

срабатывании ПТ в «зоне неустойчивости» взаимодействия сосудов с армировкой приводит к увеличению динамических нагрузок взаимодействия сосуда с армировкой при срабатывании ПТ в зонах параметрической неустойчивости системы за счет перекачки энергии вертикальных колебаний сосуда в горизонтальные.

Данные зависимости позволяют определить для каждого отделения ствола оптимальные значения кинематических зазоров при которых даже в зонах неустойчивости не происходит опасного ударно-вибрационного взаимодействия сосуда с проводниками во время предохранительного торможения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самуся В.І., Ільїна І.С. Математичне моделювання впливу закону зміни гальмового моменту на взаємодію судин із провідниками жорсткого армування двохконцевої неврівноваженої підйомної установки. // Науковий вісник НГУ. – №7. – Днепропетровск, 2003. – С. 49-53.
2. Ільїна І.С. Моделювання параметричних коливань підйомної посудини шахтної врівноваженої установки при взаємодії з жорстким армуванням під час аварійного гальмування. //Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины. – №13, Т.2. – Дн-ск, 2002. – С. 118-123
3. Самуся В.И., Ильина И.С. Динамическая устойчивость взаимодействия сосуда с проводниками гибкой армировки многоканатной подъемной установки в режиме торможения //Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Укр. – № 50. – Днепропетровск, 2004. – С. 179-187.
4. Правила безопасности

**УДК 622.016**

Д-р техн.наук, професор З.Р. Маланчук,  
асп. С.Р. Боблях

(Національний університет водного господарства  
та природокористування)

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗМИВУ ГІДРОТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНИСТИХ ФОСФОРИТІВ**

У роботі приведені результати процесу розмиву, руйнування і гідротранспортування зернистих фосфоритів родовища Мілятин Рівненської області

#### **RESEARCH OF WASHING AND HYDROTRANSPORTATION PROCESS OF GRAINY PHOSPHORITES**

In the represented work are resulted results of washing and hydrotransportation process of grainy phosphorites in the Mylatun deposit in Rivne region

Оцінені ресурси зернистих фосфоритів Рівненської області становлять 81,1 млн.т агроруди або 4,9 млн.т  $P_2O_5$  при середніх потужностях продуктивних горизонтів 1,5...2,0 м і вмісті  $P_2O_5$  в руді 5,9...6,5 %.

Однією з перспективних ділянок є Мілятинське родовище зернистих фосфоритів (Острозький район Рівненської області), яке має в достатній мірі вивчену геологічну будову, умови залягання і морфологію рудного тіла, речовинний склад, технологічні, радіаційно-гігієнічні і агрохімічні властивості. Балансові запаси зернистих фосфоритів даного родовища апробовані Державною

комісією із запасів корисних копалин при Міністерстві екології та природних ресурсів України (протокол №531 від 29.08.2000р), які відповідають технічним умовам "Зернисті фосфорити для добрив", за категорією С<sub>2</sub> у кількості 3594 тис.т агроруди або 247 тис.т Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>. Вміст Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> у продуктивному покладі родовища „Милятин” коливається в межах від 4,1% до 11,2 %.

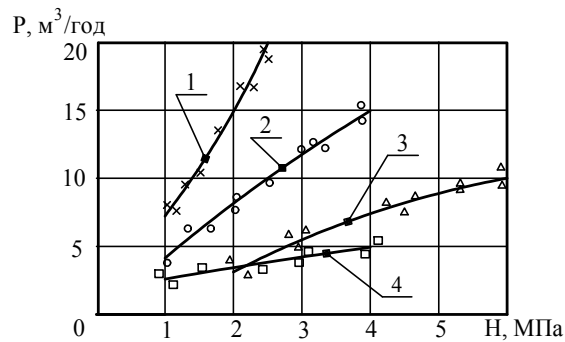
Однак у зв'язку із складними гірничо-геологічними умовами залягання фосфоритів в даному районі – інтенсивна водоносність продуктивних відкладів та розміщення їх на приватизованих орних землях та під забудованими територіями, унеможливується застосування їх відкритого видобутку. Як альтернативу відкритому способу нами застосовано метод свердловинного гідровидобутку (СГВ) фосфоритів який дозволяє розробляти родовища із складними гірничо-геологічними умовами залягання при цьому знижуючи витрати на розробку родовищ у 2...3 рази та зводячи до мінімуму пагубний вплив на навколишнє природне середовище.

