Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
т. LXXXII, 1980 г.

УДК 622.831:620.179.152

СПЕЦИФИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗОНДОВЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА

В.И.КИМКОВ

Опыт использования ядерно-геофизических методов контроля напряженного состояния массива при решении задач горного производства позволил выявить основные требования к измерительной аппаратуре и оборудованию, невыполнение которых значительно ограничивает область применения радиометрии. Первостепенное значение имеют требования к дифференцирующей способности гамма-гамма-методов по глубинности исследований, т.е. к возможности раздельно преобразовывать и регистрировать информацию, поступающую из различных участков массива, примыкающих к измерительному снаряду. Кроме того, при измерении плотности горных пород в естественном залегании параметр глубинности является важным критерием, определяющим применимость метода в конкретных горно-геологических условиях. Учитывая статистическую неоднородность пород в массиве по плотности, необходимо стремиться к получению наиболее обширных данных измерений из возможно большего объема среды, окружающей скважинный снаряд. В то же время при исследовании напряженного состояния требуется свести до минимума влияние зоны разгрузки, возникающей в процессе бурения измерительных шпуров, на результаты определения истинного значения плотности.

Известные в настоящее время теоретические и расчетные данные по оценке глубинности гамма-гамма-методов очень приближенны, так как в них учитывается рассеянное излучение малой кратности, а граничные условия решаемых задач далеки от реальных условий взаимодействия рассеянного гамма-поля с веществом, поэтому рассматриваемую задачу с наибольшей достоверностью и полнотой можно изучить лишь экспериментально[x].

В лаборатории горного давления кафедры разработки пластовых месторождений ЛГИ проводились эксперименты по изучению влияния длины зондового устройства на глубинность измерений в условиях полупространствен-

[x] В.И.Ферронский, А.И.Данилин, В.Т.Дубинчук и др. Радиоизотопные методы исследования в инженерной геологии и гидрогеологии. М., Атомиздат, 1968.

ной геометрии рассеивающей среды. Исследования выполнялись на моделях из оргстекла, имитирующих уголь по плотности и эффективному атомному номеру ($\rho_{орг}$ = 1,2 г/см^3, $Z_{эф}$ = 6,3). Для создания насыщенного объема и имитации вмещающих пород модели из оргстекла устанавливались на песчано-цементные блоки ($\rho_{бл}$ = 2,8 г/см^3). Рассеянное в модели гамма-излучение регистрировалось посредством сцинтиляционного датчика (кристалл NaJ(Tl) + + ФЭУ-3I) и радиометра АКРШ-I.

В целях изучения характеристики глубинности для определенной длины зондового устройства мощность рассеивающего слоя изменялась от 0 до 250 мм, при этом регистрировалась интенсивность рассеянного излучения в режиме интегрального счета. Глубинность при фиксированных параметрах зонда определялась по характеру зависимости интегральной интенсивности фиксируемого излучения от мощности рассеивающего слоя. Для построения зависимости глубинности измерений от длины зонда брались величины, равные 90 % от максимального уровня зарегистрированного гамма-излучения. Настоящий способ оценки глубинности обеспечивает точность количественного определения этого параметра.

Как показали результаты экспериментов, с увеличением длины зонда до 375 мм глубинность исследований возрастает. При дальнейшем увеличении длины зондового устройства глубинность остается практически постоянной, так как в спектральном составе многократно рассеянного гамма-излучения достигается относительное равновесие. Таким образом, увеличение длины зонда свыше 375 мм становится нецелесообразным. Однако, как указывалось выше, одним из основных параметров плотностного гамма-гамма-метода является разрешающая способность по глубине, поэтому необходимо достаточно полно характеризовать количественный вклад рассеянного излучения из различных слоев горного массива, окружающего измерительный шпур. Данное обстоятельство вызвано необходимостью внесения в результаты абсолютного определения плотности поправки, обусловленной влиянием разгруженной зоны, или частичного исключения этого влияния методическим путем при натурных измерениях.

На графиках зависимости величины рассеянного излучения от мощности рассеивающего слоя h при различной длине зонда R ярко выражено различие в уровнях регистрируемой интенсивности гамма-излучения, поступающего с различных глубин. Используя за основу полученные зависимости, был определен вклад информации $\frac{\Delta I}{\Delta h}$, поступающей из различных слоев, в общую интенсивность регистрируемого излучения при изменении длины зондового устройства (рис.I).

