

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по определению напряжений в массиве горных пород, методом локального гидравлического разрыва. – Днепропетровск: ИГТМ АН УССР. – 1989. – 34 с.
2. Кулинич В.С., Шевелев Г.А., Егоров С.И. Методы и средства определения параметров геомеханического состояния газоносного породного массива. – Донецк: ЦБНТИ, 1994. – 202 с.
3. Шматовский Л.Д., Гирич Е.Г., Пожытько И.И., Апрельский В.В. Опыт подготовки и использования гидравлического оборудования для оценки напряженного состояния углепородного массива пласта П1. – Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2002. – Вып. 37. – С. 104-109.
4. Проект определения главных составляющих поля напряжений и направления их действия в углепородном массиве участка № 10 шахты им. А.Ф.Засядько методом локального гидроразрыва. – Днепропетровск, ИГТМ НАНУ. – 2002. – 12 с.

УДК 622.016.25: 533

З.Р. Маланчук

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГИДРОРАЗМЫВА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приведені результати моделювання гідродинамічних процесів гідромоніторного розмиву розсипних родовищ гідромоніторними струменями середнього тиску

MODELING OF HYDROMECHANICAL PROCESSES OF HYDROWASHING OUT PLACER OF DEPOSITS

Brought results of modeling of hydrodynamical processes of hydromonitor washing out placer of deposits of hydromonitor streams of average pressure

При исследовании геотехнологических процессов добычи широко используются методы физического моделирования, позволяющие воспроизвести и изучить в лабораторных условиях отдельные явления и физические механизмы изучаемых процессов [1]. Для переноса полученных зависимостей на реальный объект необходимо использовать теорию подобия. Применение физического моделирования к системам скважинной гидротехнологии осложняется тем, что большинство технологических операций не имеет математического описания. Поэтому при выводе уравнений подобия для систем скважинной гидротехнологии используется теория анализа размерностей [2, 3].

Учитывая, что создание общей модели для систем скважинной гидротехнологии практически невозможно ввиду методологических и технологических трудностей, целесообразно ограничиться исследованием, отдельных технологических операций.

Анализ проблемы гидравлического разрушения пород выявил:

- отсутствие единой теории разрушения;
- множество гипотез, включающих группу факторов, влияющих на процесс разрушения, значение которых и их удельный вес в основном не изучены;
- справедливость расчетов производительности отбойки и удельного расхода воды, которые основаны главным образом на эмпирических зависимостях, полученных для определенных горногеологических и гидрогеологических условий месторождений.

Создание прогрессивных технологий опробования и разработки россыпных месторождений требует постановки и решения новых, не возникавших ранее вопросов, трансформации известных положений с точки зрения влияния их на экономику добычи.

Анализ исследований, посвященных разработке россыпных месторождений гидравлическим способом, показал на отсутствие опыта размыва полезного ископаемого и подстилающих пород гидромониторными струями средних от 1 до 4 МПа и высоких (более 4 МПа) давлений, выявил отсутствие данных о потерях полезного компонента, несмотря на то, что вопросы полноты и качества выемки приобретают первостепенное значение при создании новых технологий.

Основные элементы систем – размыв полезного ископаемого и подстилающих пород включает отбойку, выгонку пульпы в зону действия всаса АСГ или в выпускную выработку и зачистку подстилающих пород на глубину приуроченности полезного компонента. В зависимости от используемой системы размыв производится по схемам с попутным или встречным забоем. Поскольку полезный компонент в россыпи находится в свободном состоянии и вследствие высокой плотности по отношению к вмещающим породам он при размыве может легко мигрировать на подстилающие породы. При вращении АСГ, ДГ и СГ с постоянной угловой скоростью линейная скорость перемещения струи по забою с удалением от насадки возрастает. Ухудшение гидродинамических параметров струи и возрастание скорости ее перемещения по забою ведут к снижению ее транспортирующей способности. Сложный микрорельеф подстилающих пород способствует задержанию зерен полезного компонента, перераспределению и миграции его от неоднократного воздействия струи с удалением от насадки. Механизм размыва полезного ископаемого с увеличением мощности усложняется. Неразмытые подстилающие породы или размытые в интервале, который меньше глубины проникновения зерен полезного компонента, являются потенциальным источником потерь. С учетом изложенного, в основу изучения закономерностей размыва полезного ископаемого и подстилающих пород, а также возможных потерь полезного компонента положены экспериментальные исследования в натуральных условиях [4, 5].