Враховуючи складність гідрогеологічних умов залягання зернистих фосфоритів на Милятинському родовищі Здолбунівської дільниці для їх видобутку нами розглянуті різні технологічні схеми видобутку, з метою вибору оптимальної. У процесі проведення експериментальних досліджень були випробувані різні технологічні засоби, методики і схеми (СГВ), а саме: гідромоніторно-гідроелеваторна схема; ерліфтно-гідромоніторна схема; ерліфтно-гідромоніторна схема з використанням гнучкого шлангу; ерліфтно - гідромоніторна схема із використанням імпульсного струменя. Результати досліджень різних схем гідровидобутку по визначенню основних гідравлічних і технологічних параметрів приведені в табл.1 та рис.1.

Таблиця 1-Результати експериментальних досліджень основних показників гідровидобувного обладнання

Схеми свердловинного гідровидобутку	Показники гідровидобувного обладнання			
	тиск води на гідромоніторі, МПа	тиск води на ерліфті, МПа	продуктивність по пульпі, м <sup>3</sup> /год	продуктивність по руді, м <sup>3</sup> /год
Гідромоніторно-гідроелеваторна	2...4	–	100...130	8...15
Ерліфтно-гідромоніторна	6	0,65..0,75	20...30	8...10
Ерліфтно-гідромоніторна з використанням гнучкого шлангу	2...4	0,6...0,7	30...35	4...5
Ерліфтно-гідромоніторна з використанням імпульсного струменя	2...2,5	1...1,2	45	20

На рис.1 зображені графіки зміни продуктивності гідророзмиву по пульпі (Р, м<sup>3</sup>/год) в залежності від тиску (Н, МПа) при різних схемах СГВ.



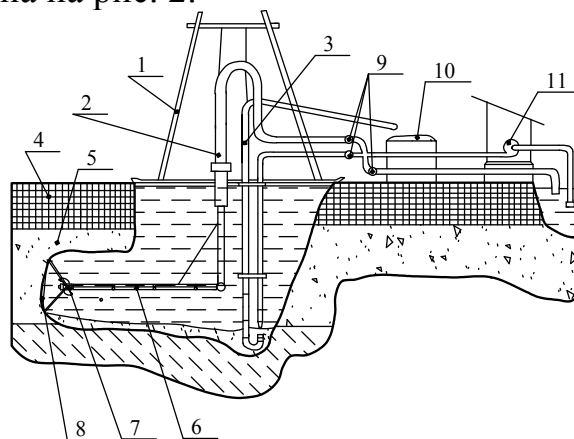
- 1 - ерліфтно-гідромоніторна з використанням імпульсного струменя;  
 2 - гідромоніторно-гідроелеваторна ; 3 - ерліфтно-гідромоніторна;  
 4 - ерліфтно-гідромоніторна з використанням гнучкого шлангу.

Рис.1 - Зміна продуктивності по пульпі в залежності від тиску при різних схемах СГВ:

Аналізуючи дані експериментальних досліджень з випробування гідровидобутку при різних технологічних схемах встановлено, що найбільш придатною для видобутку зернистих фосфоритів в умовах Милятинського родовища, являється гідромоніторно-гідроелеваторна схема (рис.1 крива 2), яка дозволяє найкраще видобувати слабозцементовані зернисті фосфорити при середній потужності покладу 1,65 м. У зв'язку з чим для подальших досліджень за основну була взята гідромоніторно-гідроелеваторна технологічна схема.

У зв'язку з високою інтенсивністю ґрунтових вод та складними гідрогеологічними умовами залягання зернистих фосфоритів, гідромоніторний струмінь працює в умовах затопленого забою.

