

УДК 622.271

**А.О. Бондаренко**

**ФІЗИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУМИННОГО ФОРМУВАННЯ ПІДВОДНОГО  
ВИБОЮ ЗЕМЛЕСОСНОГО СНАРЯДА**

Виконано фізичні дослідження, встановлено основні форми зони розмиву й фізичні закономірності розмивання незв'язного ґрунту, розроблена фізична модель процесу розмиву ґрунту в підводному вибої землесосного снаряда.

Выполнены физические исследования, установлены основные формы зоны размыва и физические закономерности процесса размывания несвязного грунта, разработана физическая модель процесса размыва грунта в подводном забое землесосного снаряда.

Physical researches are executed, the washout zone basic forms and physical conformities of incoherent soil washout process are set, the physical model of soil washout process in shallow dredge submarine face is developed.

Ефективна робота земснаряда багато в чому визначається процесом породозабору. Найбільш поширеним способом підготовки гірських порід підводного масиву до виймання є механічний спосіб. Проте при розробці незцементованих, неущільнених, а також піщаних, піщано-глинистих, піщано-гравійних і м'яких розкривних порід з коефіцієнтом міцності (за М.М. Протодьяконовим)  $f_{\text{ед}} \leq 3-4$  широке застосування знаходять гідравлічні способи руйнування підводного масиву [1]. Слід зазначити, що до категорії перелічених вище ґрунтів

відноситься переважна кількість природних і техногенних родовищ будівельних, скляних, формувальних пісків, а також вугільних, марганцевих, залізорудних та інших шламів. Дослідження показали, наприклад, що застосування гідравлічних розпушувачів на ґрунтозаборних пристроях різної конструкції, при роботі на вказаних ґрунтах, збільшує продуктивність землесосних снарядів від 25 до 560%.

Гірничо-технічні умови розробки підводних родовищ постійно ускладнюються, тому для збереження економічної ефективності процесу виникає необхідність зниження метало- та енергоємності, підвищення надійності роботи ґрунтозабірних пристроїв і к.к.д. їх застосування.

Одним із напрямів підвищення ефективності процесу підводного видобутку ґрунтів землесосними снарядами є раціоналізація технологічних і конструктивних параметрів розпушувачів виконавчих органів.

На даний момент до кінця не вивченим є основний процес, що відбувається у вибої землесосного снаряда з гідравлічним розпушуванням масиву гірської породи. Відомо, що технологія розробки корисної копалини землесосним снарядом передбачає розпушування та всмоктування ґрунту в підшві підводного уступу (рис. 1). При цьому встановлено, що кут нахилу робочого уступу підводного вибою незв'язного ґрунту дорівнює  $32^\circ$  [2].

Проведення візуальних спостережень за процесом підводного розмивання ґрунту проведені під кутом нахилу вісі форсунки згідно з рядом:  $0, 15, 30, 45, 60, 75$  і  $90^\circ$ , показали, що залежно від кута нахилу струменя та його витрати зона розмиву у вертикальній площині, що проходить через подовжню вісь форсунки, мала різні форми.

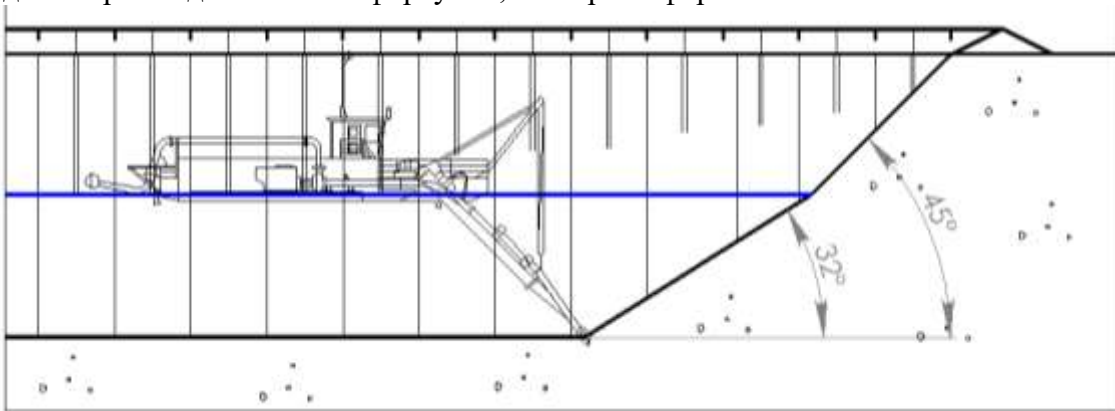


Рис.1 Технологія розробки корисної копалини землесосним снарядом.