Гидродинамические процессы размыва полезных ископаемых и подстилающих пород, гидромониторными струями оценены на основании моделирования процессов размыва и гидротранспортированной рудных пульп в лабораторных и естественных условиях.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось:

при размыве полезного ископаемого струями через насадки диаметрами 15, 20, 25, 30 и 35 мм и давлении 1 – 3 МПа установить производительности, максимальные радиусы, энергоемкости и удельные расходы воды;

- при размыве подстилающих пород струями через насадки диаметрами 15, 20, 25, 30 и 35 мм и давлении 1 – 3 МПа, углах сектора размыва 30^0 и 40^0 установить производительности, максимальные радиусы энергоемкости, удельные расходы воды и потери полезного компонента.

Для проведения натуральных исследований с опытного участка удалялись налегающие породы для обнажения полезного ископаемого. Гидромонитор уста-

навливался в вершине сектора размыва. В качестве компенсационной выработки, имитирующей зону всасывания АСГ или устье выпускной выработки, на определенном расстоянии от вершины сектора использовалась траншея. В основу методики исследований заложено время, необходимое на размыв и выгонку полезного ископаемого мощностью $h_{\text{П}}$ и подстилающих пород на глубину $h_{\text{ПП}}$ из сектора с углом α . Для установления характера распределения потерь полезного компонента предусматривается определение среднего содержания по блоку до и после размыва. Опробование производилось в соответствии с действующими инструкциями по геологическому обслуживанию.

Скорость перемещения струи по забою изменялась от 0,5 до 2,1 м/с. Размыв полезного ископаемого и подстилающих пород осуществляется послойно при высоте уступа 15 – 25 см с перемещением их струей на предельное расстояние – величину радиуса размыва. Отбойка, транспортировка и зачистка подстилающих пород по существу представляли единый процесс и производились путем последовательного воздействия струей на постоянно перемещающийся забой.

Транспортирующая способность струи в процессе размыва при удалении забоя от насадки гидромонитора заметно ухудшается. Это выражается в том, что расстояния, на которые отбрасываются породы за один цикл воздействия струи на забой, снижаются, причем значительно резче для более крупных фракций. На некотором расстоянии от насадки – R величина перемещения крупных фракций породы за один цикл воздействия на забой струи гидромонитора практически равна нулю. Максимальное значение расстояния, на которое струя перемещает наиболее крупные фракции, в дальнейшем будем называть радиусом размыва.

Сравнивая величины радиусов для одинаковых параметров струи (рис.1; 2), следует отметить более высокие значения их при размыве подстилающих пород. Например, если при размыве полезного ископаемого через насадки диаметром 15; 20; 25; 30 мм и давлении 1,5 МПа средние значения радиусов размыва составляют соответственно 7,5; 9,0; 11,0; 12,5 м, то при размыве подстилающих пород при тех же параметрах струи их величины составляют 8,2; 9,8; 13,5; 16,5 м. Эта закономерность объясняется неравномерностью распределения каменистого материала, в частности, крупных валунов (большая часть их сосредотачивается в верхних слоях по мощности месторождения). Средняя крупность фракций при размыве полезного ископаемого в 1,2 раза выше среднего размера фракций при размыве подстилающих пород. Размыв пород струями большого диаметра ведёт к увеличению радиусов размыва, причём с возрастанием рабочего агента перед насадкой это увеличение сказывается значительно.

