

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт
методики и техники разведки (ВИТР)»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВИТР



И.С. Афанасьев

20 ноября 2002г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ
С ПРИБОРОМ ПОБ-1**

(МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО)

Санкт-Петербург
2002 г.

УДК 622.243+ 622.271

Определение категорий горных пород по буримости с прибором ПОБ-1. Методическое руководство /Сост. А.Г.Архипов, В.К.Ивашев, Н.И.Корнилов/ - СПб: ВИТР, 2002г. - с.

В методическом руководстве рассмотрены теоретические основы метода акустико-спектральной диагностики буримости и механической обрабатываемости горных пород, устройство и принцип действия прибора ПОБ-1 и порядок проведения испытаний образцов горных пород при определении категорий горных пород по буримости.

При определении категорий горных пород по буримости предусматриваются следующие виды работ:

1. Калибровка прибора ПОБ-1 с созданием файлов, содержащих граничные значения по диапазонам измеряемых величин и спектр-маски для категорий горных пород по буримости по результатам испытаний контрольных образцов.

2. Испытание образцов горных пород на приборе ПОБ-1 для определения категорий горных пород по буримости.

Параллельно с эксплуатацией прибора рекомендуется проводить следующие мероприятия:

- Определение наиболее характерных и распространенных на месторождении горных пород и их разновидностей.

- Систематизация имеющихся сведений о буримости горных пород месторождения.

- Создание коллекции контрольных образцов горных пород по буримости из образцов керна, полученного при опытном бурении, или рекомендованного искусственного материала.

Бурение при отборе контрольных образцов горных пород рекомендуется производить по характерным для месторождения горным породам с применением принятой рациональной технологии, регистрацией механической скорости бурения и характера износа породоразрушающего инструмента.

Методическое руководство предназначено для специалистов производственных, научно-исследовательских и учебных организаций эксплуатирующих прибор ПОБ-1.

Ил. — 6. Табл. - 4. Библ. - 8.

Авторы-составители А.Г.Архипов, В.К.Ивашев, Н.И.Корнилов.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА АКУСТИКО- СПЕКТРАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ БУРИМОСТИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД	5
2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА ПОБ-1	11
3. ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА ПРИБОРА ПОБ-1	16
3.1 Поверка прибора.....	16
3.2 Калибровка прибора.....	16
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ С ПРИБОРОМ ПОБ-1	20
4.1 Порядок работы с прибором	20
4.2 Пример определения категорий горных пород с прибором ПОБ-1.....	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	24
Приложение 1. Диапазоны изменения звукового давления p , реализуемой мощности p_p и коэффициента K_p для категорий горных пород по буримости.....	25
Приложение 2. Результаты испытаний горных пород по методу акустико- спектральной диагностики буримости на приборе ПОБ-1 и по методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Буримость или технологическая оценка способности горной породы разрушаться под механическим воздействием при бурении используется при планировании буровых работ и выборе технологии и породоразрушающего инструмента для бурения. В геолого-разведочном производстве для определения буримости горных пород разработано и применяется несколько шкал; для вращательного бурения все горные породы разбиты на 12 категорий (ЕНВ, Гостехиздат, 1963). Предполагается, что категории объединяют горные породы с близкими значениями затрат времени на бурение и износа истирающих материалов.

Для инструментального определения категорий горных пород по буримости в 20-м веке было предложено несколько методов, в числе которых широко применявшиеся методы Л.А.Шрейнера и Н.И.Любимова (метод ЦНИГРИ) [5-7]. Методы основаны на использовании в качестве показателей буримости физико-механических свойств горных пород (прочности, твердости и др), полученных при простейших видах нагружения горной породы. Применение этих методов, несомненно, сыграло положительную роль в изучении и типизации механических свойств горных пород. Однако в настоящее время известные методы определения буримости горных пород уже морально устарели, так как развитие информационных технологий и прогресс в области исследования процесса разрушения горных пород, позволяют реализовывать принципиально новые и более точные методы оценки технологических свойств горных пород по параметрам физических явлений, регистрируемым при разрушении горной породы.

Во Всероссийском НИИ методики и техники разведки (ВИТР) в рамках контракта "Разработать целевую Программу технико-технологического обеспечения государственных заказов на выполнение основных видов геологоразведочных работ (буровые работы) и научно-методические документы и средства для информационного обеспечения геологоразведочного бурения скважин" между ВИТР и ФГУ НПП "Геологоразведка" разработан и сдан в серийное производство прибор ПОБ-1 для определения буримости и механической обрабатываемости горных пород. Прибор реализует метод акустико-спектральной диагностики буримости в процессе разрушения горной породы. Принцип действия прибора основан на зависимости акустического спектра и активной мощности при разрушении горной породы от показателей прочности и абразивности горных пород, ресурса и вида износа породоразрушающего инструмента при бурении и резании [1-4, 8].

Прибор является современным диагностическим средством и представляет пользователю новые возможности в областях исследования механизма разрушения горных пород и материалов, определения прочности, абразивности, категорий по буримости и механической обрабатываемости горной породы, выбора параметров породоразрушающего инструмента и режимов для бурения и резания. Техничко-экономические преимущества использования прибора ПОБ-1 и метода заключаются в повышении точности категории горных пород по буримости, отсутствии ограничений по области применения, исключении операции пробоподготовки, экономии невосполнимого кернового материала, высокой производительности и низкой стоимости испытаний.

В методическом руководстве рассмотрены теоретические основы метода акустико-спектральной диагностики буримости и механической обрабатываемости горных пород, устройство и принцип действия прибора ПОБ-1, порядок проведения испытаний образцов горных пород при определении категорий горных пород по буримости.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА АКУСТИКО-СПЕКТРАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ БУРИМОСТИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Механизм бурения (резания) - система взаимосвязанных физических процессов, одновременно протекающих в алмазном инструменте, горной породе и межконтактном пространстве пары инструмент - горная порода, при силовом взаимодействии движущегося алмазного инструмента с забоем.

Механическое взаимодействие инструмента с горной породой реализуется в виде многочисленных кратковременных силовых процессов, протекающих в площади забоя (пропила) и сопровождающихся упругими и пластическими деформациями контактирующих участков камня и инструмента и трением на контактной поверхности. Вращаясь, круг испытывает колебания с различной частотой, амплитудой и направлением вследствие возмущающих сил механической природы. Взаимодействие алмаза с забоем носит циклический характер и происходит с некоторой частотой. Алмазы движутся по концентрическим окружностям и периодически передают в забой порции энергии и скалывают частицы камня (рис.1).

Часть механической энергии, подводимой к забою, W_m^1 преобразуется в процессе взаимодействия коронки с забоем в физические явления (акустические, тепловые, электрические и электромагнитные колебания), которые начинают распространяться от забоя вглубь массива и инструмента (рис.1). При рассмотрении баланса энергии можно пренебречь электромагнитным излучением и энергией электрического поля в силу их незначительного влияния разрушение горной породы. Тогда:

$$W_m^1 = W_T + W_A \quad \text{Дж,}$$

где W_m^1 - механическая энергия, преобразуемая на забое в физические явления, Дж; W_A - энергия акустических волн, Дж; W_T - выделившаяся теплота, Дж.

Генезис тепловых колебаний связан, в основном, с процессами трения, а акустических - с динамическими процессами. Параметры физических явлений содержат информацию о породивших их забойных процессах.

В силу масштабности, а также кинетических и динамических особенностей процесс разрушения горной породы алмазами сопровождается возникновением "акустического шума разрушения" - специфического сигнала, спектральный состав которого резко отличается от параметров акустических сигналов от вибраций корпуса круга и других источников. Частота поражения алмазом забоя f и, связанная с ней частота акустических колебаний, будут определяться скоростью движения алмаза v и диаметром d скалываемой частички горной породы.

$$f = v / d \quad \text{Гц.}$$

При теоретических расчетах f диаметр скалываемой частички горной породы можно принять равным среднему диаметру алмаза d_a . Для фракций алмазов размером 160-1250 мкм расчетные частоты поражения забоя находятся в пределах от 696 Гц (при $d_a = 1250$ мкм и $v = 0,87$ м/с) до 28938 Гц (при $d_a = 160$ мкм и $v = 4,63$ м/с).

Интенсивность акустического шума разрушения связана с сопротивлением горной породы механическому воздействию, давлением алмаза на забой и скоростью его движения. Влияние свойств горной породы на излучаемую акустическую мощность отражает локальный импеданс Z

$$Z = - P_K / \xi' \quad \text{Па·с/м,}$$

где P_K - давление алмаза на забой, Па; ξ' - колебательная скорость частиц горной породы, м/с.

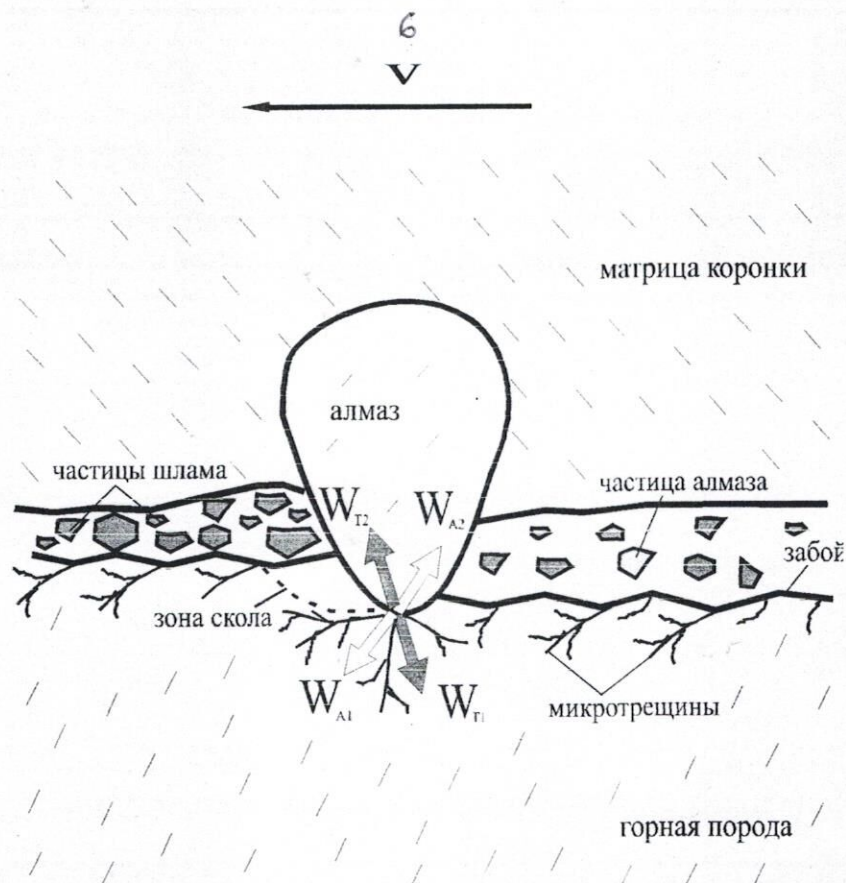


Рис. 1. Схема разрушения забоя движущимся алмазом

W_{A1} - акустическая энергия в горной породе; W_{T1} - тепловая энергия в горной породе; W_{A2} - акустическая энергия в породоразрушающем инструменте; W_{T2} - тепловая энергия в породоразрушающем инструменте.

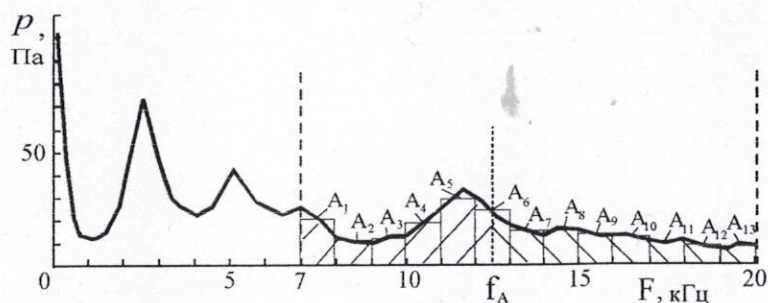


Рис. 2. Спектр звукового давления с выделенным высокочастотным диапазоном 7-20 кГц

Для инженерных расчетов Z можно принять равным акустическому сопротивлению горной породы:

$$Z = \rho \cdot c \quad \text{Па·с/м}$$

где ρ - плотность среды, кг/м^3 ; c - скорость упругих волн, м/с .