С увеличением длины зонда максимум зависимости перемещается в глубь рассеивающего слоя. При этом снижается вклад излучения, поступающего с меньших глубин. Следовательно, при достаточно большой длине зондового устройства можно исключить влияние разгруженной зоны на результаты измерения плотности, однако на практике при длине зонда более 500 мм интенсивность регистрируемого излучения сравнительно мала. Во избежание ошибок при измерении плотности, обусловленных флюктуацией радиоактивного распада, необходимо использовать источники большей активности,

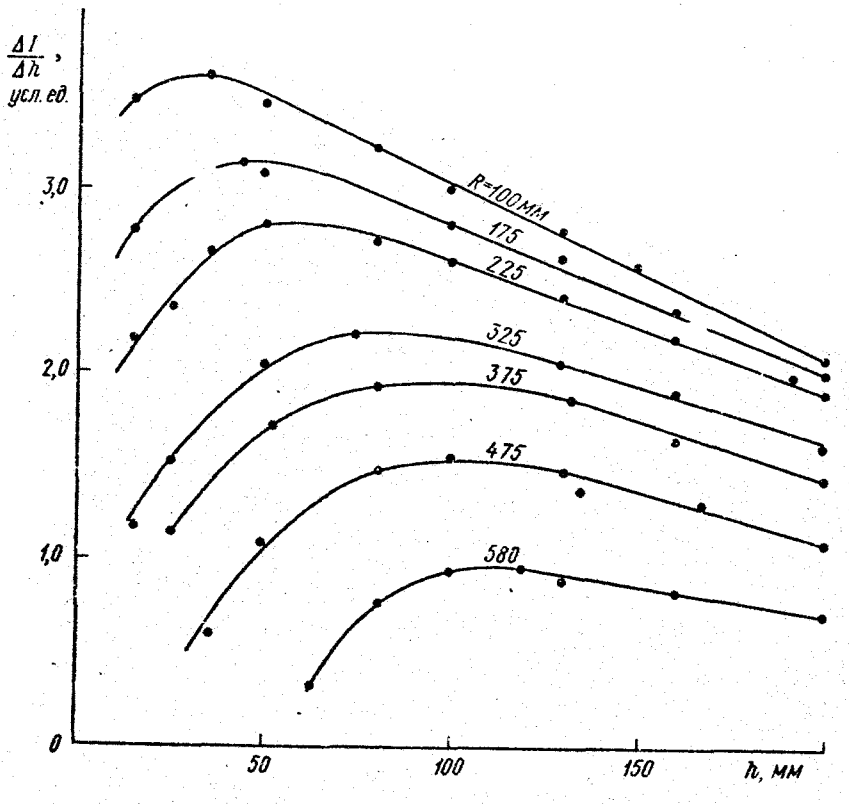


Рис.1. Приращение интенсивности излучения на единицу мощности рассеивающегося слоя при переменной величине мощности рассеивания для различной длины зондов

что нецелесообразно с точки зрения техники безопасности, поэтому при измерении плотности горных пород наиболее оптимальными являются скважинные снаряды с длиной зондового устройства 400-500 мм. Обычно на практике при изучении напряженного состояния угольного пласта применяются зонды длиной 430-450 мм.

Однако такое увеличение глубинности и дифференцирующей способности за счет изменения длины зондового устройства оправдано лишь в случае интегральной регистрации рассеянного гамма-излучения. При использовании спектрометрического методе регистрации возможен иной путь увеличения глубинности измерений.

Известно[x], что при малой длине зонда регистрируемые гамма-кванты малых энергий являются многократно рассеянными, прошедшими довольно большой путь в породе и долетевшими к измерительному снаряду с большой глубины. Высокоэнергетичные гамма-кванты в основном претерпевают мало актов рассеяния и проходят в породе небольшие расстояния. Следовательно,

[x] Г.Б.Варварин, Е.М.Филиппов. Плотностной гамма-гамма-метод в геофизике. Новосибирск, Наука, 1972.

выделяя спектрометрическими методами рассеянные гамма-кванты низкой энергии, можно увеличить глубинность плотностного метода, не изменяя длины зонда.

С целью разработки методики увеличения глубинности исследований в лаборатории горного давления были сняты аппаратурные спектры для различных источников гамма-излучения при изменении мощности рассеивающего слоя. В результате экспериментов установлены конкретные значения пороговых энергетических уровней рассеяных гамма-квантов, дискриминация которых позволяет изменять глубинность исследований при неизменной длине зондового устройства. Все исследования проводились по вышеизложенной методике с использованием той же установки и при дополнительном подключении анализатора импульсов АИ-128, предназначенного для снятия энергетических спектров.