Вивчення процесу розмивання незв'язного ґрунту у підводному вибої землесосного снаряда може бути виконане шляхом побудови фізичної моделі за результатами візуальних спостережень під час експериментальних досліджень. Візуальні спостереження процесу розмивання ґрунту проведені з використанням лабораторної установки (рис. 2). Як досліджуваний ґрунт використовували кварцовий річковий пісок з середньою крупністю  $d_{cp} = 0,265$  мм.

Проведення візуальних спостережень за процесом підводного розмивання ґрунту проведені під кутом нахилу вісі форсунки згідно з рядом:  $0, 15, 30, 45, 60, 75$  і  $90^\circ$ , показали, що залежно від кута нахилу струменя та його витрати зона розмиву у вертикальній площині, що проходить через подовжню вісь форсунки, мала різні форми.

На підставі вивчення закономірностей напрямку руху потоків гетерогенної пульпи в підводній зоні розмиву можна виділити п'ять ділянок: ділянка похилого струменя, ділянка повороту струменя, ділянка зворотного потоку, ділянка зважування, ділянка осадження.

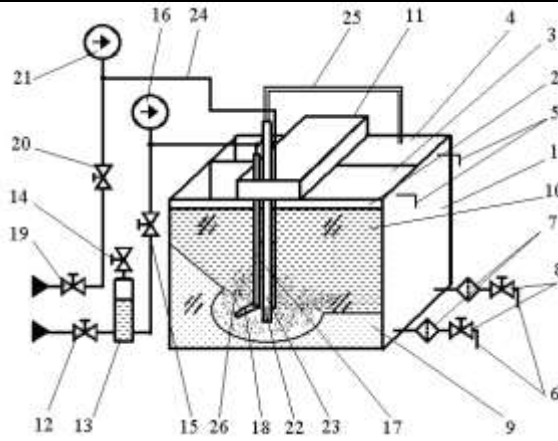


Рис. 2. Схема лабораторної установки: 1 – двосекційний бак; 2 – оглядове вікно; 3, 4 – передня та задня секції бака; 5 – переливні патрубки; 6 – зливні патрубки; 7 – сітчасті фільтри; 8, 12, 14, 15, 19, 20 – вентилі; 9 – досліджуваний ґрунт; 10 – шар води; 11 – рамна конструкція; 13 – ресивер; 16, 21 – манометр; 17 – трубка подавання води; 18 – змінна розмиваюча форсунка; 22 – струминний насос; 23 – усмоктувальний патрубок; 24 – напірний патрубок; 25 – пульсовий патрубок; 26 – підводний вибій

На ділянці похилого струменя спостерігається інтенсивний розмив ґрунту водяним струменем. Практично відразу після виходу з сопла форсунки водяний струмінь насичається частинками ґрунту. Подальший розмив ґрунту відбувається вже потоком пульпи за формою водяного струменя. Частинки ґрунту рухаються за прямолінійними траєкторіями з наростанням ширини ділянки похилого струменя у міру його віддалення від сопла форсунки. Ділянка повороту струменя є безпосереднім продовженням ділянки похилого струменя. На ділянці спостерігається різка зміна напрямку потоку пульпи вгору при швидкості потоку ще достатній для розмивання ґрунту та зважування і переміщення його частинок. Кут повороту вектора подовжньої швидкості потоку на ділянці змінюється від  $170-180^\circ$  (близький до вертикалі струмінь) до  $30^\circ$  (горизонтальний струмінь). Частинки рухаються за криволінійними траєкторіями. В кінці ділянки повороту швидкості частинок усереднюються, із зсувом максимальних значень швидкості від осі потоку у бік нерозмитого масиву ґрунту.

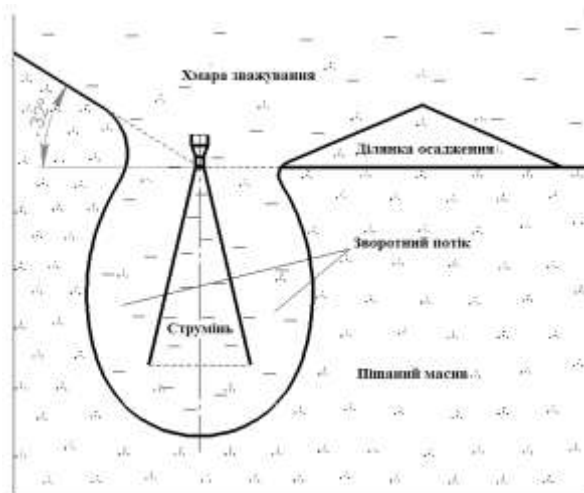


Рис. 3. Схема підводного розмивання ґрунту при куті нахилу осі струменя  $0^\circ$

Слід зазначити особливості ділянки повороту струменя при різних кутах нахилу його осі. При куті нахилу  $0^\circ$  (рис. 3) струмінь має симетричну форму. Зона розмиву, що знаходиться нижче за підшову підводного уступу, також має симетричну форму. Проте на

поверхні підшови з боку протилежного уступу відбувається відкладення частинок ґрунту (ділянка осадження).