При расчете давления алмаза на забой сделаны следующие допущения: форма алмаза является сферической; алмаз внедрен в горную породу на $1/5$ от диаметра; контакт алмаза с забоем происходит частью передней полусферы, ограниченной по высоте глубиной внедрения алмаза в горную породу. Давление алмаза на забой P_k , рассчитано по следующей формуле:

$$P_k = 2 \cdot P / (N_A \cdot d_a \cdot \pi \cdot h) \quad \text{Па},$$

где P - осевая нагрузка, Н ; d_a - диаметр алмаза (сферы), м ; h - глубина внедрения алмаза в породу, м ; π - число "пи"; N_A - число алмазов на торце коронки.

Результаты расчета показывают, что давление алмаза на забой при удельных нагрузках $1 - 100 \text{ Н}$ может достигать тысяч МПа .

Излучаемая с контактной площадки акустическая мощность пропорциональна скорости движения алмаза, так как связана с мощностью N силы воздействия алмаза на горную породу, которая, в свою очередь, равна скалярному произведению силы F на скорость перемещения алмаза.

Энергия и давление в точке контакта имеют двоякую природу: они связаны с тепловым движением и взаимодействием частиц. В акустические волны переходит только часть энергии, которая не затрачивается на пластические деформации и тепловое движение молекул (трение). Поэтому точный расчет амплитудно-частотных характеристик акустического шума разрушения затруднен и основным путем его исследования является экспериментальное измерение в призабойной зоне. В акустическом шуме разрушения также присутствуют акустико-эмиссионные сигналы, возникающие при развитии микро-трещиноватости в горной породе. Согласно работам Н.А.Вильчинской, В.И.Борщ-Компанейца диапазон спектра акустической эмиссии горных пород занимает десятки и сотни килогерц с основной энергией в диапазоне до 20 кГц .

Специфичность возникающих на забое акустических и тепловых колебаний заключается в том, что с одной стороны их параметры определяют интенсивность разрушения горной породы и износа алмазной коронки, с другой несут информацию о процессе разрушения.

Для объяснения износа алмазного инструмента при бурении использованы положения волновой теории и теории усталости. Торцы алмазной коронки рассмотрены как излучатель акустических волн в направлении инструмента.

На установившемся режиме уравнение баланса энергии в любом сечении матрицы, расположенном параллельно торцу коронки, может быть представлено в виде:

$$W = I_m + \int_0^x w(z) dz,$$

где I_m - поток акустической энергии, проходящий через данное сечение матрицы коронки; $w(z)$ - поток акустической энергии, поглощаемый единицей высоты матрицы коронки; z - высота матрицы.

Акустическая энергия, поглощаемая материалом матрицы, идет на изменение его структуры и соответственно прочности. Величина поглощенной в единице высоты матрицы энергии $w(z)$ зависит от свойств материала матрицы, а ее наибольшее значение будет определяться:

$$w(z) = \frac{\partial I_m}{\partial z} = -\rho \cdot c \cdot \omega^2 \cdot \xi_m \frac{\partial \xi_m}{\partial z}$$

где где: ξ_m - амплитуда смещения частиц матрицы; ω - круговая частота колебаний ($\omega = 2\pi f$, где f - частота колебаний).

Величина $w(z)$ зависит от частоты и амплитуды колебаний поверхностного слоя матрицы коронки. Отсюда следует, чем больше амплитуда и частота колебаний поверхностного слоя коронки, тем больше энергии будет поглощаться материалом матрицы и выше скорость его износа.

Импульсный характер нагружения единичного алмаза при бурении позволяет подойти к его разрушению с позиции теории усталости. Ресурс единичного алмаза может быть выражен в числе циклов нагружения. Факторами, влияющими на сопротивление усталости алмаза, являются его характеристики и эксплуатационные нагрузки. Чем больше напряжения, возникающие в алмазе, тем меньше циклов он может выдержать. Поэтому для прогноза ресурса коронки при бурении необходимо контролировать эксплуатационные факторы, т.е. уровень и частоту динамических и тепловых нагрузок, воспринимаемых матричной композицией.

Температурный фактор также оказывает значительное влияние на режущие свойства и ресурс алмаза. Физическая сущность теплообменных процессов в призабойной зоне скважины рассмотрены в работах Л. К. Горшкова и Б. Б. Кудряшова. Тепло, генерируемое при взаимодействии коронки с забоем, распространяется в тело матрицы и горную породу. Распределение тепла между коронкой и горной породой определяется их теплофизическими константами и, прежде всего, коэффициентами теплопроводности и температуропроводности.

Многочисленные исследования, из которых можно выделить работы Лоладзе и Докучавы, подтверждают наличие зависимости между параметрами акустических и тепловых колебаний и интенсивностью разрушения. Таким образом, интенсивность разрушения горной породы и износа алмазного инструмента будет определяться мощностью генерируемых акустических и тепловых колебаний и соотношениями между ними, т.е. характером распределения энергии на забое. Отсюда следует вывод о необходимости совместного рассмотрения и учета разрушающих воздействий акустических колебаний и тепла.

Актуальность проблемы диагностики механизма бурения заключается в необходимости резкого увеличения информации о забойных процессах без увеличения времени эксперимента. Новый подход к исследованию механизма бурения заключается в рассмотрении забойных процессов в качестве объекта диагностирования.

В первую очередь диагностированию подлежат процессы, определяющие технические показатели бурения (механическую скорость, ресурс породоразрушающего инструмента и энергоемкость). К таким процессам можно отнести:

- поражение алмазами с забоя и разрушение горной породы;
- вибрации коронки;
- трение между горной породой и торцом коронки;
- распределение энергии на забое.

При рассмотрении забойных процессов в качестве объекта диагностирования, а акустических спектров, как носителя диагностической информации, возникают признаки нового научного направления - акустико-спектральной диагностики забойных процессов (АСДЗП).

Предмет изучения АСДЗП - закономерности изменения акустических спектров от состояния алмазного инструмента, режима бурения и резания, свойств горных пород.

Сущность проблемы АСДЗП состоит в разработке и практической реализации алгоритмов оценки механизма бурения по параметрам акустического спектра.

Назначением АСДЗП является оценка степени отклонения механизма бурения от нормы по изменению акустических спектров

Механизм бурения рассматривается, как некий преобразователь P параметров его состояния s_i в параметры акустического поля u_i :

$$\{U\} = P \{R\} , \quad (1)$$

где $\{U\} = \{u_1^{(t)}, u_2^{(t)}, \dots, u_n^{(t)}\}$ - вектор признаков состояния механизма разрушения в n -мерном признаковом пространстве; $\{R\} = \{s_1^{(t)}, s_2^{(t)}, \dots, s_n^{(t)}\}$ - m -мерный вектор диагностируемых параметров состояния. Задачей АСДЗП можно считать получение обратной к (1) зависимости:

$$\{R\} = P^{-1} \{U\} , \quad (2)$$

когда на основе установленных диагностических признаков необходимо сделать вывод о параметрах забойных процессов.

В результате стендовых и производственных исследований, проведенных в ВИТРе, установлено, что наибольшее влияние на механическую скорость бурения и износ коронки оказывают следующие забойные процессы: поражение алмазами с забоя и разрушение горной породы, вибрации коронки, трение между горной породой и торцом коронки [1]. Для их контроля сформирован список диагностических параметров.

Акустический спектр, измеренный в призабойной зоне бурящейся скважины в диапазоне частот 0 - 20 кГц, является комплексным источником информации о частоте и амплитуде колебаний коронки. Экспериментально доказано существование при бурении акустического шума разрушения горной породы. В зоне забоя зафиксирован локальный источник высокочастотных (диапазон 7-20 кГц) акустических колебаний, возникающих одновременно с началом разрушения горной породы и исчезающих при прекращении углубки скважины. В силу высокой частоты диапазон акустического шума разрушения оказывается свободным от шумов, не связанных с разрушением горной породы, и перекрывается только при возбуждении вибраций бурового снаряда с ударным взаимодействием со стенками скважины.

Для отражения мощности акустического шума разрушения горной породы использовано среднеквадратичное значение (СКЗ). Вычисление СКЗ звукового давления в диапазоне 7-20 кГц (рис.2) производится по формуле

$$СКЗ = \sqrt{\frac{(A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2)}{n}} \quad \text{Па,}$$

где: $A_1, A_2, \dots, A_n$ - средние амплитуды звукового давления в диапазонах между соседними точками отсчета, Па; n - число диапазонов.

Для характеристики спектра акустического шума разрушения, отражающего частоты взаимодействия алмазов с забоем, автором предложено использовать среднюю частоту f_A , разделяющую диапазон 7-20 кГц на две части с равными энергиями (рис.2). Внутри диапазона с левой и правой стороны от частоты f_A , площади спектра равны. Размерность частоты f_A - кГц.

Удельная акустическая энергия W_{AV} , выделившаяся в диапазоне 7-20 кГц при разрушении единицы объема горной породы, представляет отношение акустической мощности к скорости разрушения горной породы.

$$W_{AV} = W_A / v_v = W_A \cdot t / V \quad \text{Дж/м}^3 ,$$

где: W_A - мощность акустического шума разрушения, Вт; v_v - объемная скорость разрушения горной породы, м³/с; t - длительность процесса разрушения, с; V - объем разрушенной породы, м³.

При оценке мощности акустического шума разрушения с помощью СКЗ звукового давления W_{AV} имеет размерность $\text{Па} \cdot \text{с} / \text{м}^3$.

Коэффициент K_p распределения энергии при разрушении предназначен для оценки распределения энергии на забое. Коэффициент K_p отражает долю акустической энергии в забойной энергии и определяется, как отношение акустической мощности W_A в диапазоне частот 7-20 кГц к реализуемой мощности N_3 .

$$K_p = W_A / N_3$$

Коэффициент K_p является безразмерной величиной, но если для оценки акустической мощности применяется СКЗ звукового давления, K_p имеет размерность $\text{Па} / \text{Вт}$.

Параметры забойных процессов, в общем случае, зависят от физико-механических свойств горных пород, конструкции породоразрушающего инструмента и режима бурения. Поэтому в диагностических параметрах забойных процессов содержится информации, которая может быть использована для решения следующих задач:

1. Определение состояния, наличия конструктивных дефектов и прогноза ресурса алмазной коронки.
2. Дифференциации геологического разреза в процессе бурения.
3. Управление процессом бурения.
4. Определение буримости и механической обрабатываемости горной породы.

2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА ПОБ-1

Прибор ПОБ-1 (в дальнейшем прибор) предназначен для нагружения (резания) образца горной породы вращающимся алмазным кругом и измерения параметров воздушно-го шума и активной мощности в процессе разрушения горной породы.

Область применения прибора - исследования буримости и механической обрабатываемости горных пород путем исследования акустико-эмиссионных колебаний, возникающих при разрушении горной породы, и активной мощности, реализуемой при разрушении.

Прибор предназначен для использования в лабораториях производственных и научно-исследовательских организациях.

Прибор состоит из нагружающего блока и компьютеризированной измерительной системы (рис.3). Схема работы прибора приведена на рис.4. Технические характеристики прибора представлены в табл.1.

Объект испытаний: образцы горных пород в форме пластин и кернов размером от 20х40х40 до 50х80х80 мм.

Таблица 1

Технические показатели прибора ПОБ-1

Наименование показателя	Величина
Диаметр алмазного круга, мм	100; 115
Частота вращения алмазного круга, с ⁻¹	23,5
Скорость подачи каретки с образцом горной породы, мм/с	2
Глубина резания образца горной породы, мм, не более	15
Частотный диапазон измерений звукового давления, Гц	7000-20000
Динамический диапазон измерений СКЗ звукового давления, дБ	35 - 140
Динамический диапазон измерений активной мощности трехфазного тока, Вт	0 - 600
Основная относительная погрешность измерения звукового давления, %	± 10
Основная относительная погрешность измерения активной мощности трехфазного тока, %	± 0,2
Время, затрачиваемое на испытание образца при одном резе, мин, не более	2
Габаритные размеры нагружающего блока прибора, мм, не более	690х320х300
Масса нагружающего блока прибора, кг, не более	40
Параметры электропитания нагружающего блока:	
- напряжение, В	380
- частота питающей сети, Гц	50
- потребляемая мощность, В·А, не более	1000

Нагружающий блок (НБ) прибора включает: основание, электродвигатель, направляющую, подвижную каретку с захватом для закрепления камня, шпиндель с алмазным кругом, передаточные механизмы шпинделя и подвижной каретки. Охлаждение круга осуществляется окунанием в емкость с технической водой.