Усреднённые производительности размыва полезного ископаемого в пределах радиусов в зависимости от диаметра насадки приведены на рис. 3. Увеличение диаметра насадки и давления производительность размыва, как следует из графиков, возрастает.

Энергоёмкость и удельный расход рабочего агента на размыв полезного ископаемого представлены на рис. 4. Следует, что с увеличением давления перед насадкой энергоёмкость размыва возрастает, а удельный расход воды снижает-

ся.

На рис. 5. приведены графики изменения усредненной производительности размыва подстилающих пород, представленных трещиноватыми песчано-глинистыми и глинистыми сланцами в пределах радиуса в зависимости от давления перед насадкой. Увеличение диаметра насадки и давления приводит к возрастанию производительности размыва.

Изменения удельных расходов рабочего агента на размыв подстилающих пород через насадку диаметром 25 мм представлены на рис. 6. Видно, что с увеличением расстояния удельный расход возрастает, а увеличение давления и диаметра насадки ведут к его снижению.

На основании уравнения Эйлера которое есть однородным линейным дифференциальным уравнением с переменными коэффициентами (1), получены уравнения, которые характеризуют гидромеханические процессы размыва полезного компонента

$$A \cdot x^2 \cdot Y''(x) + B \cdot x \cdot Y'(x) + C \cdot Y(x) = 0, \quad (1)$$

$$R(d) = C_1 \cdot d^{-\sqrt{1.5}} + C_2 \cdot d^{\sqrt{1.5}}, \quad (2)$$

$$R(H) = C_1 \cdot H^{-2} + C_2 \cdot H^{0.5}, \quad (3)$$

$$P(d) = C_1 \cdot d^{-2} + C_2 \cdot d^2, \quad (4)$$

$$Q(d) = d^{0.875} \cdot (C_1 \cdot \cos(1.187 \cdot \ln d) + C_2 \cdot \sin(1.187 \cdot \ln d)), \quad (5)$$

$$E(d) = d \cdot (C_1 \cdot \cos(2.236 \cdot \ln d) + C_2 \cdot \sin(2.236 \cdot \ln d)), \quad (6)$$

где A, B, C – соответственно произвольные постоянные безразмерные коэффициенты; x – независимая переменная; Y'' , Y' – вторая и первая производная функции $Y(x)$ по переменной x ; $Y(x)$ – искомая функция от переменной x ; C_1, C_2 – постоянные коэффициенты, которые характеризуют общее решение уравнения; R, H, Q, d – соответственно радиус размыва, напор, расход, диаметр насадки; P, E – соответственно усредненная производительность размыва и энергоёмкость.

Уравнения (1) – (6) являются основными для определения гидродинамических параметров гидромониторной струи при размыве полезного компонента и подстилающих пород. Сравнивая величины радиусов для одинаковых параметров струи, необходимо отметить большие их значения при размыве подстилающих пород, как это показано на рис. 1 и 2. В тоже время были проведены эксперименты, которые позволили получить зависимость транспортирующей способности потока от расхода рабочего агента при различных уклонах днища выемочной камеры