Для встановлення основних технологічних параметрів гідровидобутку нами проведені натурні дослідження для виконання яких змонтована стендова установка, що зображена на рис. 2.



- 1 - монтажна вишка; 2 - гідромоніторна установка; 3 - гідроелеватор;  
 4 - покриваючі породи; 5 - фосфоритоносний пласт; 6 - телескопічний ствол;  
 7 - гідромоніторна головка з насадками; 8 - відсікач струменя;  
 9 - пробкові крани; 10 - склад породи;  
 11- насос ЦНС-230/150.

Рис. 2 - Стенд для натурного дослідження гідралічного руйнування порід в затопленому забої:

Для проведення дослідження телескопічний ствол гідромоніторної установки встановлювався на відстані від забою  $l=4d_n$  і закривався відсікачем струменя для попередження розмиву при визначені фіксованого тиску води на насадці. Перед дослідом котлован заливався водою. У процесі дослідження фіксувались час роботи струменя і тиск води в насадці.

Після дослідження з камери гідросуміш відкачувалась гідроелеватором і виконувалось вимірювання утвореної виробки. Дослідження проводились в свердловині 9-Г, де найменша глибина розкривних порід - 4,2 м (рис.3).

Продуктивність гідравлічного руйнування за цикл визначалась діленням об'єму виробки на час її утворення. Питома витрата води на  $1 \text{ м}^3$  зруйнованої породи визначається як відношення витрати води через насадку до об'єму породи, зруйнованої за даний цикл.

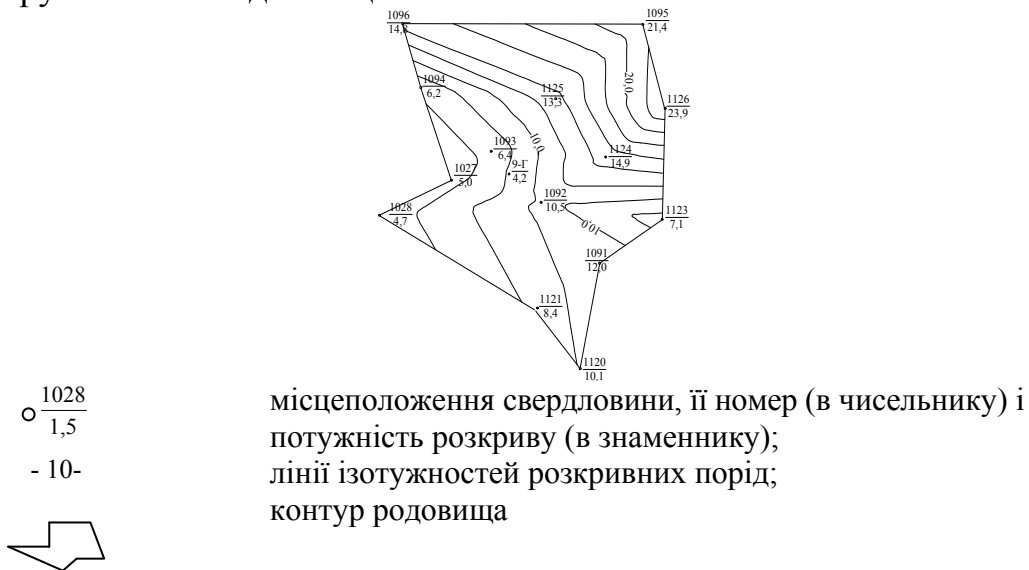
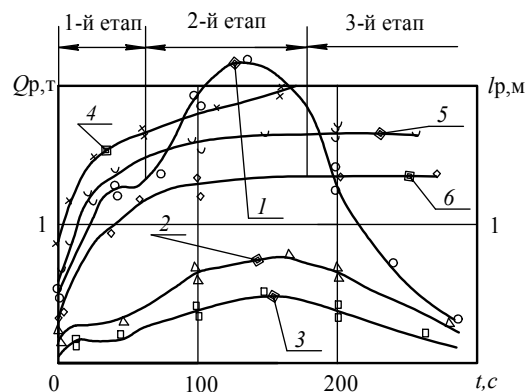


Рис.3 - План ізопотужностей розкривних порід

Питома енергоємність визначалась як відношення потужності струменя до продуктивності гідравлічного руйнування за один цикл. На рис. 4 показано динаміку руйнування породи.