Измерительная система (ИС) прибора (рис.3) состоит из персонального компьютера, комплекса программно - аппаратных средств и датчиков (микрофонного комплекса и преобразователя активной мощности Е848/6-М1). ИС осуществляет ввод сигналов с датчиков в ЭВМ; расчет параметров сигналов; выведение результатов расчетов на экран монитора, формирование и печать протокола испытаний. Комплекс программно-аппаратных средств имеет модульный принцип построения и включает плату аналого-цифрового преобразования сигналов (АЦП) типа L-1250 фирмы L-Card и программное обеспечение в составе пакета цифровой обработки сигналов "ПЛОС" фирмы ООО НПП «Мера» (г. Мытищи, Московской обл.) и программу командного режима испытаний. Микрофон расположен на

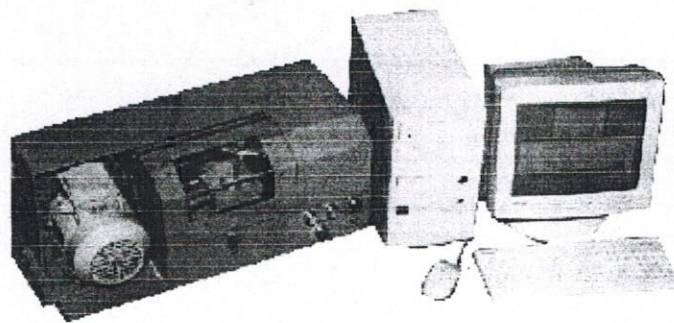


Рис.3. Прибор определения буримости горных пород ПОБ-1.
1 – нагружающий блок; 2 – компьютеризированная измерительная система

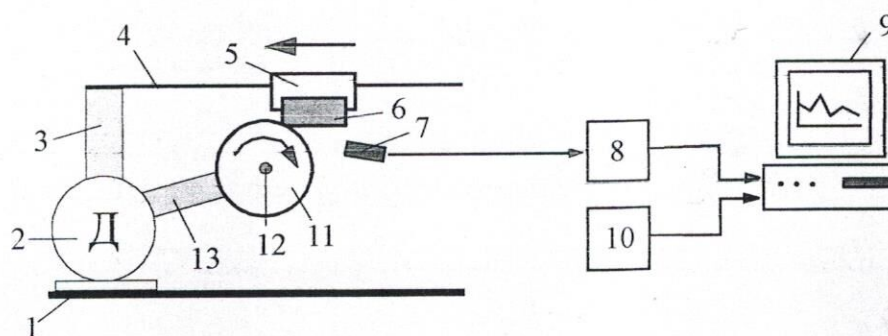


Рис. 4. Структурная схема прибора ПОБ-1
1 – основание; 2 – приводной двигатель; 3 – передаточный механизм подвижной каретки; 4 – направляющая; 5 – подвижная каретка; 6 – образец горной породы; 7 – микрофон; 8 – усилитель микрофона; 9 – персональный компьютер; 10 – измерительный преобразователь активной мощности; 11 – алмазный круг; 12 – шпиндель; 13 – передаточный механизм шпинделя.

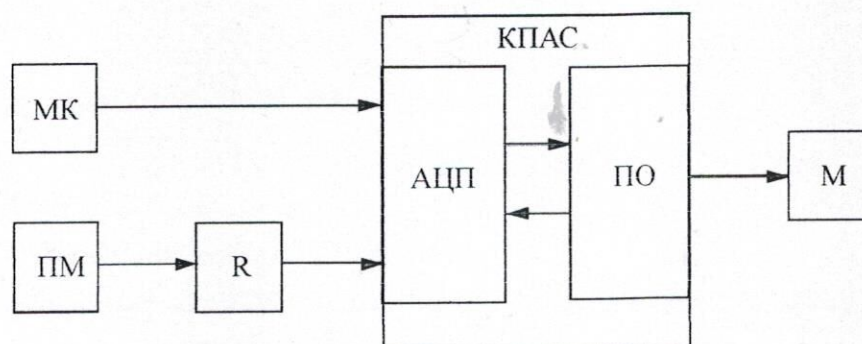


Рис.5. Структурная схема компьютеризированной измерительной системы прибора ПОБ-1
МК – микрофонный комплекс; ПМ – преобразователь активной мощности трехфазного тока Е848/6-М1; R – омическое сопротивление на токовом выходе преобразователя активной мощности; КПАС – комплекс программно-аппаратных средств; АЦП – плата аналого-цифрового преобразования L-1250; ПО – программное обеспечение в составе пакета цифровой обработки сигналов “ПОС” и программы командного режима испытаний ПКР; М – монитор персонального компьютера.

расстоянии 0,1 м от алмазного круга и направлен активной частью на зону контакта круга с образцом горной породы. Частотный диапазон микрофона 1-20 кГц, чувствительность – 50 мВ/Па. Преобразователь активной мощности Е848/6-М1 подключен в цепь питания приводного двигателя.

Окно программы командного режима (рис. 6) представляет собой виртуальный прибор: осциллограф + анализатор спектра. Кнопки управления активизируются «мышью».

В процессе испытания горной породы измеряются и рассчитываются следующие параметры:

- спектр звукового давления при резании горной породы в диапазоне частот 7-20 кГц;
- среднеквадратичное значение (СКЗ) звукового давления при резании в диапазоне частот 7-20 кГц (p);
- частота (средняя частота), разделяющая диапазон спектра 7 – 20 кГц на две части с равными энергиями (f_a);
- частота, при которой уровень сигнала равен уровню шума ($F_{ш}$);
- активная мощность, реализуемая при холостом ходе каретки (P_{xx});
- активная мощность, реализуемая при резании (P);
- активная мощность, реализуемая при разрушении горной породы ($P_p = P - P_{xx}$);
- коэффициент распределения энергии K_p ($K_p = SKZ / P_p$)

При включении электродвигателя (2) (Рис.2), вращение, посредством передаточных механизмов, передается на шпиндель (12) с алмазным кругом (11) и подвижную каретку (5). В результате, подвижная каретка (5) и захват (6) с образцом горной породы перемещаются с постоянной скоростью в направлении вращающегося алмазного круга (11). Запуск программы производится при включении электродвигателя. В процессе резания ИС последовательно производит операции измерения мощности холостого хода, акустического шума и мощности резания, которые сопровождаются появлением соответствующих надписей на экране монитора. Измерительная информация с датчиков в процессе резания в виде файла аналогового сигнала, файла спектра и протокола испытаний записывается на жесткий диск компьютера и обрабатывается после окончания измерений. После полного цикла работы в окне программы появляются результаты испытаний.

Прибор предоставляет пользователю возможность реализовать два алгоритма исследования обрабатываемости горных пород:

- распределением горных пород по категориям и группам;
- сравнением измеренных спектров с спектр-масками типичных горных пород участка работ;

Для распределения горных пород по категориям и группам создается текстовый файл, содержащий диапазоны изменения звукового давления (для категории горных пород) и коэффициента K_p (для групп горных пород). Максимальное число категорий в файле - 30; число групп в категории - 3. Элемент файла выглядит следующим образом:

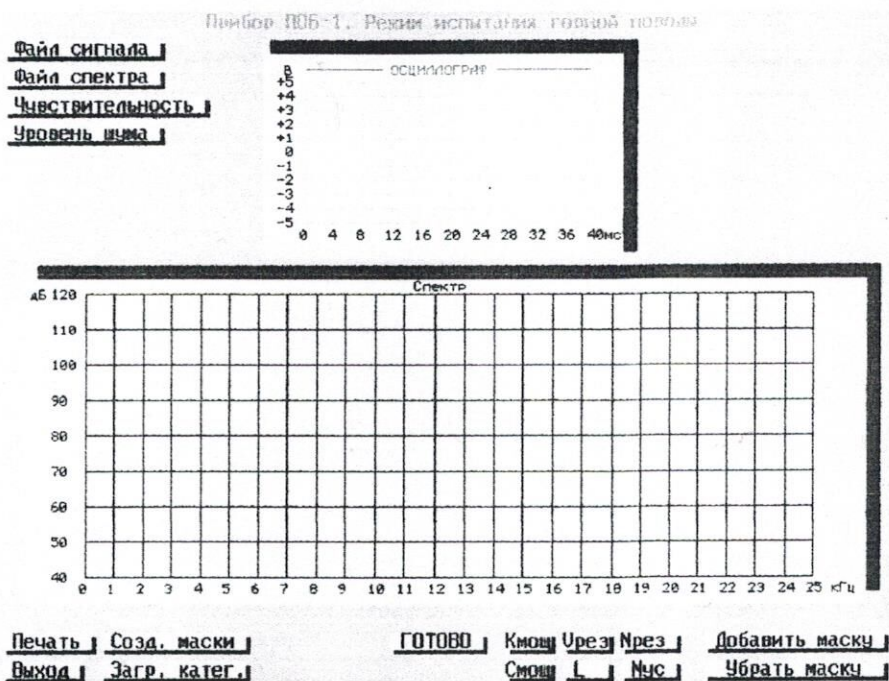
Категория 1(0-0,005);0;0.005 Группа 1 (0-0,0005);0;0.0005 ,

где: Категория 1 – наименование категории; (0-0,005) – диапазон изменения звукового давления, Па; 0 – нижний уровень звукового давления, Па; 0.005 – верхний уровень звукового давления, Па; Группа 1 – наименование группы; (0-0,0005) - диапазон изменения K_p ; 0 – нижний уровень K_p , Па/Вт; 0.0005 - верхний уровень K_p , Па/Вт.

Активизация файла в режиме измерений обеспечивается путем нажатия на кнопку «Загр. катег». По окончании испытания горной породы в левой верхней части экрана индицируется значение категории и группы горных пород в соответствии с измеренными значениями и установленными в файле диапазонами p и K_p .

Спектр-маска создается программой командного режима из измеренного спектра

а



б

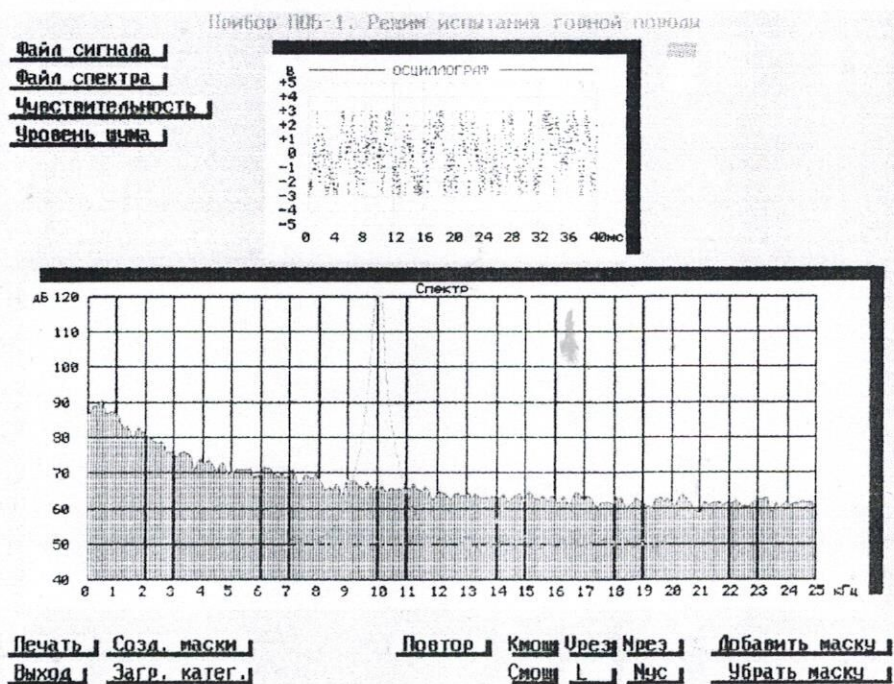


Рис.6. Окно программы командного режима до (а) и после окончания (б) измерений

типичной горной породы путем нажатия на кнопку «Созд. маски», введением имени маски и нажатием клавиши "Enter". В результате на жестком диске создается файл с расширением mas. Активизация маски в режиме измерений обеспечивается путем нажатия на кнопку «Добавить маску». При определении степени близости спектра с активизированными спектр-масками принята рейтинговая система. Измеренный спектр (спектр огибающей) в диапазоне частот 0-25 кГц состоит из 256 линий. Анализируется диапазон 7-20 кГц, что соответствует 133 линиям в интервале от 71 до 204 линии. Амплитуда (СКЗ) каждой линии измеренного спектра сравнивается с соответствующими амплитудами линий спектр-масок. Маска, амплитуда линии которой ближе к амплитуде линии измеренного спектра, получает в свой «Рейтинг» одно очко. «Рейтинг» маски делится на 133 и умножается на 100%. Полученное в % значение рейтингов каждой активизированной маски индицируется в правой верхней части экрана напротив значка маски.

