Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 3

ГЕОФИЗИКА

Ю. В. РИЗНИЧЕНКО и В. И. МЯЧКИН

ИМПУЛЬСНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

(Представлено академиком Г. А. Гамбурцевым 28 II 1955)

Изучение горного давления, в частности напряженного состояния горных пород в массиве, обычными маркшейдерскими методами встречается с известными затруднениями. В связи с этим возникло стремление изыскать также и другие — геофизические методы, которые позволяли бы получать сведения об изменениях давлений в массиве путем наблюдений за изменением физических параметров горных пород, причем так, чтобы измерительные устройства и сами измерения не искажали существенным образом естественного напряженного состояния массива.

В конце 1951 г., в связи с разработкой проблемы борьбы с горными ударами и внезапными выбросами угля и газа в угольных шахтах ([1]), одним из авторов (Ю. В. Ризниченко) был предложен шахтный импульсный сейсмический метод (ШИСМ) с использованием устройств, аналогичных импульсному ультразвуковому сейсмоскопу, посредством которого производится моделирование сейсмических волновых явлений ([2, 3]). Действие этого сейсмоскопа основано на известных принципах действия аппаратуры для импульсной ультразвуковой дефектоскопии ([4]). В разработке нового шахтного метода участвовали, кроме авторов настоящего сообщения, О. И. Силаева, В. А. Глухов, О. Г. Шамина и др. Работы завершены постановкой в 1953—1954 гг. соответствующих шахтных наблюдений. Сведений о завершении подобных работ, которые проводились несколько ранее и одновременно с нашими ([5–7]), в литературе не появлялось.

Физические предпосылки метода. Из опыта, накопленного в сейсмологии и в других областях, известно, что такие механические или «сейсмические» характеристики горных пород и других материалов, как скорость V (и, соответственно, время t) распространения упругих волн и поглощение упругой энергии E (и, соответственно, амплитуда A колебаний) зависят от давления P. С увеличением P величины V и A для волн, проходящих через исследуемую область, обычно возрастают. Следя за изменениями t и A, принципиально возможно судить об изменениях P в этой области. Идеи использования таких зависимостей в горном деле возникали и ранее (см., например, ([8, 9])), но эффективному осуществлению их в то время мешала недостаточная разработанность аппаратуры и методики точных сейсмических наблюдений, особенно на малых базах.

Лабораторные исследования. Для изучения зависимостей сейсмических характеристик различных горных пород от давления были проведены опыты на образцах с применением импульсных методов измерений ([10]). Соответствующие опыты были поставлены (О. И. Силаева) также на моделях угольных пластов *. Все эти опыты показали, что изме-

* Модели разработаны во Всесоюзном научно-исследовательском угольном институте (ВУГИ) и Всесоюзном научно-исследовательском маркшейдерском институте (ВНИМИ).

нения сейсмических характеристик обычно достаточно ощутимы и позволяют устанавливать определенные связи с давлением.

Шахтная аппаратура. Для наблюдений в шахтах была разработана специальная импульсная аппаратура — шахтные сейсмоскопы ШС-1 и ШС-2 (В. А. Глухов) с соответствующими пьезоэлектрическими датчиками и щупами для возбуждения и приема упругих волн с преобладающими частотами колебаний (на записи) порядка 10 кгц. Прибор ШС-1 применялся в шахтах Донбасса в 1953 г.; более совершенный прибор ШС-2 — в шахтах Кизеловского каменноугольного бассейна в 1954 г.

Методика шахтных наблюдений. Наблюдения по выяснению связи между сейсмическими характеристиками и давлением, искусственно создаваемым непосредственно в угольном пласте, были выполнены с привлечением известного метода гидравлической подушки, который применялся в маркшейдерских исследованиях ВНИМИ в Кизеловском бассейне (Я. А. Бич под руководством С. Г. Авершина). Замеры скоростей V и амплитуд A проводились посредством прибора ШС-2 на базах длиной 0,35—0,45 м, располагавшихся вблизи подушки в направлениях сжатия, перпендикулярно напластованию. Давления P изменялись в пределах $0 \div 170$ атм. Эти опыты также показали существенную зависимость V и A до P. Так, в одном из опытов при изменении P от 0 до 160 атм. определено изменение V от 1360 до 1750 м/сек, т. е. приблизительно на 30%; аналогичные изменения получались и в других случаях. Отмечено, как и в опытах на образцах, что с возрастанием P производная dV/dP обычно уменьшается.

Параметрические измерения скоростей распространения упругих волн в углях и вмещающих породах в шахтах проводились при помощи импульсной аппаратуры, как правило по коротким «профилям», проходившим по стенкам выработок (Донбасс). При этом годографы волн получались, как и в современных методах сейсморазведки, путем корреляции сейсмограмм по фазам ([11]), а не только по отметкам первых вступлений колебаний.

