

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 7.7.
КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ НЕДР И ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ЗЕМЛИ.
РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ. РАЗВИТИЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ**

Программа 7.7.1. Геомеханика: процессы деформирования массивов горных пород и геоматериалов, в том числе вызванные техногенной деятельностью

Учеными Института горного дела на базе концепции массивов горных пород как геосред с блочно-иерархической структурой разработаны математические модели с определяющими соотношениями, учитывающими: размер,

форму геоблоков, сцепление между ними и их разномодульность, вид напряженно-деформированного состояния и скорость внешнего нагружения.

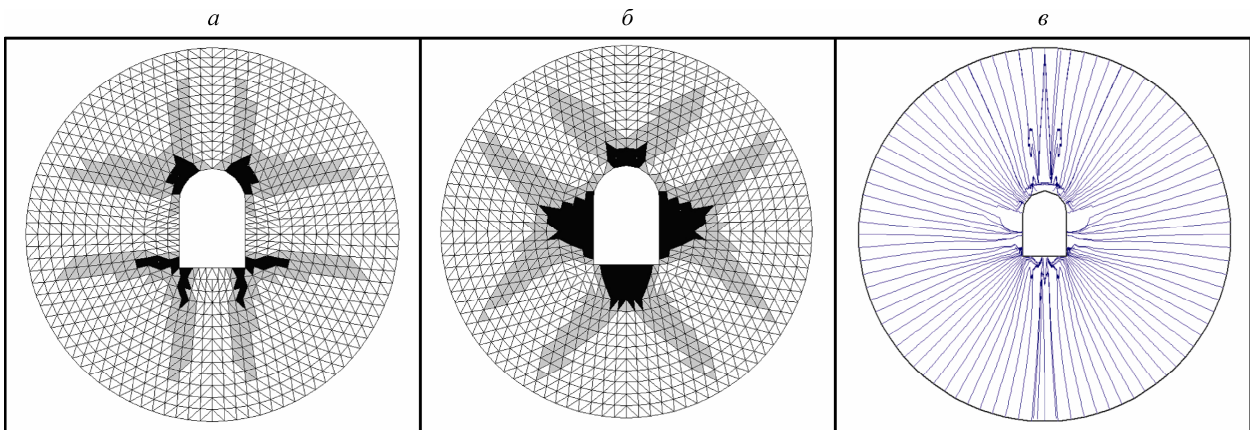


Рис. 26. Развитие зон разупрочнения (серый цвет) и потери сдвиговой прочности (черный) в массиве для горизонтального залегания породы (а) и крутопадающих (45°) пластов (б); в — линии тока энергии (вблизи поверхности выработки появляются зоны, в которые энергия с внешней границы не поступает).