Значения p и K_p для установки граничных значений диапазонов категорий и групп горных пород и спектр-маски устанавливаются в процессе калибровки прибора по результатам испытаний типичных горных пород месторождения или участка работ.

3. ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА ПРИБОРА ПОБ-1

3.1 Поверка прибора

Прибор реализует постоянный вид нагружения горной породы, определяемый конструкцией алмазного круга, скоростью перемещения каретки, частотой вращения алмазного круга, глубиной реза и глубиной погружения круга в охлаждающую жидкость. При постоянных параметрах нагружения измеряемые параметры звукового давления и реализуемой мощности зависят только от свойств горной породы.

Операции поверки и калибровки предназначены для обеспечения сходимости и воспроизводимости результатов измерений.

Периодическая поверка при эксплуатации прибора должна проводиться не реже одного раза в год в соответствии с методикой, изложенной в руководстве по эксплуатации.

Поверке подвергаются параметры нагружения образца горной породы и характеристики измерительных каналов звукового давления и активной мощности трехфазного тока:

- а) Частота вращения алмазного круга ($23 \pm 1 \text{ с}^{-1}$);
- б) Скорость подачи каретки с образцом горной породы ($2 \pm 0,1 \text{ мм/с}$);
- в) Частотный диапазон измерений звукового давления (7000 - 20000 Гц);
- г) Динамический диапазон измерений звукового давления (35 - 140 дБ);
- д) Динамический диапазон измерений активной мощности трехфазного тока (0- 600 Вт);
- е) Предел допускаемого значения основной относительной погрешности измерения звукового давления ($\pm 10 \%$);
- ж) Предел допускаемого значения основной относительной погрешности измерения активной мощности трехфазного тока ($\pm 2 \%$).

Прибор считается прошедшим поверку, если его характеристики соответствуют вышеуказанным значениям.

3.2 Калибровка прибора

а) В калибровку прибора ПОБ-1 входят следующие операции:

- создание файлов, содержащих граничные значения по диапазонам звукового давления и реализуемой мощности и спектр-маски для категорий горных пород по буримости;

- контроль состояния алмазного круга при эксплуатации прибора.

Калибровка прибора выполняется с использованием контрольных образцов горных пород и искусственных материалов.

б) Контрольный образец – образец горной породы или искусственного материала с установленными признаками определенной категории по буримости.

Контрольные образцы из горных пород.

Для калибровки прибора рекомендуется использовать керн горных пород с интервалов бурения, обеспеченных хронометражными измерениями согласно Методике проведения полевых исследований по установлению фактической буримости горных пород, пробуренных алмазными коронками (Л., ВИТР, 1967).

В качестве контрольных образцов рекомендуется выбирать горные породы, обладающие однородными, мелкозернистыми структурами и массивными текстурами.

Например, для калибровки можно рекомендовать горные породы X – XII категорий по буримости с повышенным (до 100%) содержанием кварца, мелко и мелкозернистыми структурами с размером зерна от 100 до 1 мкм, массивными и плотными текстурами (мелкозернистый гранит, яшма, джеспилит, сливной кварцит).

Контрольные образцы из искусственных материалов.

Для калибровки прибора рекомендуется использовать однородные и широко распространенные искусственные материалы. Таких материалов промышленность выпускает достаточно много: стекло, керамика, абразивные материалы (круги, бруски) и другие.

В результате испытаний контрольного образца из листового стекла марки М 7 (ГОСТ 111-90) толщиной 8 мм на приборе ПОБ-1 установлено, что отклонение от среднего по звуковому давлению p , составляет 5,81%, а по реализуемой мощности P_p - 7,92% (табл. 2 и 3). Это указывает на однородность материала стекла и о возможности его использования при калибровке прибора. По результатам испытаний на приборе ПОБ-1 стекло относится ко второй группе и соответствует VII категории по буримости.

Результаты испытаний по методу Любимова (коэффициент динамической прочности = 1,7, коэффициент абразивности = 2,3, объединенный показатель = 10,4, категория по буримости VII) совпадают с результатами испытаний на приборе ПОБ-1. У стекла в данной категории один из самых низких коэффициентов динамической прочности, а коэффициент абразивности, наоборот, один из самых высоких.

Таблица 2

Результаты испытаний контрольного образца из листового стекла марки М7 на приборе ПОБ-1

№ образца	p , Па	P_p , Вт	K_p , Па/Вт
1	0,20	27,10	0,0073
2	0,17	21,46	0,0079
3	0,18	26,49	0,0068
4	0,17	23,18	0,0073
5	0,18	26,26	0,0068
6	0,19	25,0	0,0076
7	0,18	23,41	0,0077
8	0,19	25,1	0,0076
9	0,18	22,18	0,0081
10	0,20	25,5	0,0078

Таблица 3

Статистические характеристики результатов испытаний контрольного образца из листового стекла

Статистические характеристики	p , Па	P_p , Вт	K_p , Па/Вт
Среднее	0,184	24,37	0,0075
Ст. откл.	0,0107	1,93	0,00044
Дисперсия	0,00011	3,66	1,92E-7

в) Создание файлов и спектр-масок категорий горных пород по буримости

Файлы и спектр-маски категорий создаются в ВИТРе и поставляются вместе с прибором или создаются на объекте работ по результатам испытаний контрольных образцов.

Прибор предоставляет пользователю возможность реализовать два алгоритма исследования буримости горных пород:

- распределением горных пород по категориям и группам;

- сравнением измеренных спектров с спектр-масками типичных горных пород участка работ.

Значения звукового давления p и коэффициента K_p для установки граничных значений диапазонов категорий и групп горных пород и спектр-маски устанавливаются в процессе калибровки прибора по результатам испытаний типичных горных пород месторождения или участка работ.

Создание файла категорий горных пород

Для распределения горных пород по категориям и группам создается текстовый файл, содержащий диапазоны изменения звукового давления (для категории горных пород) и коэффициента K_p (для групп горных пород). Максимальное число категорий в файле - 30; число групп в категории - 3. Элемент файла выглядит следующим образом:

Категория 1(0-0,005);0;0.005 Группа 1 (0-0,0005);0;0.0005 ,

где: Категория 1 – наименование категории; (0-0,005) – диапазон изменения звукового давления, Па; 0 – нижний уровень звукового давления, Па; 0.005 – верхний уровень звукового давления, Па; Группа 1 – наименование группы; (0-0,0005) – диапазон изменения K_p ; 0 – нижний уровень K_p , Па/Вт; 0.0005 – верхний уровень K_p , Па/Вт.

Активизация файла в режиме измерений обеспечивается путем нажатия на кнопку «Загр. катег». По окончании испытания горной породы в левой верхней части экрана индицируется значение категории и группы горных пород в соответствии с измеренными значениями и установленными в файле диапазонами p и K_p .

Создание файла категорий горных пород производится в следующей последовательности:

- Войти в программу-оболочку Norton Commander операционной системы DOS.
- Войти в редактор EDIT.COM или NE.EXE.
- Написать в редакторе текст файла, содержащий число категорий и групп горных пород и диапазоны изменения звукового давления (для категории горных пород) и коэффициента K_p (для групп горных пород) в соответствии с требованиями п. 6.2.3.9 настоящего РЭ.

- Выполнить операцию сохранения файла <имя файла>.КТГ на жесткий диск.

По результатам испытаний на приборе ПОБ-1 более 2500 образцов различных горных пород с известными категориями по буримости в ВИТРе установлены диапазоны изменения звукового давления, реализуемой мощности и коэффициента K_p для категорий горных пород по буримости (Приложение 1). Указанные диапазоны отражены в файле категорий, который поставляется вместе с программным обеспечением прибора ПОБ-1.

Создание спектр-масок категорий горных пород по буримости

Спектр-маска создается программой командного режима из измеренного спектра горной породы путем нажатия на кнопку «Созд. маски», введением имени маски и нажатием клавиши «Enter». В результате на жестком диске создается файл с расширением mas. Активизация маски в режиме измерений обеспечивается путем нажатия на кнопку «Добавить маску». При определении степени близости спектра с активизированными спектр-масками принята рейтинговая система. Измеренный спектр (спектр огибающей) в диапазоне частот 0-25 кГц состоит из 256 линий. Анализируется диапазон 7-20 кГц, что соответствует 133 линиям в интервале от 71 до 204 линии. Амплитуда (СКЗ) каждой линии измеренного спектра сравнивается с соответствующими амплитудами линий спектр-масок. Маска, амплитуда линии которой ближе к амплитуде линии измеренного спектра, получает в свой «Рейтинг» одно очко. «Рейтинг» маски делится на 133 и умножается на 100%. Полученное в % значение рейтингов каждой активизированной маски индицируется в правой верхней части экрана напротив значка маски.

Создание спектр-масок категорий горных пород по буримости в следующей последовательности:

- Произвести резание горной породы и дождаться индикации результатов измерения.
- Нажать кнопку «Созд. маску» при решении записать полученный при резании горной породы спектр в виде **спектр-маски**.
- Ввести в появившемся окне название **спектр-маски** и нажать клавишу «Enter».

г) Контроль состояния алмазного круга при эксплуатации прибора

Эксплуатация круга должна производиться только в пределах числа образцов, установленных изготовителем (ВИТР). Для алмазного круга сегментной формы, диаметром 100 мм, армированного алмазным сырьем марки АС-160 размером 500/400 мкм на средней связке объем испытаний (при средневзвешенной категории 9,5) составляет 150 образцов.

Необходимо отметить, что отклонение результатов измерений при резании одного и того же материала, как правило, определяется изменением состояния алмазного круга. Хотя технология изготовления алмазного круга обеспечивает его высокое качество, а подбор конструктивных параметров – самозатачиваемость при резании, при эксплуатации прибора следует внимательно следить за состоянием круга и при появлении внешних признаков износа снимать круг с эксплуатации. К видам износа, при которых круг должен сниматься с эксплуатации относятся:

- изменение геометрических размеров (диаметра и толщины);
- выкрашивание материала матрицы;
- срабатывание алмазов заподлицо с матрицей;
- ухудшение режущих свойств алмазов (образование площадок на поверхности алмазов).

При визуальном определяемом засаливании круга (заполнении промежутков между алмазами продуктами разрушения горной породы) рекомендуется сделать один рез по абразивному материалу.

Контроль состояния круга при эксплуатации прибора может выполняться при резании контрольных образцов перед началом серии измерений, а также периодически (по усмотрению оператора).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ С ПРИБОРОМ ПОБ-1

4.1 Порядок работы с прибором

Подготовка прибора к работе

Перед началом работы необходимо ознакомить персонал с устройством, правилами работы, обслуживания и ремонта прибора ПОБ-1.

Прибор установить на лабораторном столе в помещении, соответствующем рабочим условиям эксплуатации прибора (температура от +10 до +35 °С; относительная влажность от 10 до 80%; атмосферное давление 100 ± 4 кПа (750 ± 30 мм рт. ст.)). Расположение должно исключать попадание случайных брызг охлаждающей жидкости, используемой в нагружающем блоке (НБ), на корпус компьютера.

Заземлить нагружающий блок и персональный компьютер по ГОСТ 12.1.030-81. Общий контур заземления необходимо проводить отдельным проводом.

Установить алмазный круг на шпиндель и закрепить его с помощью рожкового ключа гайками. Установить на каретке требуемую рамку исходя из формы образца горной породы. Для замены рамки необходимо отвернуть с помощью торцевого ключа крепежные винты, заменить рамку и закрепить ее крепежными винтами.