Основные наблюдения состояли в прослеживании изменений времени t прохождения упругого импульса в угольном пласте, а также амплитуды A колебаний с течением времени наблюдений $t_н$, в процессе изменения горного давления, вызываемого приближением очистного забоя к месту наблюдений. При работах в шахтах Кизеловского бассейна щупы устанавливались в угольном пласте в скважинах глубиной около 3 м, которые бурились из специальных выработок. Контакт между рабочими поверхностями щупов и углем обеспечивался заполнением скважин расширяющимся цементом. Размещение щупов давало возможность замерять время t и амплитуду A на базах длиной около 0,5—1 м, направленных поперек и вдоль напластования. Наблюдения проводились ежедневно в соответствии с процессом выработки угольного пласта в одну, две или три смены, с интервалами между замерами в 1—3 часа. При обработке полученных сейсмограмм применялась корреляция колебаний по фазам, но, в отличие от пространственной корреляции, обычной для сейсморазведки, она проводилась теперь во времени $t_н$.

Параллельно с наблюдениями по данному методу, для сопоставления результатов проводились наблюдения по акустическому методу, исследовались естественные упругие импульсы, возникающие при растрескивании угля и пород в результате давления в массиве *.

Результаты наблюдений. В шахтах в ряде мест в глубине массива был прослежен ход изменения t и A во времени $t_н$ в процессе движения очистного забоя. В качестве примера на рис. 1 представлен график $t = t\ (t_н)$, полученный на одной из шахт Кизеловского бассейна

* С. Д. Виноградовым эти исследования были проведены под руководством М. С. Анциферова; соответствующие лабораторные исследования провела О. Г. Шамина ([12]).

(глубина 430 м, угол падения угольного пласта 45°, мощность 1,95 м, база 0,58 м поперек напластования). Из рис. 1 видно, что в данном случае с течением времени $t_н$ и, соответственно, с уменьшением расстояния R до забоя время t вначале постепенно уменьшалось (скорость V возрастала), а затем, уже вблизи от забоя, при $R = 2$—3 м, резко увеличилось (скорость V упала); последнее сопровождалось падением величины A. Все это хорошо согласуется с общими представлениями о ходе давления с приближением забоя: вначале давление должно увеличиваться, а затем

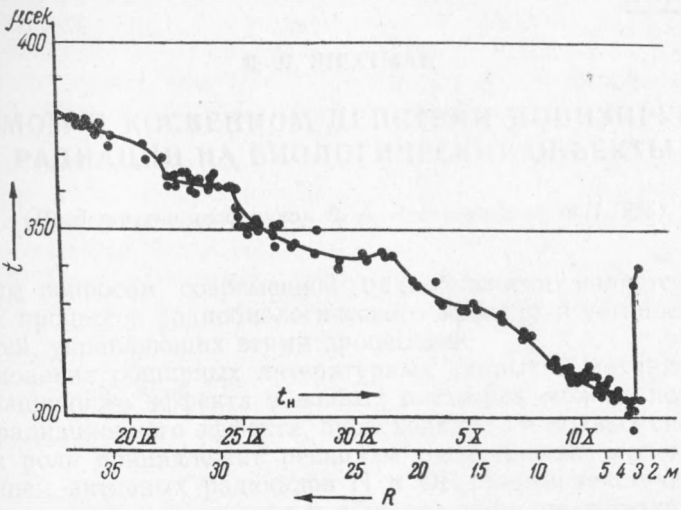


Рис. 1

быстро падать. Сопоставление подобных графиков с результатами указанных опытов с гидравлической подушкой, а также с испытаниями образцов позволяет судить о поведении давления в глубине массива и с количественной стороны.

Результаты шахтных наблюдений по данному методу могут представлять интерес не только в горном деле, но и в сейсмологии, так как явления в шахтах можно рассматривать в качестве модели механических процессов в очагах землетрясений, которые также связаны с изменениями напряженного состояния горных пород в массиве.

Геофизический институт
Академии наук СССР

Поступило
22 II 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. А. Скочинский, Уголь, № 7, 4 (1954). [2] Ю. В. Ризниченко, Вестн. АН СССР, № 5, 16 (1952). [3] Ю. В. Ризниченко, Б. Н. Ивакин, В. Р. Бугров, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 5, 1 (1951); № 3, 58 (1952); № 1, 26 (1953). [4] С. Я. Соколов, Авт. свид. № 48894, кл. 21 д. 30 от 31 X 1934. [5] L. Obert, U. S. Bur. of Mines, Report of Investigations, 3444, Aprll (1939). [6] H. Krumbach, Freiberger Forschungshefte, Bergacademie, H. 7, 30 (1953). [7] W. Buchheim, ibid., S. 41. [8] М. А. Балдин, Матер. к совещ. по проблеме управл. кровлей, Изд. АН СССР, М.—Л., 1937, стр. 32—36. [9] Г. И. Гойхман, Сборн. тр. Ком. по управл. кровлей, Харьков — Киев, 1937, стр. 174—182. [10] Ю. В. Ризниченко, О. И. Силаева, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 3, (1955). [11] Г. А. Гамбурцев, Ю. В. Ризниченко, ДАН, 50, 167 (1945). [12] О. Г. Шамина, Канд. диссертация, Геофиз. инст. АН СССР, 1954.