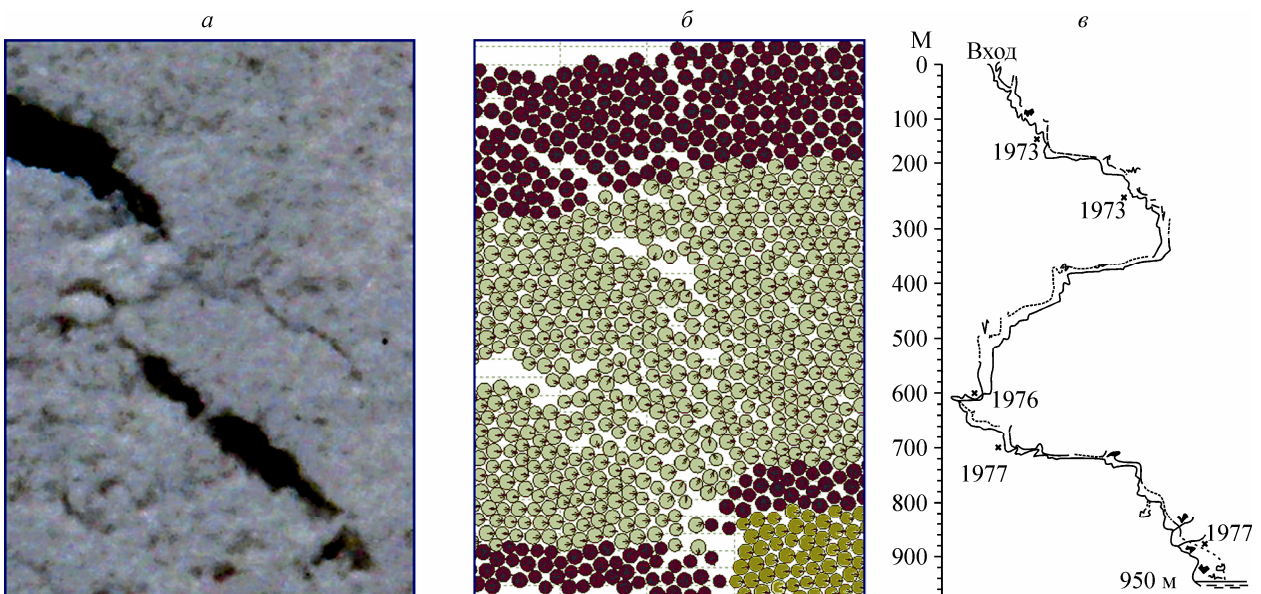


Рис. 27. Физическая (а) и численная (б) модели; натуральный профиль карстовой пещеры-пропасти (в).

Использование этих моделей позволило теоретически показать, что существует критическое значение введенного параметра разупрочнения геоматериала, превышение которого приводит к неконтролируемому динамическому высвобождению накопленной в массиве горных пород упругой энергии (рис. 26); удается описать процесс карстообразования с удовлетворительной сходимостью результатов физического и математического моделирования (рис. 27) и оценить динамико-кинематические характеристики волн маятникового типа («одномерный случай») (рис. 28).

В том же Институте разработаны, изготовлены и испытаны в лабораторных и натуральных условиях новые приборно-вычислительные комплексы и программные средства:

для совместных измерений деформационных и электромагнитных волновых полей в массивах горных пород (скважинный вариант);

для динамического контроля деформаций бортов карьера (рис. 29);

для оценки импульсных эмиссионных электромагнитных сигналов из массивов горных пород, обеспечивающих возможность их детального спектрально-временного анализа;

для определения деформационных свойств горных пород при нагружении скважин равномерным давлением (дилатометрия) (рис. 30);

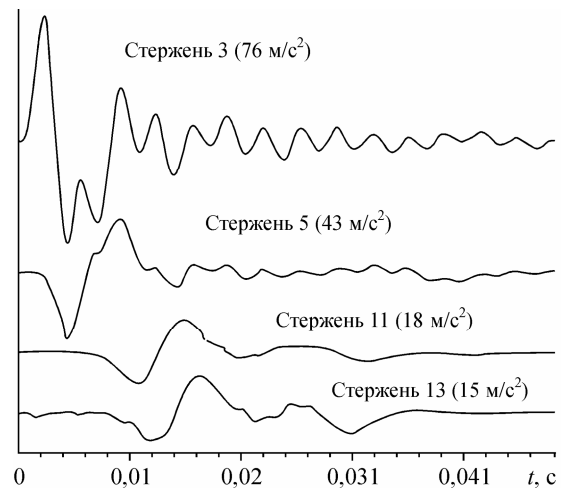


Рис. 28 Оциллограммы ускорений 3, 5, 11, 13-го стержней экспериментальной сборки, моделирующей иерархическую блочную среду при ударном нагружении. Видно формирование и распространение низкоскоростной и низкочастотной маятниковой волны.

компактный переносной сейсмометрический комплекс для натуральных измерений (рис. 31);

видеокаротажный зонд (макетный образец).