Установить микрофон в устройство крепления в заднем отсеке НБ для чего:

- а) Снять крышку с устройства крепления.
- б) Поместить трубчатый корпус микрофона между прокладками.
- в) Установить крышку.
- г) Выставить микрофон так, чтобы расстояние между устройством крепления и предварительным усилителем микрофона составляло установленное значение.
- д) Поджать крышку винтами.

Закрывать технологическое отверстие в стенке НБ, предназначенное для прохождения акустических колебаний на микрофон, защитной пленкой, препятствующей попаданию воды на микрофон.

Собрать комплекс программно-аппаратных средств (при транспортировке платы АЦП и программного обеспечения отдельно от системного блока компьютера).

- а) Установить плату АЦП в компьютер согласно ее техническому описанию и инструкции по эксплуатации.
- б) Установить пакет ПОС на компьютер согласно руководству пользователя ПОС.
- в) Создать в каталоге ПОС каталог РОВ и скопировать с дискеты файлы программы командного режима.

Соединить блоки прибора согласно схеме электрических соединений прибора:

Залить в нижнюю часть рабочего отсека НБ охлаждающую жидкость (воду) до полного погружения (на глубину 10 мм) режущей кромки алмазного круга.

Включить в трехфазную сеть нагружающий блок.

Включить в однофазную сеть системный блок, монитор и принтер. Загрузить операционную систему DOS.

Войти в каталог C:\POB. Выделить файл pob.bat и нажать клавишу «Enter». На дисплее появляется окно программы командного режима (виртуального прибора ПОБ-1).

Порядок работы с прибором при определении категорий горных пород по буримости

Порядок работы на нагружающем блоке

- а) Установить образец горной породы в рамку НБ и зажать его прижимным винтом. После установки образца проверить вручную прочность его крепления и при слабом креплении подтянуть прижимной винт. Образец рекомендуется упирать в правую стенку рамки во избежание смещения при резании. При установке образца неправильной формы для предотвращения его смещения при резании дополнительно раскрепить образец дере-

вянными клиновыми прокладками, устанавливаемыми с натягом между корпусом рамки и образцом.

б) Измерить расстояние между передним торцом (поверхностью) образца и режущей кромкой круга. Расстояние должно быть не менее 3 мм. Если расстояние менее 3 мм произвести переустановку образца

в) Измерить расстояние между передней поверхностью образца и осью шпинделя.

г) Закрыть крышку рабочего отсека.

Порядок работы с программой командного режима при проведении измерений

Ввести начальные установки в измерительную систему для чего

а) Нажать кнопку **«Файл сигнала»**. В появившееся окно ввести имя файла с расширением **.USM**. Рекомендуемое имя файла **SIGNAL**.USM**, где вместо звездочек устанавливается номер испытаний. Редактирование производится клавишами «←», «→», «Back Space», «Del».

б) Нажать кнопку **«Файл спектра»**. В появившееся окно ввести имя файла с расширением ***.USM**. Рекомендуемое имя файла **SPEKTR**.USM**, где вместо звездочек устанавливается номер испытаний. Ввод имени завершается нажатием «Enter».

в) Нажать кнопку **«Чувствительность»**. В появившееся окно ввести чувствительность микрофона, В/Па. Нажать «Enter».

г) Нажать кнопку **«Уровень шума»**. В появившееся окно ввести уровень шума в ДБ для расчета крайней частоты спектра. Нажать «Enter».

д) Нажать кнопку **«Добавить маску»**. В появившемся окне последовательно выбрать каталог и файл маски и нажать «Enter». В окне анализатора спектра появится спектр-маска, а в правой верхней части экрана монитора значок маски. Программа позволяет ввести до 12-ти масок. Если выбран файл, не содержащий спектр-маску, появится сообщение **«Параметр не найден»** или **«Файл не найден»**. Если требуется убрать последнюю маску, нажмите кнопку **«Убрать маску»**.

е) Нажать кнопку **«Загр. катег»**. В появившемся окне последовательно выбрать каталог и файл с граничными значениями категорий горных пород и нажать «Enter». Загрузить можно только один файл категорий.

ж) Нажать кнопку **«К_{мощ}»**. В появившемся окне установить коэффициент преобразования по каналу мощности. Нажать «Enter».

з) Нажать кнопку **«С_{мощ}»**. В появившемся окне установить напряжение запуска прибора по каналу мощности, В. Нажать «Enter».

и) Нажать кнопку **«Vрез»**. В появившемся окне установить скорость подачи каретки. Нажать «Enter».

к) Нажать кнопку **«L»**. В появившемся окне установить измеренное расстояние между передней поверхностью образца и осью шпинделя. Нажать «Enter».

л) Нажать кнопку **«N_{рез}»**. В появившемся окне установить число резов на одном образце горной породы. Рекомендуемое число резов на одном образце – 3. Нажать «Enter».

м) Нажать кнопку **«N_{ус}»**. В появившемся окне установить требуемое число усреднений сигнала за один рез. Рекомендуемое число усреднений сигнала за один рез – 5. Нажать «Enter».

н) Нажать кнопку **«ГОТОВО»**. При этом программа перейдет в режим ожидания начала измерений, а кнопка **«ГОТОВО»** изменится на кнопку **«СТАРТ!»** и все кнопки режима настройки заблокируются. В окне осциллографа должно наблюдаться прохождение сигнала, а в окне анализатора спектра – текущий спектр.

На образце горной породы рекомендуется производить три реза (расположение резов на керне - через 120 град по образующей; на пластине расстояние между резами - не менее 5 мм). При работе следить за уровнем жидкости в нижней части рабочего отсека и при необходимости подливать воду. Резка горных пород всухую не допускается.

Выполнение измерений

а) Нажать клавишу «Enter» или кликнуть на кнопке «СТАРТ!» - на экране монитора появится надпись «Жду начала работы».

б) Включить питание нагружающего блока. При правильно подобранном уровне порогового напряжения запуска «С_{мощ}» запуск программы осуществляется автоматически после включения питания нагружающего блока. Запуск программы также можно осуществить нажатием клавиши «Enter»

в) Контролировать появление на экране надписей о ходе выполнения измерений: «Жду 1 секунду», «Измеряю мощность холостого хода», «Жду . . . секунд», «Измеряю акустический сигнал», «Измеряю мощность резания». После завершения цикла работы ПКР, кнопка «СТАРТ!» изменится на кнопку «Повтор» и на экране появятся надпись «Жду начала работы» и промежуточные результаты измерений.

г) Занести в рабочий журнал промежуточные результаты измерений, появившиеся на экране.

д) Переустановить образец горной породы для совершения на нем следующего реза.

е) Включить питание нагружающего блока. Запуск программы осуществляется автоматически. После выполнения установленного числа резов ПКР вычисляет усредненный по всем резам спектр и формирует протокол, а в окне программы появляются усредненные по всем резам результаты измерений.

ж) Нажать кнопку «Повтор» для подготовки к следующему испытанию. Программа переходит в режим настройки, на экране стирается результаты измерений (остаются только введенные спектр-маски).

Формирование протокола испытаний

а) Нажать кнопку «Выход» для завершения работы с программой ПКР и дождаться появления окна программы-оболочки Norton Commander операционной системы DOS.

б) Выделить файл <наименование испытания>.txt.

в) Нажать клавишу «F4» и войти в окно редактора DOS. На рис.6 показана форма протокола испытаний. Под строчкой тип формации индицируются результаты сравнения полученного спектра с введенными спектр-масками.

Ввести в соответствующие графы протокола испытаний следующие данные: дата испытаний, наименование, место отбора и краткое петрографическое описание образца горной породы, серийный номер прибора и дату его последней поверки, номер алмазного круга.

г) Распечатать при необходимости протокол испытаний, нажав кнопку «Печать».

4.2 Пример определения категорий горных пород с прибором ПОБ-1

В качестве примера определения категорий горных по буримости пород для вращательного бурения с прибором ПОБ-1 рассмотрим результаты испытаний образцов горных пород ОАО «Карельский окатыш». Образцы горных пород в виде керн диаметром 42 мм были присланы в ВИТР и испытаны по методу акустико-спектральной диагностики буримости горных пород на приборе ПОБ-1. Результаты испытаний образцов горных пород ОАО «Карельский окатыш» показывают, что горные породы относятся к 6 – 10 категориям по буримости по классификации ЕНВ (табл. 4).

Наиболее высокую 10 категорию имеют: магнетитовый кварцит (Обр.№7); сланец биотит-магнетитовый (Обр.№9); сланец биотит-магнетитовый (Обр.№12); плагиопорфир (Обр.№1) и плагиопорфир (Обр.№5).

К 9 категории по буримости отнесены: сланец магнетитсодержащий (Обр.№13) и плагиопорфир (Обр.№6).

Таблица 4

Результаты определения категорий горных пород по буримости ОАО «Карельский окатыш».

Но- мер обр	Место отбора		Горная порода	Измеряемые величины				Кате- гория по бу- римо- сти ЕНВ
	№ скв	Глу- бина, м		p , Па	P_p , Вт	K_p , 10^{-2} , Па/ Вт	f_d , кГц	
1	483	88,1	Плагипорфир	0,28	51,7	0,55	9,86	10
2	483	94,8	Магнетитовый кварцит	0,17	48,21	0,35	10,55	8
3	483	122,5	Магнетитовый кварцит	0,20	34,97	0,57	11,04	8
4	483	104,8	Магнетитовый кварцит	0,15	27,16	0,56	10,94	7
5	483	44,3	Плагипорфир	0,28	37,9	0,74	9,86	10
6	483	68,0	Плагипорфир	0,24	48,9	0,50	10,84	9
7	486	108,4	Магнетитовый кварцит	0,26	41,8	0,63	10,25	10
9	472	91,4	Сланец биотит-магнетитовый	0,27	24,6	0,63	10,64	10
10	470	126,7	Порода карбонат-биотитовая	0,13	27,71	0,46	10,64	6
12	476	56,3	Сланец биотит-магнетитовый	0,28	47,9	0,58	10,45	10
13	470	122,1	Сланец магнетит содержащий	0,22	29,01	0,74	10,55	9
14	476	44,2	Сланец кварц-хлорит-биотитовый	0,15	24,60	0,62	10,64	7
15	476	36,7	Сланец кварц-гранат-биотитовый	0,20	24,81	0,8	11,13	8
16	483	9,7	Сланец хлорит-амфиболитовый	0,18	42,83	0,41	11,23	8
17	483	125,3	Кварцит магнетит содержащий	0,19	28,96	0,66	10,45	8
18	483	150,1	Кварцит безрудный	0,16	50,65	0,31	10,94	7
19	483	144,7	Сланец кварц-биотитовый	0,14	24,68	0,58	9,96	6
20	470	72,0	Сланец кварц-биотитовый	0,15	29,23	0,53	10,35	7

К 8 категории по буримости отнесены: магнетитовый кварцит (Обр. №2); сланец хлорит-амфиболовый (Обр. №16); кварцит магнетитсодержащий (Обр. №17); магнетитовый кварцит (Обр. №3) и сланец кварц-гранат-биотитовый (Обр. №15).

К 7 категории по буримости отнесены: сланец кварц-биотитовый (Обр. №20); сланец кварц-хлорит-биотитовый (Обр. №14); магнетитовый кварцит (Обр. №4) и кварцит безрудный (Обр. №18)

К 6 категории по буримости отнесены: порода карбонат-биотитовая (Обр. №10) и сланец кварц-биотитовый (Обр. №19)

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что, несмотря на близость состава породообразующих минералов (биотит, магнетит, кварц, гранат, амфибол, хлорит) горные породы участка работ ОАО «Карельский окатыш» характеризуются высокой изменчивостью по буримости. Поэтому отнесение горной породы к той или иной категории по буримости только по геологическим признакам сопряжено с высокой погрешностью, поскольку не позволяет учесть прочность связи между минеральными зёрнами.

К факторам ухудшающим условия бурения на участке работ ОАО «Карельский окатыш» относятся анизотропия и сланцеватость горных пород. Эти факторы приводят к заклинкам и истиранию керна в колонковой трубе, снижению проходки за рейс и механической скорости бурения, повышенному износу породоразрушающего инструмента и искривлению скважины.