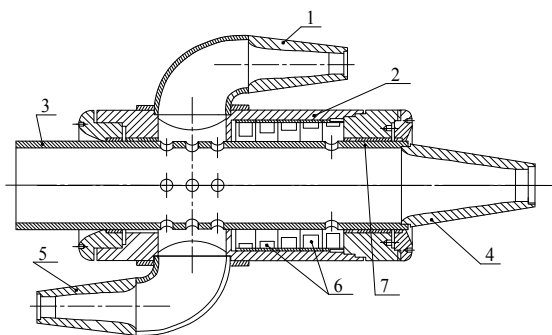
1, 2, 3 -  $Q_p=f(t)$ ; 4, 5, 6-  $l_p=f(t)$ ; відповідно при  $p_0=0,5; 1,0; 1,5$  МПа.

Рис. 4 - Динаміка руйнування фосфоритонесної породи затопленим струменем одиничної насадки у часі.

На графіку можна виділити три етапи руйнування. На першому етапі відбувається інтенсивне утворення вузького каналу довжиною 1,1...1,7 м, об'єм виїмки досягає 27%; на другому – розширення і поглиблення каналу, об'єм виїмки збільшується в середньому на 57%; на третьому – продуктивність руйнування зменшується, об'єм виїмки в середньому складає 16% і довжина практично не збільшується, досягаючи через проміжок часу  $t = (2...2,5 \text{ хв})$  2 м.

Дослідженнями встановлено, що у міру віддалення забою від насадки продуктивність руйнування зменшується, а питома витрата води збільшується. Відстань до забою, на якій відбувається руйнування породи, із збільшенням діаметра насадки зростає. Із збільшенням тиску води продуктивність руйнування збільшується, а питомі витрати води зменшуються.

Одним із способів збільшення продуктивності руйнування є використання спеціальної гідромоніторної головки, в якій струмінь бічної передньої насадки переміщується по забою (рис.5). Обертання головки здійснюється за рахунок реактивної сили струменя.

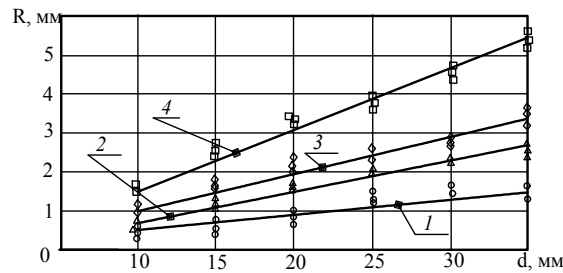


1 - відбійна насадка; 2 - корпус, що обертається; 3 - ствол; 4 - врубова насадка;  
5 - транспортуюча насадка; 6 - тормоз; 7 - підшипник.

Рис.5 - Гідромоніторна головка

Струмінь центральної насадки утворює в рудному пласті вруб. У результаті утворюється виробка, розмір якої залежить від кута нахилу бічної насадки до осі телескопічного ствола і від тиску напірної води. Характеристика руйнування і показники роботи головки подібні показникам одиночної насадки. При цьому продуктивність у 2,5 рази вища, а мінімальне значення енергоємності і питомої витрати води у 1,2...1,5 рази нижче. Оптимальний кут бічної насадки рівний  $50^{\circ}$ .

На рис. 6 зображено графіки зміни радіуса розмиву від тиску та діаметрів насадок. Розмив порід струменями великого діаметру веде до збільшення радіусів розмиву, причому із зростанням робочого агента перед насадкою це збільшення позначається значніше.



: 1-N=1,0 МПа; 2-N=1,6 МПа; 3-N=2,2 МПа; 4-N=4 МПа.

