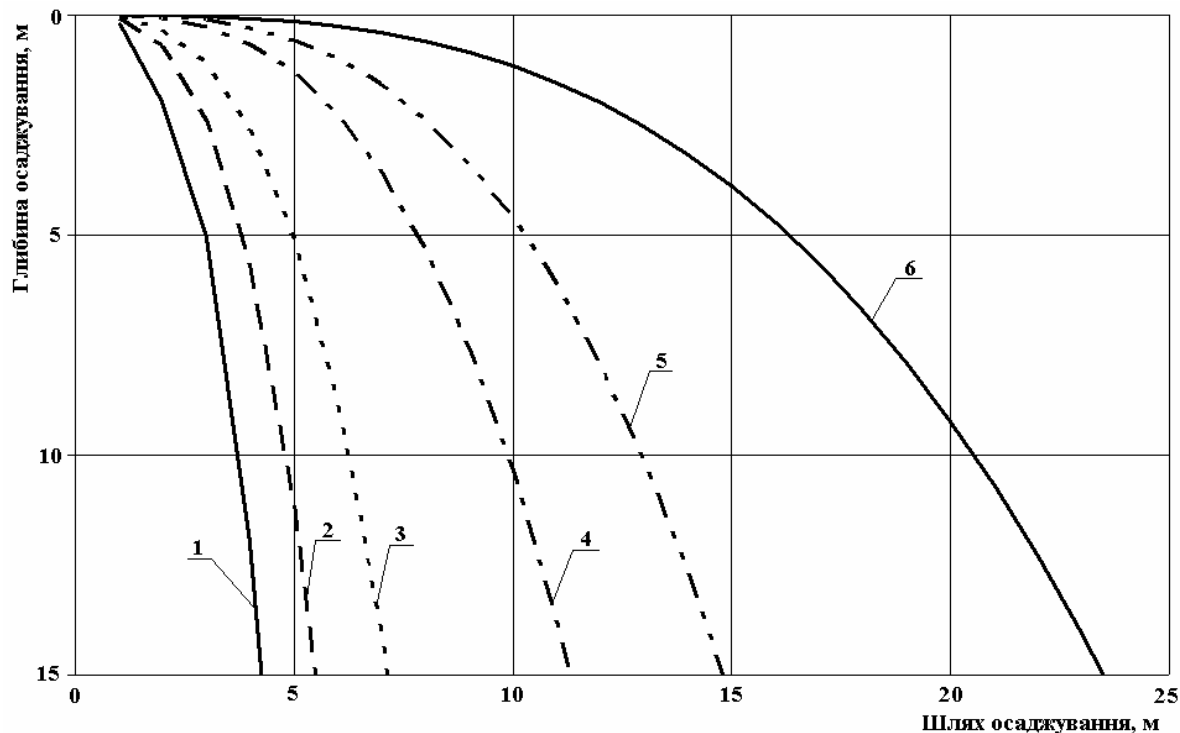


Рис. 5. Траєкторія руху частинок, які скидаються у складі пульпи до шламосховища:

- 1 – траєкторія руху частинок ґрунту крупністю  $-1+0,5$ ;
- 2 – траєкторія руху частинок ґрунту крупністю  $-0,5+0,25$ ;
- 3 – траєкторія руху частинок ґрунту крупністю  $-0,25+0,1$ ;
- 4 – траєкторія руху частинок ґрунту крупністю  $-0,1+0,071$ ;
- 5 – траєкторія руху частинок ґрунту крупністю  $-0,071+0,056$ ;
- 6 – траєкторія руху частинок ґрунту крупністю  $-0,056$ .

Скидання шламу проектується виконувати з південно-східного укосу борту, що дозволить намивати упродовж водонепроникного шару захисну смугу із твердих шламових (глинистих) частинок для підсилювання ізолюючого ефекту. Траса шламопроводу (довжиною близько 800 м) прокладається по верхній площадці привантажувальної призми, а також вздовж технологічного з'їзду, який улаштовується упродовж зовнішнього укосу зазначеної призми. Подання пульпи в шламопровід забезпечується шламовим насосом Кадиківської ДЗФ, який потрібно вибрати з можливості підймання пульпи на висоту 7 м (відмітка  $+63,7$  м), а потім самопливом під укіс до зливного патрубка ( $+7,0$  м). На відстані 25–30 м від патрубка у шламосховищі буде знаходитися вже освітлена вода.

Забирання (всмоктування) освітленої води із ставка-відстойника шламосховища здійснюється плавучою насосною станцією, яка розташована за 400 м від зливного патрубка біля площадки південного борту ( $-6,1 \div -7,5$  м) у його центральній частині, до якої є грузотранспортний під'їзд. Технічна освітлена вода зазначеною станцією подається по водопроводу ( $D_B = 184$  мм) до вузлів зрошення, промивання та водоспоживання ДЗФ. Періодично цією станцією вода подається також у ємності садівничих кооперативів, що розміщені поблизу Кадиківського кар'єру, для поливу садівничих ділянок.