В качестве дополнительного справочного пособия для лиц, эксплуатирующих прибор ПОБ-1, в приложении 2 приведены результаты определения категорий горных пород на приборах ПОБ-1 и ПОАП-2М (по методу ЦНИГРИ).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Архипов А.Г.* Механизм разрушения горных пород при алмазном бурении и его акустико-спектральная диагностика. СПб., ВИТР, 2000.
2. *Архипов А.Г.* Новый метод определения прочности горных пород. - В сб.: Методика и техника разведки. Л., ВИТР, 1998, №8(146), с.103-114.
3. *Архипов А.Г., Блинов Г.А., Плавский Д.Н.* Определение буримости горных пород по показателю удельной акустической энергии, выделившейся при разрушении. - В сб.: Методика и техника разведки, №9-10 (147-148). СПб., ВИТР, 1999.
4. *Архипов А.Г., Гинзбург И.М., Корнилов Н.И.* Определение абразивности горных пород по характеристикам механизма разрушения. - В сб.: Методика и техника разведки, №9-10 (147-148). СПб., ВИТР, 1999.
5. *Барон Л.И., Кузнецов А.В.* Механические и абразивные свойства горных пород. М., 1958.
6. *Гинзбург И.М., Оношко Ю.А.* Методы выбора конструктивных параметров алмазного породоразрушающего инструмента. Обзор. М.: ВИЭМС, 1983.
7. *Любимов Н.И.* Классификация горных пород и рациональное применение буровой техники. - М.: Недра, 1977.
8. *Шатров Б.Б., Архипов А.Г., Андреев О.С.* Исследование акустических явлений при бурении скважин и их использование в геологоразведочной практике. - В сб.: Исследование и разработка технологии и новых технических средств для геологоразведочного бурения. СПб., ВИТР, 1993, с. 38 - 50.

ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ P , РЕАЛИЗУЕМОЙ МОЩНОСТИ P_p И КОЭФФИЦИЕНТА K_p ДЛЯ КАТЕГОРИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ

Тип прибора ПОБ-1

Алмазный круг № 3507 (алмазное сырье АС-160 500/400,
связка с цинком)

Параметры нагружения горной породы: скорость подачи $2,1 \text{ мм/с}$
частота вращения круга 1410 мин^{-1} ($23,5 \text{ с}^{-1}$)

Тип преобразователя активной мощности Е848/6-М1 №000693

Тип микрофона М101 вместе с измерителем ВШВ-003 №1970

Расстояние круг – микрофон 75 мм

Глубина погружения круга в воду 6 мм

Глубина резания 6 мм

Категория буримости ЕНВ	Измеряемые величины				Характерная горная порода (значения СКЗ; R_p ; K_p ; f_A)	Типичные горные породы (значения СКЗ; R_p ; K_p)
	СКЗ, Па	R_p , Вт	$K_p \times 10^{-2}$ Па/Вт	f_A , кг/с		
1	<0,01	<3	Любой		Торф (0,005; 1,8; 0,0028; 9,82)	Иловатая порода (0,003; 1,7; 0,0012), растительный слой (0,005; 0,5; 0,01)
2	0,01-0,02	<8	>0,12	9,0-10,6	Гипс (0,01; 6,8; 0,002; 10,55)	Алеврит песчанистый (0,015; 6,8; 0,0022), глина (0,013; 7,1; 0,0018)
3	0,02-0,05	<15	>0,13		Глина серо-зеленая (0,03; 14,1; 0,002-9,75)	Алеврит глинистый (0,021; 6,8; 0,0031); сланец глинистый (0,04; 10,2; 0,0039)
4	0,05-0,10	<15	>0,33	9,0-11,0	Известняк-ракушечник (0,06; 10,4; 0,0056; 10,16)	Песчанник (0,06; 6,1; 0,0098), известняк (0,07; 10,9; 0,0064)
5		>15	<0,66		Мраморный оникс (0,05; 15,1; 0,0041; 10,25)	Аргиллит (0,06; 16,9; 0,0036); мрамор (0,06; 15,1; 0,004)
6	0,10-0,17	<30	>0,33	9,0-11,2	Дунит (0,15; 19,1; 0,008; 10,84)	Порода карбонат-биотитовая (0,13; 27,7; 0,0045), сланец кварц-биотитовый (0,14; 24,7; 0,0058)
7		>30	<0,56		Пироксенит (0,16; 40,1; 0,004; 10,94)	Кварцит безрудный (0,16; 50,8; 0,0031); магнетитовый кварцит (0,17; 48,2; 0,0035)
8	0,17-0,29	<40	>0,43	9,5-11,3	Беломорит (0,18; 32,6; 0,0055; 10,25)	Сланец хлорит-амфиболовый (0,18; 42,8; 0,0041); кварцит магнетитосодержащий (0,19; 29,0; 0,0066)
9		>40	<0,73		Плагиоклазит (0,24; 63,1; 0,0037; 11,23)	Плагиоклорфит (0,24; 48,9; 0,005), магнетитовый кварцит (0,26; 41,8; 0,0063)
10	>0,29	<50	>0,58	9,7-11,5	Гранит м/з (0,29; 46,9; 0,0061; 10,84)	Гранодиорит (0,30; 48,7; 0,0061), фельзит окварцованный (0,30; 49,8; 0,006)
11		50-90	0,32-0,58		Кварц (0,32; 55,4; 0,0057; 13,4)	Кварцит (0,30; 63,7; 0,0047), порфирит (0,30; 85,0; 0,0035)
12		>90	<0,32		Яшма (0,33; 96,6; 0,0034; 11,62)	Роговик гематито-магнетитовый (0,33; 111,2; 0,003), Кремень (0,32; 101,2; 0,0032)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПО МЕТОДУ АКУСТИКО-СПЕКТРАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ БУРИМОСТИ НА ПРИБОРЕ ПОБ-1 И ПО МЕТОДУ ЦНИГРИ НА ПРИБОРЕ ПОАП-2М

Тип прибора ПОБ-1

Алмазный круг № 3507 (алмазное сырье АС-160 500/400, связка с цинком)

Глубина погружения круга в воду 6 мм

Глубина резания 6 мм

Параметры нагружения горной породы: скорость подачи 2,1 мм/с
частота вращения круга 1410 мин⁻¹ (23,5 с⁻¹)

Тип преобразователя активной мощности E848/6-M1 №000693

Тип микрофона M101 вместе с измерителем ВШВ-003 №1970

Расстояние круг – микрофон 75 мм

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{АБР}	ρ	Категория по буримости	ρ, Па	P _ρ , Вт	K _ρ , (ρ/P _ρ), Па/Вт	Категория по буримости
Результаты испытаний горных пород I категории по буримости										
1	Песок м/з	Ленинградская обл.					0,002	0	-	I
2	Песок м/з	Ленинградская обл.					0,002	0	-	I
3	Песок м/з	Ленинградская обл.					0,002	0,001	2,0	I
4	Песок с/з	Ленинградская обл.					0,002	0	-	I
5	Песок с/з	Ленинградская обл.					0,003	0	-	I
6	Песок с/з	Ленинградская обл.					0,002	0	-	I
7	Песок к/з	Ленинградская обл.					0,002	0,001	2,0	I
8	Песок к/з	Ленинградская обл.					0,002	0,001	2,0	I
9	Песок к/з	Ленинградская обл.					0,002	0	-	I
10	Ил влажный	Ленинградская обл.					0,003	0,8	0,0038	I
11	Ил влажный	Ленинградская обл.					0,003	0,8	0,0038	I
12	Ил влажный	Ленинградская обл.					0,003	0,8	0,0038	I
13	Иловатая порода	Ленинградская обл.					0,003	1,7	0,0012	I
14	Торф	Ленинградская обл.					0,004	1,2	0,0033	I
15	Торф	Ленинградская обл.					0,004	1,2	0,0033	I
16	Торф уплотненный	Ленинградская обл.					0,005	0,5	0,01	I
17	Торф уплотненный	Ленинградская обл.					0,005	0,5	0,01	I
18	Супесь	Ленинградская обл.					0,005	1,2	0,0042	I
19	Супесь	Ленинградская обл.					0,005	1,2	0,0042	I
20	Растительный слой	Ленинградская обл.					0,005	0,5	0,01	I

Категория по методу ЦНИГРИ не определена из-за невозможности определить коэффициент динамической прочности (по толчению) F_д для слабосвязанных и рыхлых пород

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{АБР}	ρ	Категория по буримости	p, Па	R _p , Вт	K _p (p/R _p), Па/Вт	Категория по буримости
Результаты испытаний горных пород III категории по буримости										
41	Глина серо-зеленая	Там же, инт. 34,2-34,5 м				0,03	14,1	0,002		III
42	Алеврит тонкослойный	г.С-Петербург, скв. Тепловая, инт.161,2-161,5 м				0,025	5,9	0,0042		III
43	Алеврит глинистый	Там же, инт. 173,0-173,3				0,021	6,8	0,0031		III
44	Глина тонкослойная алевритистая	Там же, инт. 52,5-52,8 м				0,022	3,8	0,0058		III
45	Глина аргиллитопобоя	Там же, инт. 124,3-124,6 м				0,033	7,8	0,0042		III
46	Глина алевритовая	Там же, инт. 41,6-41,9 м				0,029	7,9	0,0036		III
47	Алеврит	Кернохранилище Невской ГРП				0,031	5,6	0,0055		III
48	Алеврит	ЛКГЭ, уч.Аномальный, скв.С-18А, инт 98,3-106,1				0,033	6,3	0,0052		III
49	Аргиллит тонкозернистый кварцевый	Кернохранилище Невской ГРП				0,025	4,7	0,0053		III
50	Аргиллит	Там же				0,047	7,1	0,0066		III
51	Глина алевритистая	Там же				0,024	11,7	0,0021		III
52	Сланец глинистый	ЛКСЭ, Олонцкий отряд, скв.4, инт. 189,0-189,5 м				0,04	10,2	0,0039		III
53	Сланец глинистый	Там-же, скв.17 инт. 175,0-175,5 м				0,037	10,5	0,0035		III
54	Глина	ЛКГЭ, уч.Аномальный-2, инт. 91,0-94,0 м				0,023	3,4	0,0068		III
55	Аргиллит	ЛКСЭ, Невский объект, скв.101, инт. 197,0-197,5				0,044	7,9	0,0056		III
56	Аргиллит	Там же, инт. 199,5-200,0				0,04	8,8	0,0045		III
57	Сланец глинистый	Там же, скв.101				0,047	7,6	0,0062		III
58	Алеврит	ЛКСЭ,Олонцкий отряд, скв.4, инт. 190,0-190,5 м				0,035	4,6	0,0076		III
59	Алеврит	Там-же, инт. 191,0-191,5				0,03	4,0	0,0075		III
60	Алеврит	Там-же, инт. 197,5-198,0				0,031	4,7	0,0066		III

Категория по методу ЦНИГРИ не определена из-за невозможности определить коэффициент динамической прочности (по толчению) F_д для слабосвязанный и рыхлых пород

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{АВР}	ρ	Категория по буримости	p, Па	P _p , Вт	K _p , (p/P _p), Па/Вт	Категория по буримости
Результаты испытаний горных пород IV категории по буримости										
61	Алеврит глинистый	С-Петербург, скв. Тепловая, инт. 177,0-177,3 м	Категория по методу ЦНИГРИ не определена из-за невозможности определить коэффициент динамической прочности (по толчению) F _д для слабосвязанный и рыхлых пород			0,051	4,7	0,0109	IV	
62	Алеврит	ЛКГЭ, уч. Аномальный, скв. С-18А, инт. 104-104,3				0,055	4,8	0,0115	IV	
63	Сланец песчано-глинистый	ЛКСЭ, Олонекский отряд, скв. 17, инт. 180,0-180,3 м				0,051	4,0	0,0128	IV	
64	Конгломерат	Кернохранилище Невской ГРП				0,056	4,3	0,013	IV	
65	Конгломерат	Там же				0,059	4,4	0,0134	IV	
66	Песчаник	Там же				0,063	5,6	0,0113	IV	
67	Песчаник	Там же				0,06	6,1	0,0098	IV	
68	Сланец песчанистый	Там же				0,052	5,8	0,009	IV	
69	Сланец песчанистый	Там же				0,053	5,7	0,0093	IV	
70	Сланец глинистый	Ленинградская обл., р-н п. Радофинниково				0,052	7,7	0,0068	IV	
71	Сланец глинистый	Там же	0,051	7,6	0,0067	IV				
72	Известняк доломитизированный	Кернохранилище Невской ГРП	3,55	0,1	0,8	<V	0,063	9,8	0,0064	IV
73	Известняк мраморизованный	Там же	2,11	0,7	1,3	<V	0,061	11,6	0,0052	IV
74	Известняк	Там же	4,22	0,93	8,8	<V	0,07	10,9	0,0064	IV
75	Алеврит кварцосодержащий	Там же	1,16	2,03	6,9	VI	0,07	6,3	0,0111	IV
76	Алеврит	Там же	2,23	0,63	3,6	<V	0,055	7,5	0,0073	IV
77	Аргиллит	Урал	2,72	0,48	3,2	<V	0,063	8,0	0,0079	IV
78	Мергель	Крымский п-ов	2,51	0,23	1,4	<V	0,052	7,3	0,0071	IV
79	Мергель	Там же	3,44	0,23	1,85	<V	0,066	6,7	0,0099	IV
80	Известняк-ракушечник	П-ов Мангышлак	1,5	0,3	1,0	<V	0,06	10,4	0,0058	IV