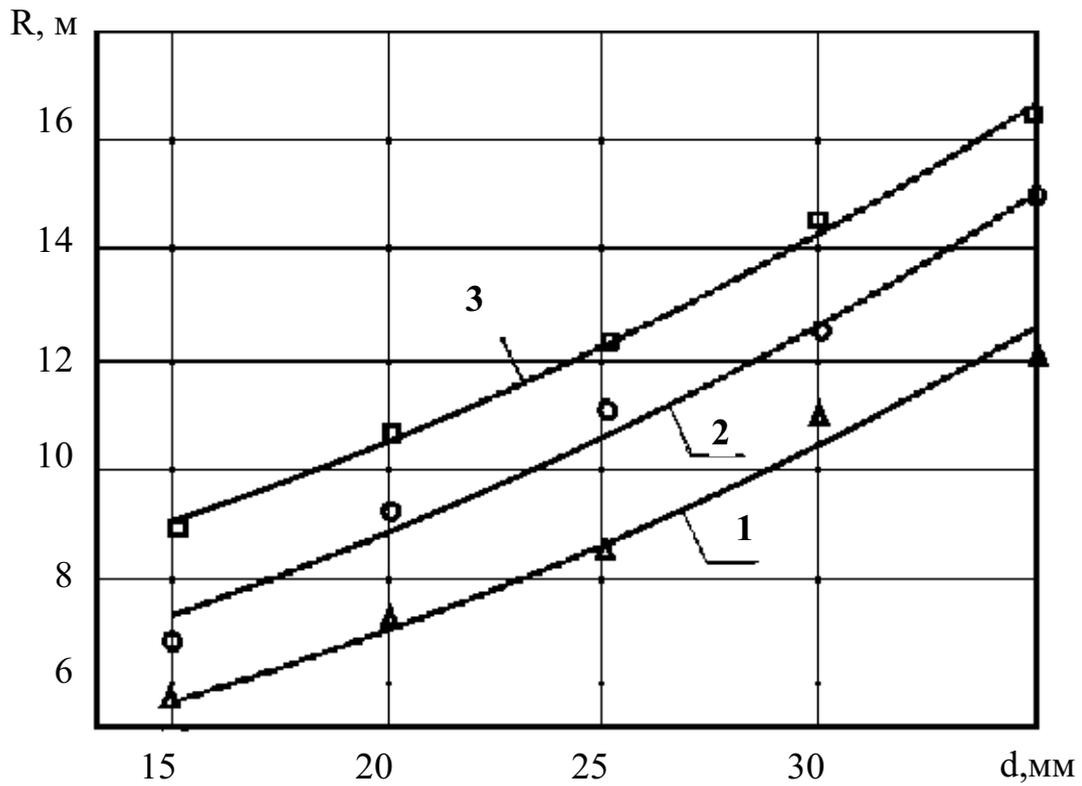


Рис. 1. Изменение радиуса размыва полезного ископаемого в зависимости от диаметра насадки при давлениях: 1- $N=1,0$ МПа; 2- $N=1,6$ МПа; 3- $N=2,2$ МПа