При кутах нахилу  $15-60^\circ$  спостерігається поворот потоку з обгинанням струменя зверху (рис. 4). При кутах  $75-90^\circ$  подібного явища не спостерігається, потік пульпи змінює напрям руху під кутом близьким до  $90^\circ$  (рис. 5).

Ділянка зворотного потоку є продовженням ділянки повороту струменя і завершується входом потоку пульпи в придонний водний простір з утворенням каламутної хмари і подальшим осадженням частинок ґрунту під дією гравітаційних сил на ділянці осадження. Частинки ґрунту рухаються вгору, поздовжня швидкість частинок плавно зменшується від максимальної на осі потоку до мінімальної біля його границь. Сталих переміщень частинок поперечно потоку не спостерігається. Потік пульпи робить періодичні девіаційні відхилення. Ширина ділянки висхідного потоку практично постійна.

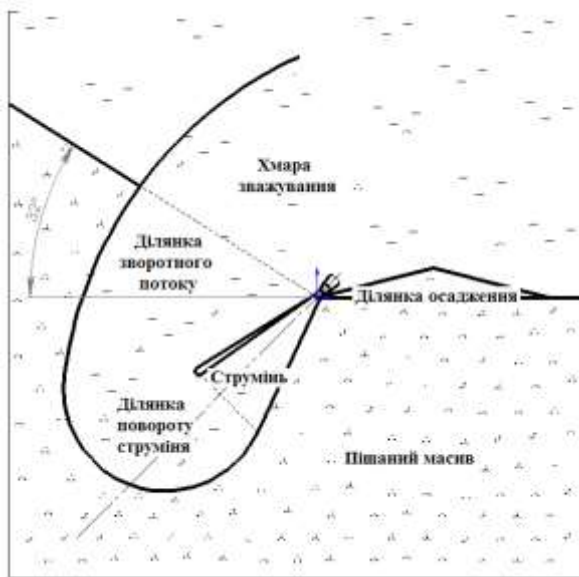


Рис. 4. Схема підводного розмивання ґрунту при куті нахилу осі струменя  $15-60^\circ$

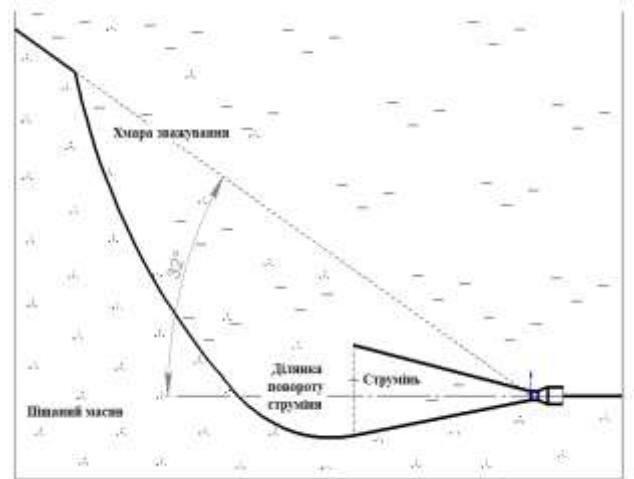


Рис. 5. Схема підводного розмивання ґрунту при куті нахилу осі струменя  $75-90^\circ$

Таким чином, при сталому підводному розмиванні весь ґрунт, що знаходиться над похилим струменем, перебуває у рухливому (дезінтегрованому) стані.

У цілому, експериментальні дослідження підводного розмивання незв'язного ґрунту дозволили встановити основні форми зони розмиву й фізичні закономірності процесу розмивання незв'язного ґрунту в підводному вибої земснаряда залежно від початкових параметрів похилого струменя. Розроблено фізичну модель процесу розмивання ґрунту в підводному вибої земснаряда. Результати спостережень будуть використані при розробці математичної моделі процесу розмивання ґрунту у підводному вибої землесосного снаряда з метою обґрунтування раціональних параметрів системи розмивання ґрунтозабірного пристрою.

### Список літератури

1. Нурок Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 471 с.
2. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных предприятий. – Л. – Стройиздат, 1977. – 366 с.