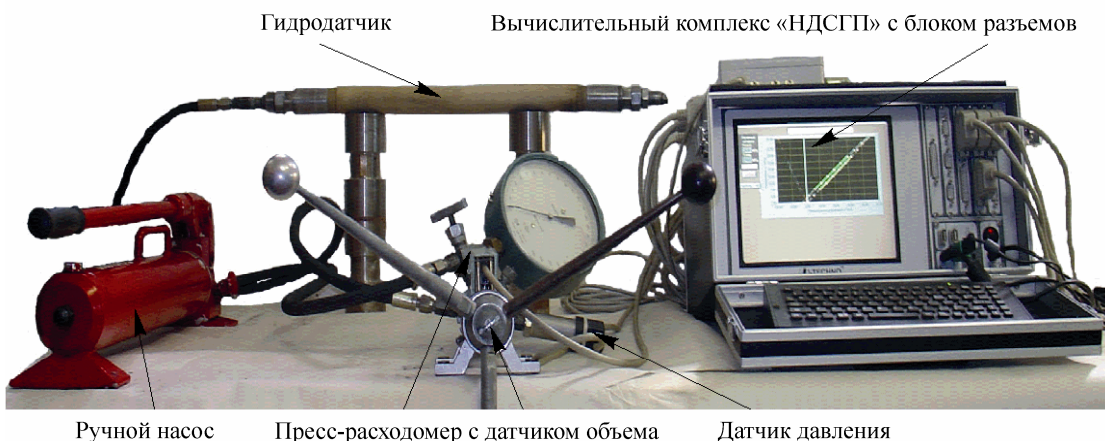


Рис. 29. Вычислительный комплекс НДСГП.

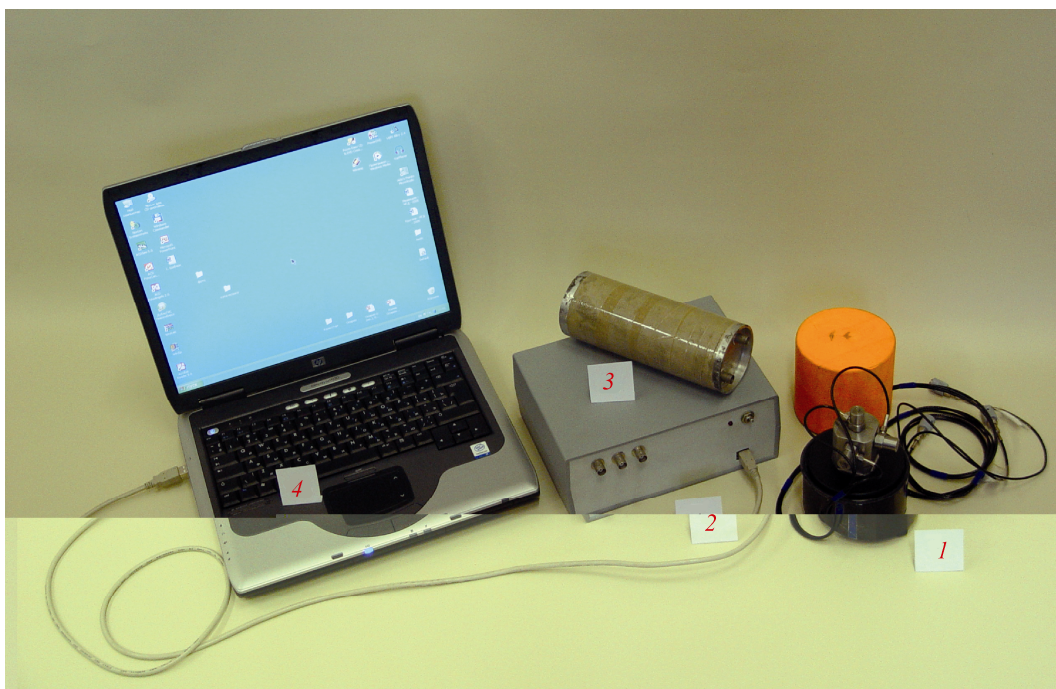


Рис. 30. В состав комплекта для определения деформационных свойств горных пород входят: 1 — трехкомпонентный датчик упругих колебаний; 2 — регистратор; 3 — усилитель сигналов; 4 — переносной компьютер.

Программа 7.7.2. Разработка месторождений полезных ископаемых и комплексная переработка минерального сырья на основе ресурсо- и энергосберегающих экологически безопасных технологий

Учеными Института горного дела выполнены: геомеханическая оценка пород налегающей толщи и статистический анализ результатов шахтных замеров выброса выхлопных газов на единицу паспортной мощности двигателей самоходного дизельного оборудования в условиях рудников Заполярного филиала ОАО «ГМК «Норильский никель»».