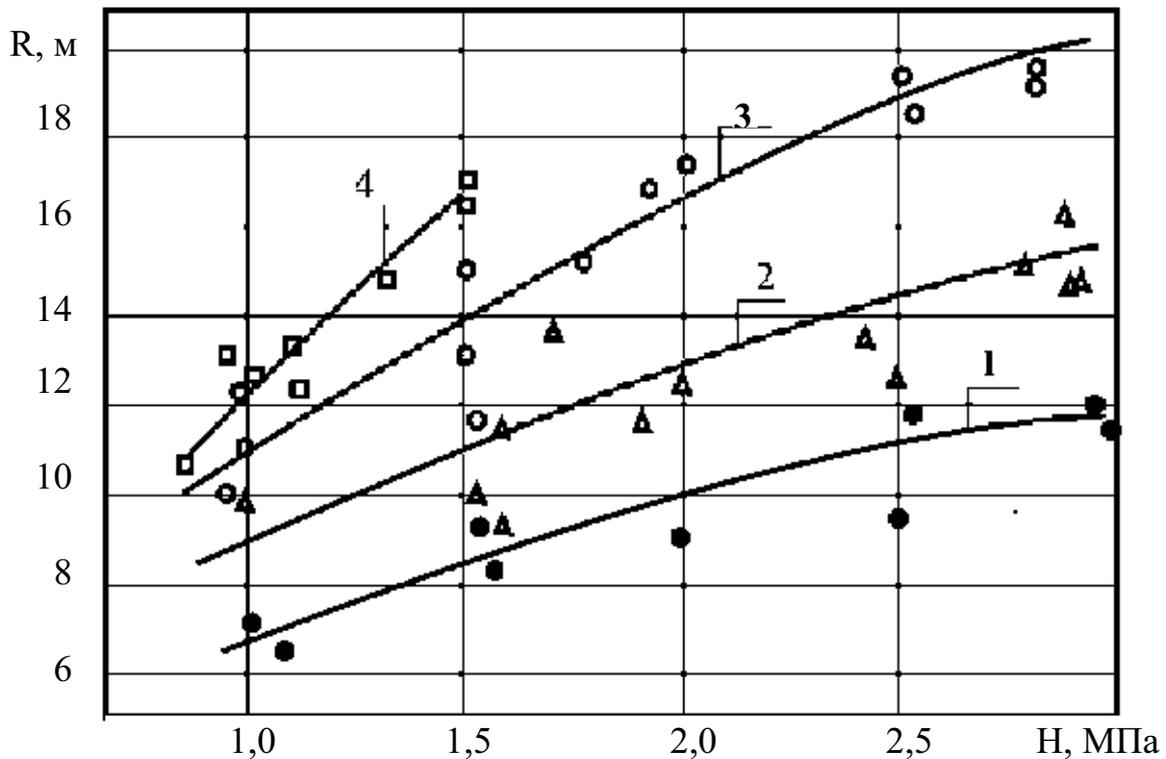


Рис. 2. Изменение радиуса размыва подстилающих пород в зависимости от давления у насадки диаметром: 1- $d_0=15$ мм; 2- $d_0=20$ мм; 3- $d_0=25$ мм; 4- $d_0=30$ мм

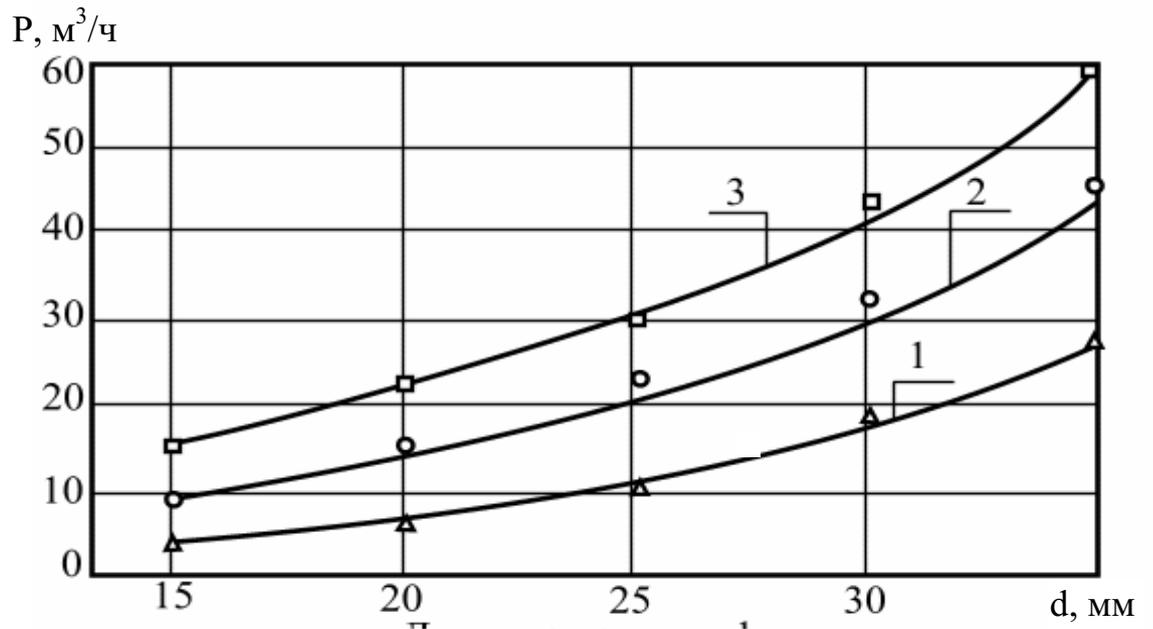


Рис. 3. Изменение усредненной производительности размыва полезного ископаемого на расстоянии радиуса размыва в зависимости от диаметра насадки при давлениях: 1-Н=1,0 МПа; 2-Н=1,6 МПа; 3-Н=2,2 МПа