Рис.6 - Зміна радіусу розмиву породи в залежності від діаметра насадки при різних тисках

На рис.7 зображено графіки середньої продуктивності розмиву корисної копалини в межах радіусів, залежно від діаметру насадки. На рис.8 зображено графіки енергоємності і питомої витрати робочого агента на розмив корисної копалини.

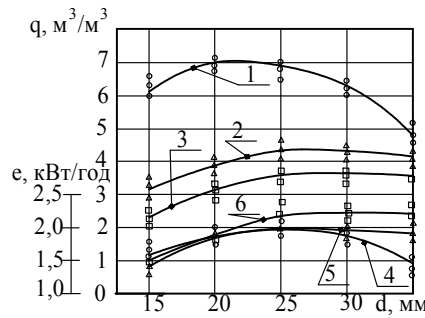
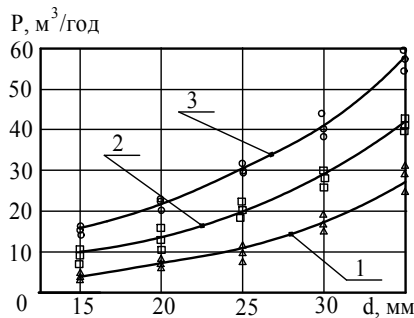


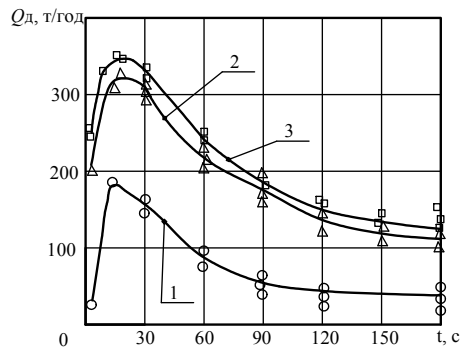
Рис. 7 – Зміна середньої продуктивності розмиву корисної копалини на відстані радіуса розмиву в залежності від діаметра насадки при тисках: 1-N=1,0 МПа; 2-N=1,6 МПа; 3-N=2,2 МПа

Рис. 8 - Залежність питомої витрати - 1, 2, 3 і енергоємності - 4, 5, 6 при розмиві корисної копалини від діаметра насадки при тисках 1;4-N=1,0 МПа; 2;5-N=1,6 МПа; 3;6-N=2,2 МПа

З графіків слідує, що із збільшенням тиску перед насадкою енергоємність розмиву зростає, а питома витрата води знижується. Збільшення діаметру насадки і тиску приводить до зростання продуктивності розмиву. На ефективність розмиву порід з однаковими фізико-механічними властивостями впливає час дії струменя на забій, що визначається швидкістю її переміщення.

У процесі проведення досліджень була проведена серія дослідів з доставки зруйнованої породи в камері розмиву струменем з нерухомою насадкою. Для виконання дослідів насадку гідромонітора встановлювали на фіксованій відстані від гідроелеватора. Котлован завантажували шаром породи товщиною 20 см, заливали водою на висоту 1,2...1,5 м і виконували змив породи. Після дослідів зупинялась подача води, осушувався котлован і вимірювались розміри утвореної виїмки.

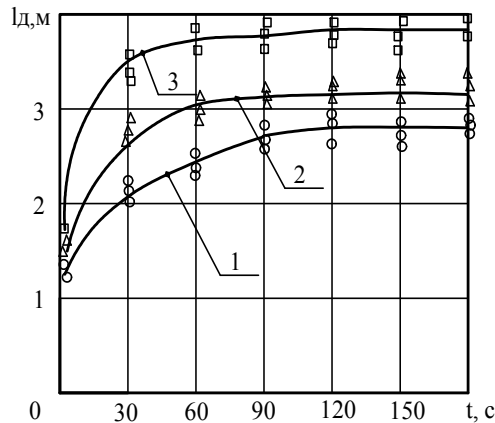
Досліди показали, що через проміжок часу  $t=(12...15 \text{ с})$  після подачі води продуктивність доставки досягає максимуму (180...320 т/год), а через проміжок часу  $t=(3...4 \text{ хв})$  продуктивність різко знижується і доставка практично припиняється (рис.9).