При доробленні промислових запасів у південному борті Кадиківського кар'єру гірничі роботи планується проводити на горизонтах від  $\pm 0,0$  до  $+140$  м. При цьому рівень води у ставку-відстойнику залишається на відмітках  $-7,3 \div -3,0$  м.

Планом реконструкції Кадиківської ДЗФ передбачається будівництво до неї конвеєрної лінії від діючих корпусів первинних дробарок на борту Псилерахського кар'єру. Проект зазначеної лінії розроблений в інституті "Укргіпроруда". Його впровадження на ВАТ "Балаклавське рудоуправління ім. О.М. Горького" вирішує надзвичайно важливу проблему – ефективного переміщення видобутої гірничої маси від Псилерахського кар'єру до Кадиківської ДЗФ екологічним видом транспорту.

Подальші наукові розробки на рудоуправлінні будуть вестися в напрямку обґрунтування екологізберігаючої технології дороблення запасів флюсових вапняків на південному борті в умовах функціонування шламосховища у відпрацьованій частині Кадиківського кар'єру.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дриженко А.Ю. Восстановление земель при горных разработках. – М.: Недра, 1985. –240 с.

2. *Симоненко В.И.* Новая концепция открытой разработки нерудных месторождений скального минерального сырья //Сб. науч. тр. НГА Украины. – Днепропетровск: РИК НГА Украины. – 2001. – № 12. – С. 155–160.
3. *Ялтынец И.М.* Экологически рациональная технология формирования гидроотвалов // Вопросы теории открытых горных работ. – М.: Издательство МГГУ, 1994. – С. 254–272.
4. *Нурок Г.А.* Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. –М.: Недра, 1985. – 471 с.
5. Теория турбулентных струй / Под ред. Г.Н. Абрамовича – М.: Наука, 1984. – 718 с.

СИМОНЕНКО Володимир Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри відкритих гірничих робіт Національного гірничого університету.

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- екологія гірничого виробництва.

БОНДАРЕНКО Андрій Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничих машин та інжинірингу Національного гірничого університету.

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- екологія гірничого виробництва.

КІРНОС Володимир Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та будівельної механіки Національного гірничого університету.

Наукові інтереси:

- розробка родовищ корисних копалин;
- геоекологія.

БОГДАНЕЦЬ Анатолій Іванович – кандидат технічних наук, начальник технічного відділу ВАТ «Балаклавське рудоуправління ім. О.М. Горького».

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- екологія гірничого виробництва.

ГАФІУЛОВ Віктор Вікторович – головний інженер ВАТ «Балаклавське рудоуправління ім. О.М. Горького»

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- геоекологія.

Подано 20.04.2006

**Симоненко В.І., Бондаренко А.О., Кірнос В.Д., Богданець А.І., Гафіулов В.В.** Екологозберігаючі технологічні рішення з подальшої розробки флюсових вапняків на ВАТ “Балаклавське рудоуправління ім. О.М. Горького”

**Симоненко В.И., Бондаренко А.А., Кирнос В.Д., Богданец А.И., Гафиулов В.В.** Экологосохраняющие технологические решения последующей разработки флюсовых известняков на ОАО «Балаклавское рудоуправление им. А.М. Горького»

**Symonenko V.I., Bondarenko A.O., Kirnos V.D., Bogdanets A.I., Gafiulov V.V.** Ecology preserving technologies for further mining of flux limestone on public corporation “Balaklava ore plant named after Gorky.”

УДК 622.271.03:622.755-933.3

**Екологозберігаючі технологічні рішення з подальшої розробки флюсових вапняків на ВАТ “Балаклавське рудоуправління ім. О.М. Горького” / В.І. Симоненко, А.О. Бондаренко, В.Д. Кірнос, А.І. Богданець, В.В. Гафіулов**

Розроблена і обґрунтована технологія улаштування шламосховища у виробленому просторі Кадиківського кар’єру «Балаклавського рудоуправління ім. О.М. Горького», що забезпечує раціональне використання земельних ресурсів при розробці флюсових вапняків.

УДК 622.271.03:622.755-933.3

**Экологосохраняющие технологические решения последующей разработки флюсовых известняков на ОАО «Балаклавское рудоуправление им. А.М. Горького»/ В.И. Симоненко, А.А. Бондаренко, В.Д. Кирнос, А.И. Богданец, В.В. Гафиулов**

Разработана и обоснована технология обустройства шламоотстойника в отработанном пространстве Кадькивского карьера «Балаклавского рудоуправления им. А.М. Горького» что обеспечивает рациональное использование земельных ресурсов при разработке флюсовых известняков.

УДК 622.271.03:622.755-933.3

**Ecology preserving technologies for further mining of flux limestone on public corporation “Balaklava ore plant named after Gorky.”\ V.I. Symonenko, A.O. Bondarenko, V.D. Kirnos, A.I. Bogdanets, V.V. Gafiulov.**

The technology of slime deposition on exhausted areas of Kadykiv quarry “Balaklava ore plant named after Gorky” is proved and worked out. It provides rational use of land recourses in mining of flux limestone.