Это позволило обосновать: комплекс мероприятий по вводу в отработку подработанных залежей вкрапленных руд (В-О и В-1н) рудника «Октябрьский», нецелесообразность реконструкции действующего поверхностного закладочного комплекса рудника, возможность снижения норматива потребления воздуха для проветривания горных выработок по фактору разжижения выхлопных газов.

Разработаны технологические регламенты на проектирование безопасной отработки подработанных вкрапленных руд (рис. 32) и на строительство нового закладочного комплекса производственной мощностью 1,0 млн м³ в год за зоной сдвижения массива, а также норма-

тивная документация на снижение потребляемого количества воздуха до 3 м³/мин. на 1 л. с. паспортной мощности двигателя для всех выработок рудника.

В этом же Институте разработана и испытана в промышленных условиях технология турбовзрывания рассредоточенных зарядов взрывчатых веществ (ВВ) с использованием различных систем инициирования (СИНВ, детонирующего шнура, электронных детонаторов) (рис. 33). Установлено, что применение технологии турбовзрывания таких зарядов позволяет улучшить проработку подошвы уступа и предотвратить локальную запрессовку нижней колонки заряда ВВ ударной волной, идущей от верхнего заряда ВВ, а при использовании электронных детонаторов исключить отказы за счет обрыва проводов в нижней части скважины, достигающие 2—3 % в случае обычного взрывания.



Рис. 31. Многоканальный приборный комплекс для контроля деформаций борта карьера.

1 — измерительный зонд (максимальная база измерения 10 м); 2 — модуль МС1 приема и преобразования данных (удаление до 7 км от МС2); 3 — модуль МС2 сбора и передачи данных (удаление до 100 м от зонда); 4 — видеокаротажный зонд осмотра скважин при дефектоскопии; 5 — базовый модуль (репер) для фиксации базового расстояния; 6 — размещение измерительного зонда в скважине диаметром 110 мм, пробуренной в борт карьера; 7 — плата датчика линейных перемещений; 8 — измерительный модуль (диапазон измерений 30 мм); 9 — компьютер (подключен к МС2).

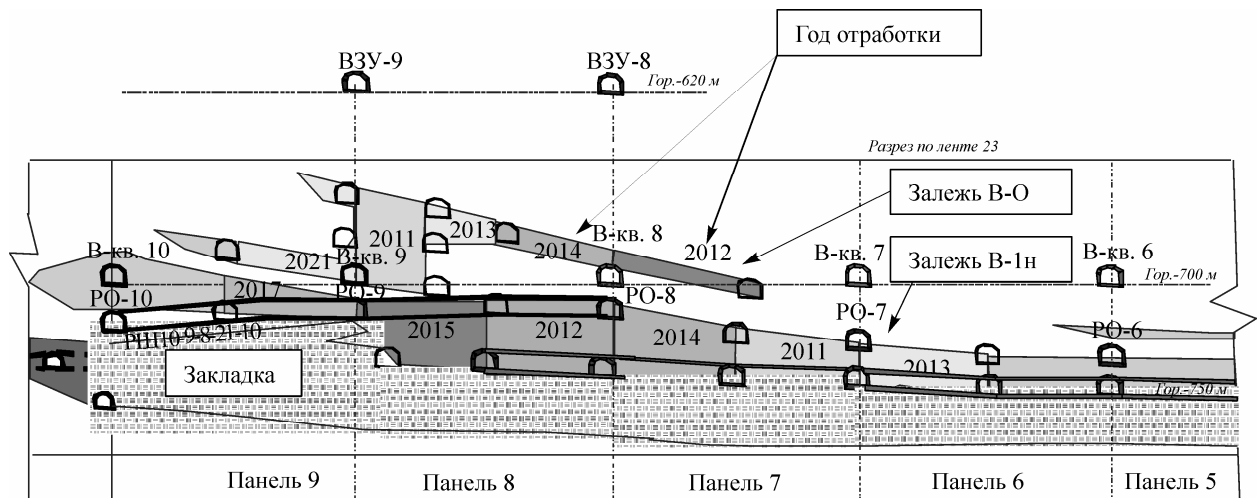


Рис. 32. Порядок выемки подработанных вкрапленных руд в разрезной ленте.