Категория по методу ЦНИГРИ не определена из-за невозможности определить коэффициент динамической прочности (по толчению) F_д для слабосвязанных и рыхлых пород

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний									
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М					По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1				
			F _д	K _{АВР}	ρ	Катего- рия по бури- мости	p, Па	P _р , Вт	K _р , (ρ/P _р), Па/Вт	Катего- рия по бури- мости		
Результаты испытаний горных пород V категории по буримости												
81	Мраморный оникс	Урал	4,3	0,4	3,9	V	0,05	15,1	0,0033			V
82	Амфиболит (змеевик)	Баженовское м-ние, Урал	4,0	0,55	5,0	V	0,06	15,6	0,0038			V
83	Амфиболит (змеевик)	Там-же	4,4	0,55	5,4	V	0,06	15,1	0,004			V
84	Сланец глинистый	уч. шахты Центральная- Новая, Донбасс	7,33	0,38	5,6	V	0,07	23,1	0,003			V
85	Сланец глинистый	Там-же	7,1	0,37	5,4	V	0,07	23,1	0,003			V
86	Сланец глинистый	Там-же	7,15	0,39	5,6	V	0,07	23,7	0,003			V
87	Сланец глинистый	Там-же	7,28	0,45	6,6	V	0,07	23,3	0,003			V
88	Песчаник	Кернохранилище Невской ГРП	1,9	1,65	8,3	VI	0,06	15,1	0,004			V
89	Известняк доломитизи- рованный	Там-же	3,55	0,1	0,8	<V	0,06	17,3	0,0034			V
90	Сланец песчанистый	Там-же	5,1	0,58	6,4	V	0,065	18,9	0,0034			V
91	Сланец песчанистый	Там-же	4,8	0,59	6,2	V	0,065	18,5	0,0035			V
92	Сланец углистый	Там-же	7,27	0,55	8,1	VI	0,07	20,1	0,0035			V
93	Сланец хлоритовый	Там-же	8,93	0,44	8,1	VI	0,07	25,3	0,0028			V
94	Аргиллит	Там-же	3,2	0,8	7,6	V	0,06	16,9	0,0036			V
95	Аргиллит	Там-же	3,0	0,8	6,1	V	0,05	17,4	0,0029			V
96	Асфальт	Ленинградская обл.	-	-	-	-	0,08	22,1	0,0036			V
97	Асфальт	Там-же	-	-	-	-	0,08	19,6	0,0041			V
98	Мрамор белый	Коселгинское м-ние, Урал	6,41	0,45	6,0	V	0,06	15,1	0,004			V
99	Мрамор белый	Там-же	6,5	0,46	6,2	V	0,059	15,2	0,0039			V
100	Мрамор белый	Там-же	6,9	0,48	8	V	0,055	15,1	0,0036			V

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{АБР}	ρ	Катего- рия по буримости	p, Па	P _p , Вт	K _p (p/P _p), Па/Вт	Катего- рия по буримости
Результаты испытаний горных пород VI категории по буримости										
101	Дунит	ООО "Щитстрой", Урал	1,7	1,4	6,1	V	0,15	19,1	0,008	VI
102	Дунит	Там-же	1,7	1,5	6,9	VI	0,15	18,7	0,008	VI
103	Дунит	Там-же	1,6	1,5	6,6	V	0,14	18,5	0,0076	VI
104	Скарн гранатовый (по гранату)	Урал	1,38	2,55	10,0	VI	0,16	18,6	0,0086	VI
105	Мрамор	Прохорово-Баландинское м-ние, Урал	7,0	0,45	6,4	V	0,11	16,1	0,0068	VI
106	Сланец песчано- глинистый	уч. шахты Центральная- Новая, Донбасс	7,62	0,53	8,1	VI	0,12	29,7	0,0040	VI
107	Сланец песчано- глинистый	Там-же	7,8	0,5	7,8	VI	0,12	29,3	0,0040	VI
108	Сланец песчанистый	Там-же	9,44	0,68	12,3	VII	0,14	27,0	0,0052	VI
109	Сланец песчанистый	Там-же	9,2	0,7	12,4	VII	0,14	27,8	0,0051	VI
110	Порода карбонат- биотитовая	ОАО "Карельский ока- тыш" Скви.470, Гл.126,7м.	5,0	-	-	-	0,13	27,71	0,0046	VI
111	Сланец кварц-хлорит- биотитовый	Там-же. Скви.476, Гл. 44,2 м.	5,7	0,8	9,7	VI	0,15	24,60	0,0062	VI
112	Магнетитовый кварцит	Там-же. Скви.483, Гл. 104,8 м.	6,2	0,8	10,3	VII	0,15	27,16	0,0056	VI
113	Сланец кварц- биотитовый	Там-же. Скви.483, Гл. 144,7 м.	6,2	1,5	19,3	VIII	0,14	24,68	0,0058	VI
114	Сланец кварц- биотитовый	Там-же. Скви.470, Гл. 72,0 м.	4,0	1,5	13,2	VII	0,15	29,23	0,0053	VI
115	Песчаник	Кернохранилище Невской ГРП	3,91	0,9	8,0	VI	0,11	16,8	0,0065	VI
116	Известняк мраморизов.	Там-же	6,67	0,65	8,9	VI	0,13	17,3	0,0075	VI
117	Филлит	Печенгское рудное поле, Кольский п-ов	11,95	0,45	9,8	VI	0,11	29,0	0,0038	VI
118	Кирпич силикатный	Ленинградская обл.	1,62	1,8	7,9	VI	0,12	13,2	0,0091	VI
119	Кирпич силикатный	Там-же	1,6	1,85	8,1	VI	0,12	13,2	0,0091	VI
120	Кирпич шамотный	Там-же	1,14	2,37	7,4	VI	0,11	10,1	0,0109	VI

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{АВР}	ρ	Кatego- рия по бури- мости	p, Па	P _p , Вт	K _p , (p/P _p), Па/Вт	Кatego- рия по бури- мости
Результаты испытаний горных пород VII категории по буримости										
121	Кварцит безрудный	ОАО "Карельский ока- тыш" Скви.483. Гл.150,1 м	6,7	1,0	13,0	VII	0,16	50,65	0,0031	VII
122	Магнетитовый кварцит	Там-же. Скви.483. Гл. 94,8 м.	4,7	1,2	12,5	VII	0,17	48,21	0,0035	VII
123	Пироксенит	ООО "Щитстрой", Урал	3,0	1,1	8,0	VII	0,16	40,1	0,004	VII
124	Пироксенит	Там-же	3,2	1,0	7,6	VII	0,16	38,6	0,0041	VII
125	Пироксенит	Там-же	3,1	1,1	8,2	VII	0,16	38,9	0,0041	VII
126	Перидотит черный	Там-же	8,4	0,5	8,2	VII	0,11	40,3	0,0027	VII
127	Перидотит черный	Там-же	8,0	0,5	7,9	VII	0,105	38,7	0,0027	VII
128	Перидотит черный	Там-же	8,0	0,55	8,7	VII	0,11	39,9	0,0028	VII
129	Перидотит	Печенгское рудное поле, Кольский п-ов	7,4	0,68	10,1	VII	0,12	38,0	0,0032	VII
130	Филлит	Там-же	12,13	0,55	12,1	VII	0,11	41,0	0,0027	VII
131	Филлит	Там-же	10,13	0,5	9,6	VII	0,11	40,0	0,0028	VII
132	Сланец песчанистый	уч. шахты Центральная- Новая, Донбасс	9,44	0,68	12,3	VII	0,14	37,0	0,0038	VII
133	Сланец песчанистый	Там-же	9,41	0,65	11,72	VII	0,13	35,8	0,0036	VII
134	Песчаник	Там-же	8,0	1,03	15,3	VIII	0,15	36,8	0,0041	VII
135	Песчаник	Там-же	8,3	1,1	17,9	VIII	0,15	35,4	0,0042	VII
136	Известняк	Там-же	11,94	0,73	15,9	VIII	0,16	46,0	0,0035	VII
137	Доломит	Урал	8,17	0,65	10,4	VII	0,12	35,9	0,0033	VII
138	Мрамор	Ороктойское м-ние, Алтай	8,0	0,6	9,5	VII	0,13	37,0	0,0035	VII
139	Известняк мраморизо- ванный	Урал	9,0	0,75	13,0	VII	0,15	39,3	0,0038	VII
140	Туфопесчаник ожелезн.	Урал	9,3	0,8	14,3	VII	0,14	31,0	0,0045	VII

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{авр}	ρ	Катего- рия по бури- мости	ρ, Па	P _p , Вт	K _p , (ρ/P _p), Па/Вт	Катего- рия по бури- мости
Результаты испытаний горных пород VIII категории по буримости										
141	Магнетитовый кварцит	ОАО "Карельский ока- тыш" Скви.483. Гл.122,5 м	5,4	1,6	18,4	VIII	0,20	34,97	0,0057	VIII
142	Плагиопорфир	Там-же. Скви.483. Гл. 44,3 м.	5,0	1,6	17,4	VIII	0,28	37,9	0,0074	VIII
143	Сланец магнетит со- держащий	Там-же. Скви.470. Гл. 122,1 м.	6,7	0,6	7,5	VI	0,22	29,01	0,0074	VIII
144	Сланец кварц-гранат- биотитовый	Там-же. Скви.476. Гл. 36,7 м.	4,7	1,0	9,9	VI	0,20	24,81	0,008	VIII
145	Сланец хлорит- амфиболитовый	Там-же. Скви.483. Гл. 9,7 м.	8,0	0,8	12,7	VII	0,18	39,8	0,0045	VIII
146	Кварцит магнетит со- держащий	Там-же. Скви.483. Гл. 125,3 м.	5,0	1,1	11,4	VII	0,19	28,96	0,0066	VIII
147	Пироксенит	ООО "Щитстрой", Урал	3,5	1,2	9,8	VII	0,19	39,1	0,0049	VIII
148	Пироксенит	Там-же	3,6	1,1	9,2	VII	0,20	39,6	0,0051	VIII
149	Пироксенит	Там-же	3,8	1,1	9,6	VII	0,19	38,7	0,0049	VIII
150	Микроклин	Карелия	3,15	1,95	14,6	VII	0,19	33,3	0,0057	VIII
151	Беломорит	М-ние Неблогора, Кольский п-ов	3,1	1,85	13,7	VII	0,18	32,6	0,0055	VIII
152	Гранит письменный	Карелия	2,88	2,2	15,4	VIII	0,19	27,7	0,0068	VIII
153	Гранит каолинизов-й выветрелый	Там-же	2,91	2,2	15,5	VIII	0,19	18,4	0,0103	VIII
154	Гнейс биотитовый	Там-же	5,52	1,38	16,2	VIII	0,18	20,5	0,0089	VIII
155	Известняк	уч. шахты Центральная- Новая, Донбасс	12,38	0,73	16,4	VIII	0,22	39,3	0,0056	VIII
156	Гнейс гранат-биотит-й	М-ние Пьяконда, Каре- лия	1,3	2,25	18,7	VIII	0,18	18,1	0,0099	VIII
157	Гнейс гранат-биотит-й	Там-же	1,4	2,2	8,64	VII	0,18	19,5	0,0092	VIII
158	Габбро	Печенгское рудное поле, Кольский п-ов	7,63	1,05	16,0	VIII	0,2	34,3	0,0058	VIII
159	Туфогравелит	Урал	11,44	0,73	15,4	VIII	0,21	27,7	0,0076	VIII
160	Туфопесчанник	Урал	11,81	0,88	19,0	VIII	0,21	28,3	0,0074	VIII