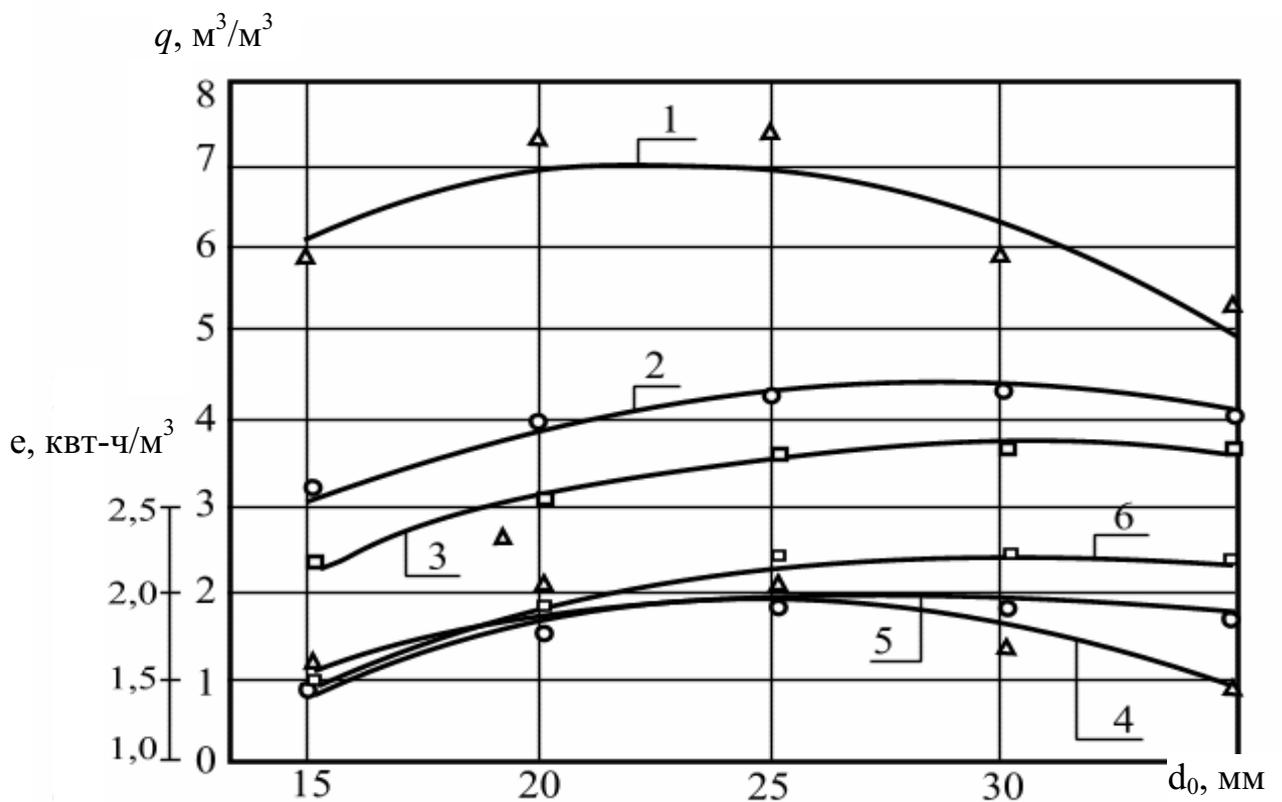


Рис. 4. Зависимость удельного расхода – 1,2,3 и энергоемкости – 4,5,6 при размыве полезного ископаемого от диаметра насадки при давлениях: 1;4-Н=1,0 МПа; 2;5-Н=1,6 МПа; 3;6-Н=2,2 МПа