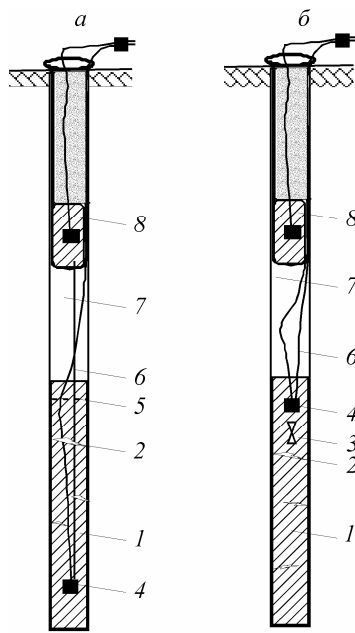


Рис. 33. Конструкции рассредоточенных зарядов ВВ при обычном (а) и турбо- (б) взрывании.

1 — нижняя колонка заряда ВВ; 2 — нарушение сплошности заряда в результате его осадки: в этом месте происходит разрыв электропроводов 6, что приводит к отказам при электронном взрывании обычных зарядов ВВ; при турбовзрывании электропровода не проходят через толщу заряда; 3 — турбулизатор; 4 — нижний промежуточный детонатор; 5 — место локального отказа заряда ВВ из-за его запрессовки воздействием ударной волны, идущей от верхнего заряда ВВ 8 через воздушный промежуток 7 при обычном взрывании; при турбовзрывании встреча ударных волн происходит в воздушном промежутке 7.

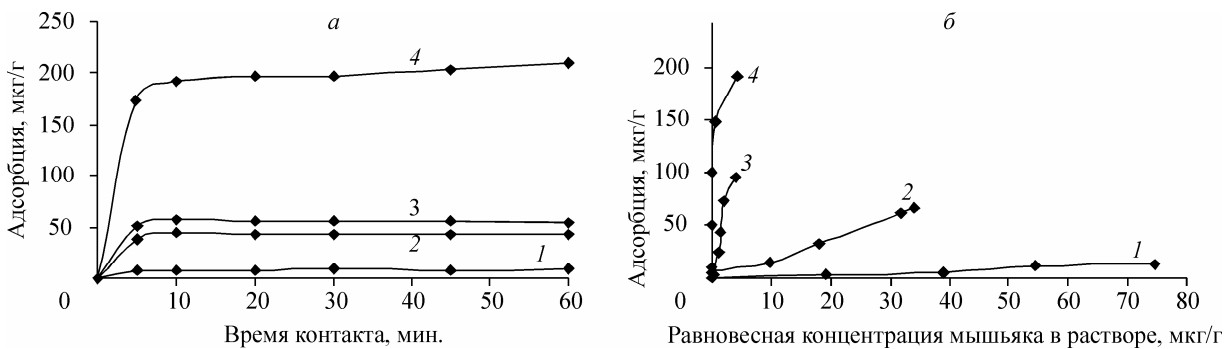


Рис. 34. Кинетические кривые (а) и изотермы (б) сорбции мышьяка на брусите.

1 — As(III), брусит; 2 — As(III), модифицированный брусит; 3 — As(V), брусит; 4 — As(V), модифицированный брусит.

В том же Институте установлена возможность извлечения мышьяка на поверхности сорбента — брусита из растворов с концентрацией от 50 мкг/л до 500 мг/л. Экспериментально показано, что равновесное состояние процесса устанавливается за 10—20 мин. Сорбционная емкость природного сорбента составляет: As(III) — 10—12 мкг/г, As(V) — 95—100 мкг/г

Программа 7.7.3. Физико-механические, теплофизические и аэродинамические процессы в массивах горных пород, создание методов и технических средств освоения недр

Учеными Института горного дела экспериментально установлено, что при ударном воздействии на геоматериал инструментом, оснащенным инденторами со сферической торцевой поверхностью, существует пороговое значение энергии удара, обеспечивающее объемное разрушение материала с минимальной энергоемкостью и совпадающее с энергетическим условием возникновения волн маятникового и квазирезонансных явлений в массиве горных пород (рис. 35).