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{АБР}	ρ	Катего- рия по буримости	ρ, Па	P _p , Вт	K _p (ρ/P _p), Па/Вт	Катего- рия по буримости
Результаты испытаний горных пород IX категории по буримости										
161	Плагипорфир	ОАО "Карельский ока- тыш". Скви.483. Гл. 88,1 м	8,0	1,5	23,8	IX	0,28	51,7	0,0055	IX
162	Плагипорфир	Там-же. Скви.483. Гл. 68,0 м.	8,0	1,5	23,8	IX	0,24	48,9	0,0050	IX
163	Магнетитовый кварцит	Там-же. Скви.486. Гл. 108,4 м.	5,7	1,6	19,4	VIII	0,26	41,8	0,0063	IX
164	Сланец биотит- магнетитовый	Там-же. Скви.472. Гл. 91,4 м.	7,3	0,4	5,9	V	0,27	42,34	0,0063	IX
165	Сланец биотит- магнетитовый	Там-же. Скви.476. Гл. 56,3 м.	6,7	1,0	13,0	VII	0,28	47,9	0,0058	IX
166	Амфиболит	Урал	13,15	1,1	25,9	IX	0,23	48,1	0,0048	IX
167	Плагиогранит	СПб. Скви. Тепловая	3,67	1,9	16,1	VIII	0,28	40,4	0,0069	IX
168	Песчаник кварцитовид- ный	Карелия	3,82	1,85	16,2	VIII	0,29	40,1	0,0072	IX
169	Плагиомигматит	СПб. Скви. Тепловая	3,91	1,43	12,8	VII	0,29	41,5	0,007	IX
170	Гранит пегматоидный	СПб. Скви. Тепловая	3,36	2,8	22,2	VIII	0,29	40,4	0,0072	IX
171	Мигматит кварцов-й	СПб. Скви. Тепловая	4,38	1,73	16,9	VIII	0,27	48,4	0,0056	IX
172	Диорит кварцевый	Ленинградская обл.	4,22	1,88	17,9	VIII	0,27	46,5	0,0058	IX
173	Амфиболит биотизир-й	Карелия	6,06	1,48	18,8	VIII	0,2	48,4	0,0041	IX
174	Габбро	Печенгское рудное поле	10,0	1,0	18,9	VIII	0,28	47,6	0,0059	IX
175	Пегматит	Карелия	3,23	2,48	19,0	VIII	0,29	41,2	0,007	IX
176	Гнейс плагиогранитов-й	СПб. Скви. Тепловая	3,77	2,2	19,1	VIII	0,28	40,3	0,0069	IX
177	Плагиогранит	СПб. Скви. Тепловая	4,58	1,9	19,3	VIII	0,28	40,1	0,007	IX
178	Туф лацитового состава	Средний Урал	11,62	0,95	20,3	VIII	0,26	43,3	0,006	IX
179	Гранит биотитовый	М-ние Возрождение Ле- нинградской обл.	3,96	2,3	20,9	VIII	0,29	42,3	0,0069	IX
180	Плагио гранито-гнейс	С-Пб. Скви. Тепловая	4,44	2,15	21,3	VIII	0,29	40,5	0,0072	IX

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{АБР}	ρ	Катего- рия по бури- мости	p, Па	P _p , Вт	K _p (ρ/P _p), Па/Вт	Катего- рия по бури- мости
Результаты испытаний горных пород X категории по буримости										
181	Пироксенит	Карелия	5,17	2,08	23,2	IX	0,295	44,7	0,0066	X
182	Плагиогранит	С-Пб. Сква. Тепловая	3,67	2,8	23,8	IX	0,292	38,9	0,0075	X
183	Плагиогранито-гнейс мигматизированный	С-Пб. Сква. Тепловая	4,86	2,25	23,9	IX	0,293	39,6	0,0074	X
184	Гранит биотитовый	Каменогорское м-ние	8,05	2,3	36,6	X	0,31	43,3	0,0072	X
185	Мигматит-гранит	С-Пб. Сква. Тепловая.	5,08	2,25	24,7	IX	0,31	40,3	0,0077	X
186	Плагио гранито-гнейс	С-Пб. Сква. Тепловая	5,52	2,13	25,1	IX	0,3	41,6	0,0072	X
187	Плагиогранит	С-Пб. Сква. Тепловая	5,93	2,03	25,3	IX	0,31	41,4	0,0074	X
188	Туф андезито- дацитового состава	Кольский п-ов	12,9	1,15	26,7	IX	0,292	45,3	0,0064	X
189	Игнимбри- дацитового состава	Средний Урал	12,13	1,35	29,6	IX	0,293	47,2	0,0062	X
190	Гранито-гнейс	М-ние Кузнецкое	6,3	2,4	30,1	IX	0,31	40,1	0,0077	X
191	Плагио гранито-гнейс	С-Пб. Сква. Тепловая	12,36	1,43	32,1	IX	0,31	46,3	0,0067	X
192	Гранит	Карелия	7,34	2,18	32,2	IX	0,31	42,4	0,0073	X
193	Гранит	Каменогорское м-ние	9,45	1,88	34,0	IX	0,32	42,6	0,0075	X
194	Дацил окварцованный	Средний Урал	11,94	1,58	34,5	X	0,295	45,4	0,0065	X
195	Кварцит гематитовый	Оленегорское м-ние	10,88	1,8	36,5	X	0,295	49,4	0,006	X
196	Аплит	Урал	7,08	2,55	36,6	X	0,31	45,2	0,0069	X
197	Кварцит железистый	Оленегорское м-ние	11,78	1,85	39,9	X	0,291	48,3	0,006	X
198	Гранодиорит	Приозерский р-н Ленин- градской обл.	9,55	2,2	40,1	X	0,31	45,8	0,0068	X
199	Фельзит окварцованный	Объект Московской ГСЭ	13,11	1,55	36,4	X	0,3	49,5	0,0061	X
200	Фельзит окварцованный	Объект Московской ГСЭ	12,73	1,8	41,3	X	0,3	48,1	0,0062	X

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний							
			По методу ЦНИГРИ на приборе ПОАП-2М				По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1			
			F _д	K _{авр}	ρ	Катего- рия по бури- мости	p, Па	R _p , Вт	K _p , (p/P _p), Па/Вт	Катего- рия по бури- мости
Результаты испытаний горных пород XI категории по буримости										
201	Кварц жильный	Печенгское рудное поле, Кольский п-ов	2,39	2,7	16,3	VIII	0,32	55,4	0,0057	XI
202	Кварц жильный	Там же	2,8	2,7	18,5	VIII	0,32	60,3	0,0053	XI
203	Яшмоид красный	Урал	10,88	1,35	27,3	IX	0,3	73,6	0,0041	XI
204	Яшмоид	Там же	10,5	1,4	27,6	IX	0,3	77,9	0,0039	XI
205	Кварцит	Карелия	6,67	2,63	36,0	IX	0,31	73,2	0,0042	XI
206	Кварцит	Там же	7,5	2,5	37,6	IX	0,3	73,7	0,0041	XI
207	Кварцит розовый, м/з	Там же	7,41	2,58	38,4	X	0,3	72,9	0,0041	XI
208	Песчаник окварцован- ный, к/з	Уч. шахты Центральная- Новая, Донбасс	10,0	1,95	36,9	X	0,32	75,2	0,0043	XI
209	Кварцит красный, м/з	Карелия	8,17	2,55	41,1	X	0,3	71,4	0,0042	XI
210	Кварцит сливной	Там же	9,1	2,5	43,9	X	0,32	73,1	0,0044	XI
211	Кварцит	Там же	8,3	2,5	40,8	X	0,3	73,0	0,0041	XI
212	Базальт	Дальний Восток	19,09	1,15	36,5	X	0,3	88,0	0,0034	XI
213	Порфирит	Рудный Алтай	9,0	2,75	47,8	X	0,30	75,0	0,004	XI
214	Порфирит фиолетовый	Там же	9,5	2,74	49,8	X	0,30	78,0	0,0038	XI
215	Джеспилит	р-н Кривого Рога	10,71	2,18	43,6	X	0,33	81,1	0,0041	XI
216	Джеспилит	Там же	11,39	2,31	48,5	X	0,31	84,6	0,0037	XI
217	Джеспилит	Там же	13,56	2,23	53,9	XI	0,31	88,3	0,0035	XI
218	Роговик гематито- магнетитовый	Там же	14,8	2,33	60,4	XI	0,3	79,4	0,0038	XI
219	Роговик гематито- магнетитовый	Там же	14,7	2,28	58,7	XI	0,3	83,0	0,0036	XI
220	Роговик гематито- магнетитовый	Там же	15,1	2,25	59,2	XI	0,3	88,7	0,0034	XI

Но- мер об- раз- ца	Горная порода	Место отбора	Результаты испытаний						По методу ВИТР-А на приборе			
			По методу ЦНИИГРИ на приборе ПОАП-2М			По методу ВИТР-А на приборе ПОБ-1						
			F _д	K _{авр}	ρ	Катего- рия по бурин- мости	p, Па	P _p , Вт	K _p (p/P _p), Па/Вт	Катего- рия по бурин- мости		
Результаты испытаний горных пород XII категории по буримости												
221	Джеспилит	р-н Кривого Рога	16,7	2,15	61,3	XI	0,34	110,1	0,0031	XII		
222	Джеспилит	Там же	16,61	2,25	63,9	XI	0,34	105,6	0,0032	XII		
223	Джеспилит	Там же	16,45	2,25	63,4	XI	0,35	108,1	0,0032	XII		
224	Джеспилит	Там же	16,33	2,35	65,9	XI	0,34	104,3	0,0033	XII		
225	Джеспилит	Там же	16,33	2,35	65,9	XI	0,34	110,8	0,0031	XII		
226	Роговик гематито- магнетитовый	Там же	14,67	2,35	60,4	XI	0,33	111,2	0,003	XII		
227	Роговик гематито- магнетитовый	Там же	17,79	2,58	77,4	XII	0,35	115,7	0,003	XII		
228	Яшма сургучно- красный	Рудный Алтай	10,13	2,65	50,7	XI	0,3	94,6	0,0032	XII		
229	Яшма	Восточный Казахстан	10,9	2,7	54,8	XI	0,31	98,8	0,0031	XII		
230	Яшма красная	Южный Урал	10,45	2,65	52,0	XI	0,3	93,4	0,0032	XII		
231	Яшма полосчатая жел- то-красная	Там же	10,1	2,75	52,5	XI	0,31	92,5	0,0034	XII		
232	Яшма пейзажная	Там же	10,2	2,65	51,0	XI	0,31	93,6	0,0033	XII		
233	Яшма пейзажная	Там же	10,25	2,70	51,0	XI	0,32	91,4	0,0035	XII		
234	Яшма пейзажная	Там же	9,8	2,65	52,1	XI	0,3	91,7	0,0033	XII		
235	Яшма пейзажная	Там же	9,9	2,75	49,4	XI	0,3	91,8	0,0033	XII		
236	Яшма	Там же	9,44	2,85	51,5	XI	0,33	96,6	0,0034	XII		
237	Кремень	Московская обл.	7,71	3,5	53,8	XI	0,33	95,4	0,0035	XII		
238	Кремень	Там же	8,85	3,0	53,81	XI	0,31	93,2	0,0033	XII		
239	Кремень	Там же	8,9	3,4	51,5	XI	0,3	95,1	0,0032	XII		
240	Кремень	Там же	9,93	3,1	58,4	XI	0,32	101,2	0,0032	XII		
Результаты дополнительных испытаний горных пород												
241	Тингуит	Кольский п-ов	9,0	1,5	25,2	IX	0,27	106,9	0,0025	IX		
242	Нефрит	-	16,7	0,8	22,8	IX	0,2	145,1	0,0014	IX		
243	Стекло	-	1,7	2,3	10,4	VII	0,18	26,5	0,0068	VIII		
244	Известняк	Путиловское м-ние Ле- нинградской обл	4,0	0,7	5,9	V	0,13	49,6	0,0027	VII		