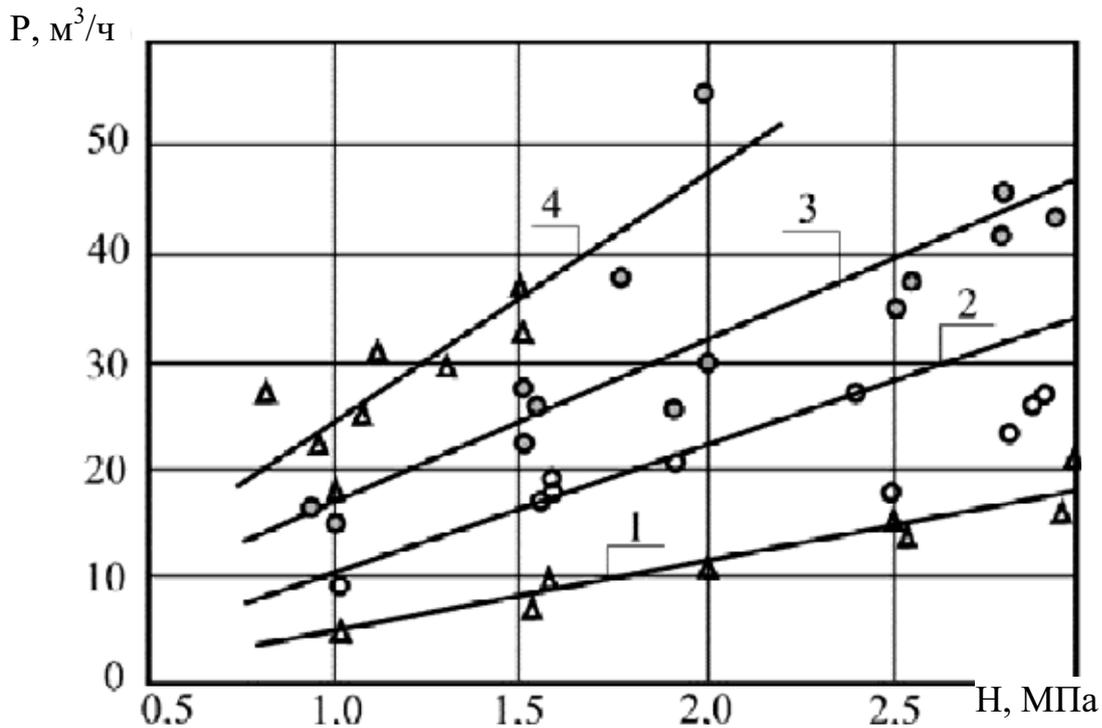


Рис. 5. Изменение усредненной производительности размыва подстилающих пород на расстоянии радиуса размыва в зависимости от давления у насадки при диаметре: 1- $d_0=15$ мм; 2- $d_0=20$ мм; 3- $d_0=25$ мм; 4- $d_0=30$ мм