Наиболее показательными являются спектры рассеянного излучения источника Cs^{137}, что обусловлено моноэнергетичностью прямого излучения. Аппаратурные спектры рассеяного излучения при постоянной длине зонда R = 13 см и переменной мощности рассеивающего слоя h = 0÷183 мм имеют две ярко выраженные области (рис.2). Первая представляет собой нисходящую

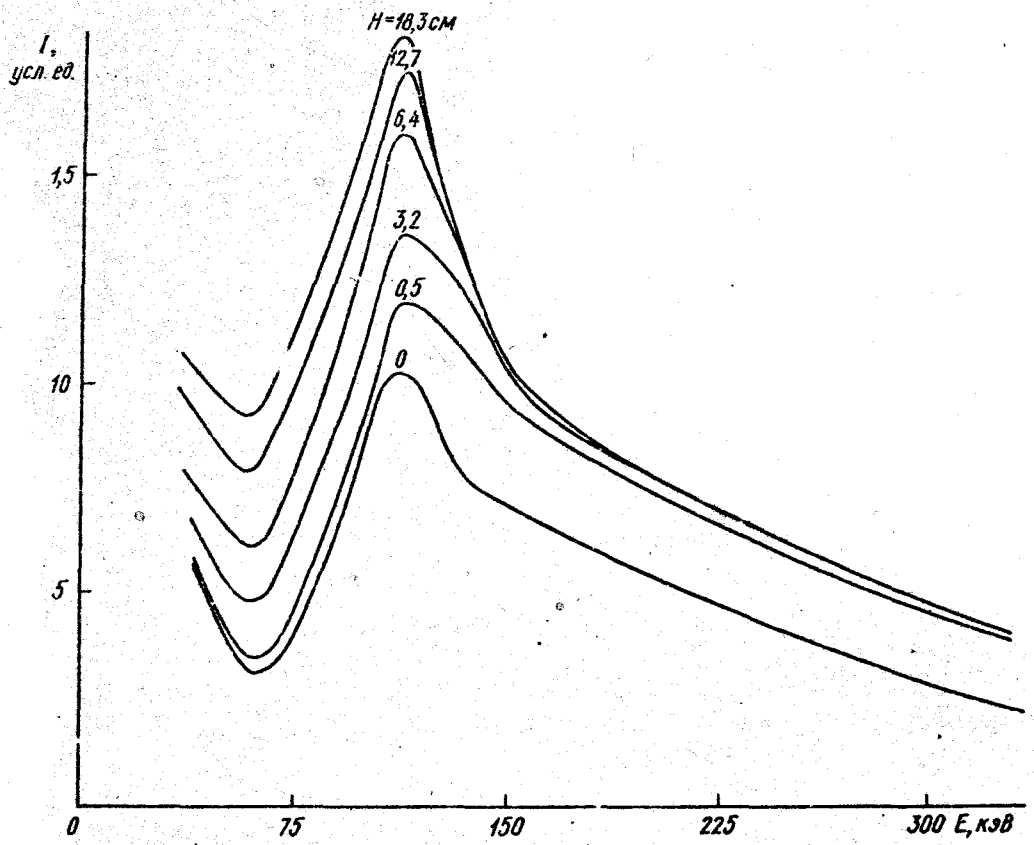


Рис.2. Спектры рассеяного излучения при переменной мощности рассеивающего слоя и постоянной длине зонда

ветвь спектра и полностью повторяет закономерности, полученные при интегральных измерениях, т.е. обладает насыщением при увеличении рассеивающего слоя. Вторая - является восходящей ветвью. В пределах этой области сохраняется относительная пропорциональность между интенсивностью рассеянного излучения и мощностью слоя рассеяния. Однако размеры данной области незначительны, по сравнению со всем спектром, поэтому в случае интегрального измерения интенсивности она оказывает слабое влияние на характер насыщения. Если при спектрометрических измерениях регистрировать интенсивность рассеянного излучения только восходящей ветви спектра ниже определенного порогового уровня (в данном случае $E_{пор} \approx$ 100 кэВ), то можно значительно увеличить глубинность исследований по сравнению с интегральным методом, не изменяя при этом длину зонда.

Таким образом, можно сделать важный практический вывод о том, что глубинность исследований можно регулировать посредством выбора соответствующей области регистрируемого энергетического спектра, рассеянного в горной породе излучения, а следовательно, и избирательно получать информацию о напряженном состоянии отдельных участков массива, окружающего измерительный снаряд. Руководствуясь данными положениями, при проведении натурных исследований в зависимости от конкретных условий измерений и решаемых задач представляется возможным выбрать оптимальные размеры зондовых устройств.