1 - при  $p_0=0,5$  МПа; 2 - при  $p_0=1,0$  МПа; 3 - при  $p_0=1,5$  МПа.

Рис.9 - Графік зміни продуктивності  $Q_d$  одиначної насадки ( $d_o=25$ мм) в залежності від часу впливу:

При цьому дальність доставки гідросуміші у перші 60...70 с досягає максимуму (2,5...4 м) і в подальшому практично припиняється (рис. 10).

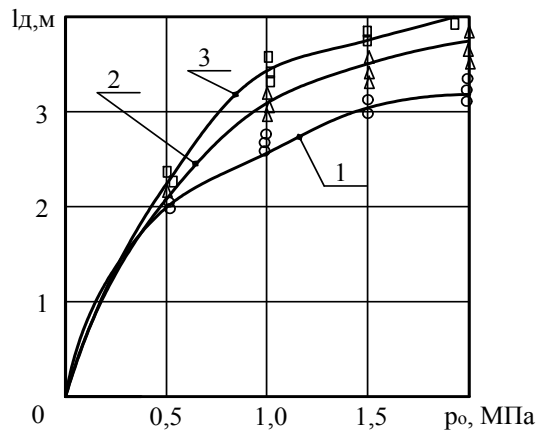


1 - при  $p_0=0,5$  МПа; 2 - при  $p_0=1,0$  МПа; 3 - при  $p_0=1,5$  МПа

Рис. 10 - Графік зміни дальності доставки породи струменем води з одиначної насадки ( $d_o=25$ мм) в залежності від часу впливу

Досліди з насадками різного діаметру показали, що для кожного діаметру існує така границя тиску води, з перевищенням якої не відбувається суттєвого збільшення дальності доставки (рис.11).

Для насадок діаметром 15, 20 і 25 мм граничний тиск води відповідно рівний 1,3; 1,9; та 2,5 МПа. Встановлено, що продуктивність доставки залежить від глибини занурення струменя під шар породи. Для насадок діаметром 15, 20 і 25 мм оптимальні значення глибини занурення струменя будуть відповідно 7,5; 12,0; та 13 см.



1 -  $d_0=15$  мм; 2 -  $d_0=20$  мм; 3 -  $d_0=25$  мм

Рис. 11 - Графік залежності дальності доставки породи від тиску води при різних діаметрах насадок:

При значному збільшенні глибини занурення утворюється зона дифузії, в якій значна частка енергії струменя витрачається на утворення гідросуміші в локальній зоні, і продуктивність доставки різко падає.

Таким чином, освоєння методу свердловинного гідровидобутку передбачає новий підхід до розробки родовищ із складними гідрогеологічними умовами залягання. Це пов'язано в першу чергу з тим, що родовища, які на даний час не можуть розроблятися відкритим способом при застосуванні методу свердловинного гідровидобутку представляють промисловий інтерес.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маланчук З.Р. Научные основы скважинной гидротехнологии. - Ровно, 2002. - 372 с.
2. Проблемы геотехнологии. - Труды ГИГХСа. - М., 1972. - Вып. № 21. - 313 с.
3. Соколов А.С. Геолого-технологические модели месторождений фосфоритовых руд. - М., 1986. - 120 с.
4. Справочник по гидравлике // Под ред. В.А. Большакова. Киев: Вища школа, 1977. - 280 с.
5. Лезгинцев Г. И. Гидромеханизация разработки россыпей и методы расчетов. - М.: Наука, 1985. - 220 с.
6. Archibald William R., Gilbert John J. Underground mining system [Marcona Corp.] Патент США № 3797590, кл. 175-213/T 21 S 45/00/. Заявлен 16. 01. 1973. Опубликовано 19. III. 1974.
7. Rodi W. Turbulence models and their application in hydraulics // State-of-the-art paper. IAHR.- 1980.- P. 131 - 139.