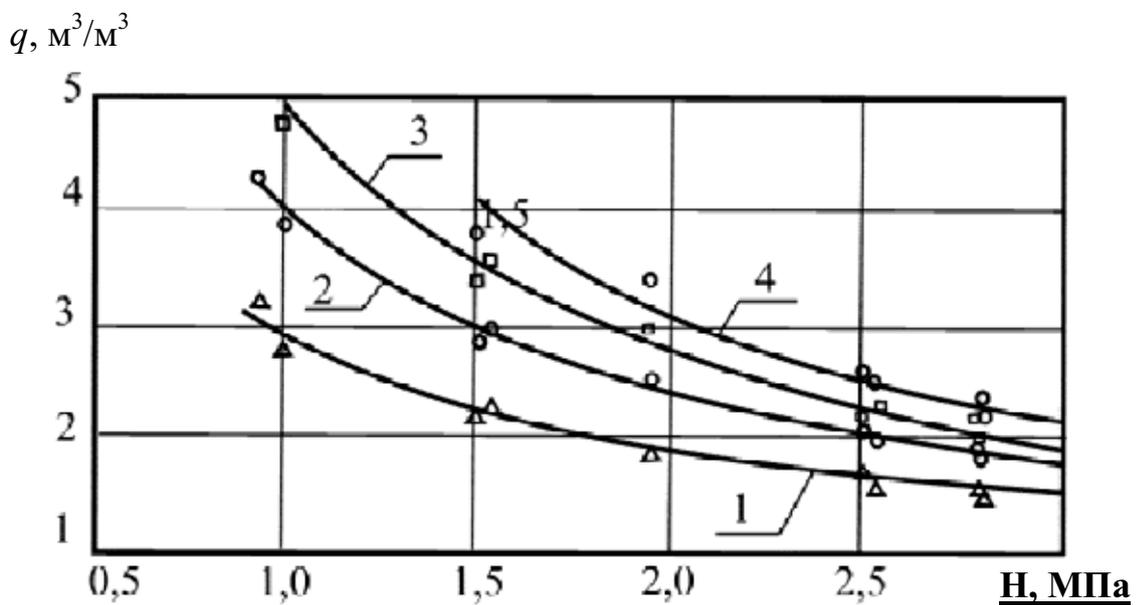


Рис. 6. Изменение удельного расхода на размыв подстилающих пород через насадку диаметром 25 мм в зависимости от давления у насадки при расстояниях: 1-5,9 м; 2-9,3 м; 3-12,1 м; 4-14,3 м

$$Q(q) = C_1 \cdot q^{\frac{-1-\sqrt{5}}{2}} + C_2 \cdot q^{\frac{-1+\sqrt{5}}{2}}, \quad (7)$$

Анализ сравнения производительностей размыва полезного ископаемого и подстиляющих пород показывает, что более высокие значения производительности при одинаковых параметрах струи наблюдается при размыве подстиляющих пород из-за недостаточно качественной оттайки полезного ископаемого.

Таким образом, на эффективность размыва пород с одинаковыми физико-механическими свойствами влияет время воздействия струи на забой, определяемой скоростью её перемещения. Установлено, что при послонном размыве полезного ископаемого попутным забоем увеличение времени воздействия струи на массив сверх некоторого, определённого для данных исходных параметров струи значения, ведёт к образованию вруба и снижению эффективности размыва. Образование вруба при вращении ствола гидромонитора с угловой скоростью $\omega = 1$ об/мин наблюдалось на расстоянии до 6-8 м от насадки. Скорость перемещения струи по забою при этом изменялась от 0,37 до 1,0 м/с. Образованию вруба, очевидно, способствовало также относительно высокое значение угла встречи струи с поверхностью - α . Величина его при перемещении забоя от 0 до 6 м от насадки гидромонитора изменялась от 28° до 10° . С целью повышения эффективности выгонки полезного ископаемого на расстояниях до 6-8 м от насадки угол наклона струи к поверхности размыва не должен превышать $5-6^\circ$; скорость перемещения струи по забою ограничивается до 1,0-2,0 м/с, а высота забоя при размыве через насадки диаметром 25-30 мм составляет 15-20 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Г.Н. Моделирование горных процессов. - М.: Наука, 1970.- 158 с.
2. Бондаренко В.И., Власов С. В., Владыко А. Б. Определение технологических параметров струйного затопления пород при сооружении противофильтрационных завес // Научный вестник НГАУ.- Днепропетровск: НГАУ.-1999.-Вып. № 6. – С. 11-12.
3. Хныкин В. Ф. Разрушение горных пород гидромониторными струями на открытых разработках. - М.: Наука, 1969. - 150 с.
4. Лаврентьев М. А. Проблема гидродинамики и их математической модели. - М.: Наука, 1977. - 407 с.
5. Нурук Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. - М.: Недра, 1985.- 471 с.