Полученный результат позволяет определить рациональное расстояние между инден-

(рис. 34). Термическое модифицирование брусита увеличивает его сорбционную емкость в 2—5 раз, что делает его перспективным для использования. Одновременно решается экологическая проблема: получаемые осадки — соединения мышьяка с магнием — являются малорастворимыми и безопасными при хранении.

торами в группе для различных размеров породоразрушающего инструмента при заданном пороговом значении энергии удара и обеспечить создание погружных буровых ударных устройств с увеличенным в 1,5—2,0 раза ресурсом и производительностью.

Работами того же Института экспериментально установлено, что снижение энергоемкости процесса горизонтального направленного бурения скважин в грунтах и повышение его производительности достигаются транспортированием разрушенного грунта сжатым воздухом по горизонтальному вращающемуся тру-

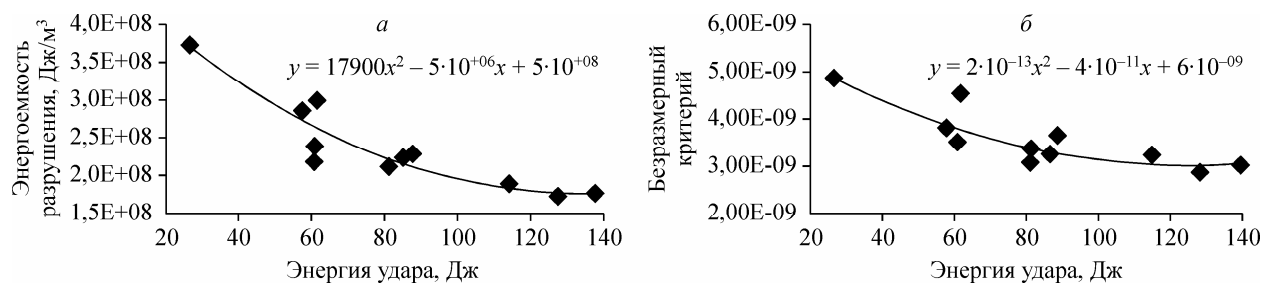


Рис. 35. Зависимости энергоемкости разрушения гранита (а) и безразмерного критерия возникновения волн маятникового типа (б) от энергии единичного удара.



Рис. 36. Общий вид рабочего органа (а) и процесс выноса транспортируемого материала из трубопровода (б).

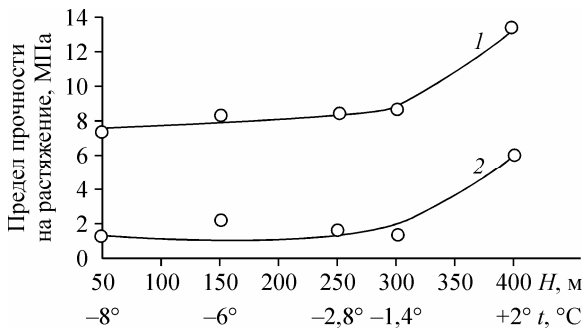


Рис. 37. Зависимость предела прочности на растяжение образцов вмещающих пород месторождения Бадран от температуры массива и глубины разработки:

1 — песчаник; 2 — милонит.

бопроводу постоянного сечения. Доказана надежность транспортирования грунта, включая крупные фракции (до 0,5 диаметра транспортного канала) по горизонтальному вращающемуся трубопроводу при сниженной в 1,5 раза скорости воздушного потока и при высокой концентрации в нем твердой фазы.

На основе этого результата разработан рабочий орган для бурения скважин диаметром до 500 мм и длиной до 100 м, исключающий образование в грунте каверн и последующие просадки дневной поверхности грунта (рис. 36).

Специалистами Института горного дела Севера на примере месторождения Бадран (Якутия) впервые экспериментально установлено, что прочность горных пород (песчаник и милонит) в зоне многолетней мерзлоты существенно ниже, чем в подмерзлотной зоне.

В частности, показано, что при температуре ниже $-1,4^{\circ}\text{C}$ предел прочности пород на одноосное растяжение изменяется незначительно (рис. 37). В зоне положительного температурного режима явно выражена тенденция к увеличению прочности (у песчаников в $\sim 1,5$, у милонитов в 3—3,5 раза).

Полученные результаты имеют важное значение для геомеханического обоснования параметров подземных геотехнологий при разработке месторождения.