и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова,
т. LVI, вып. 2, 1969 г.

УСТОЙЧИВОСТЬ КРОВЛИ ВБЛИЗИ КАРСТОВЫХ НАРУШЕНИЙ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ СЛАНЦЕВ ПО ДАННЫМ ПЛОТНОСТНОГО γ-γ-КАРОТАЖА

Э. П. Попов

Оценка прочностных свойств массива горных пород путем излучения физико-механических свойств образцов пород малоэффективна из-за влияния масштабного фактора [Койфман, 1963; Слесарев, 1948]. На устойчивость пород влияют и геологические, и горнотехнические особенности месторождений. Необходимы способы изучения свойств пород непосредственно в массиве. В этом отношении большие возможности у γ-метода измерения плотности горных пород в естественном залегании [Арцыбашев, 1965; Максимов, 1963], так как плотность пород в массиве либо функционально, либо корреляционно связана с другими физическими и механическими свойствами пород.

Этот метод в модификации рассеянного γ-излучения был применен при изучении устойчивости пород кровли вблизи карстовых нарушений Ленинградского месторождения горючих сланцев. Несмотря на преобладание в геологическом разрезе пород с высокими прочностными показателями, в горных выработках отмечаются явления, вызванные неустойчивостью некоторых разновидностей пород в кровле разрабатываемого пласта. Частое переслаивание довольно тонких слоев известняка, мергеля, глинистых и горючих сланцев образует неоднородную упругую систему с неодинаковыми физико-механическими свойствами по вертикали. Процессы карстообразования, сопровождающиеся выщелачиванием карбонатной части и выносом продуктов окисления органического вещества из горизонтов сланца, в значительной степени изменяют физико-механические свойства пород, попавших в сферу влияния водопроводящей тектонической трещины, что снижает устойчивость пород кровли по мере приближения к карстовому нарушению.

С учетом специфических особенностей горнотехнических задач на базе серийной аппаратуры разработана портативная шахтная каротажная установка с автоматической регистрацией и решен ряд методических вопросов, позволяющих определять плотность пород в подземных скважинах диаметром 38—110 *мм* с точностью ±1%.

Строение прикарстовых зон изучали плотностным γ-γ-каротажем вертикальных скважин глубиной от 5—6 до 10—12 *м*, пробуренных на различных расстояниях от границы карстового нарушения. На основании детального анализа каротажных диаграмм скважин, расположенных за пределами прикарстовых зон, выяснены основные характе-

делах месторождения, при изучении изменений свойств пород кровли

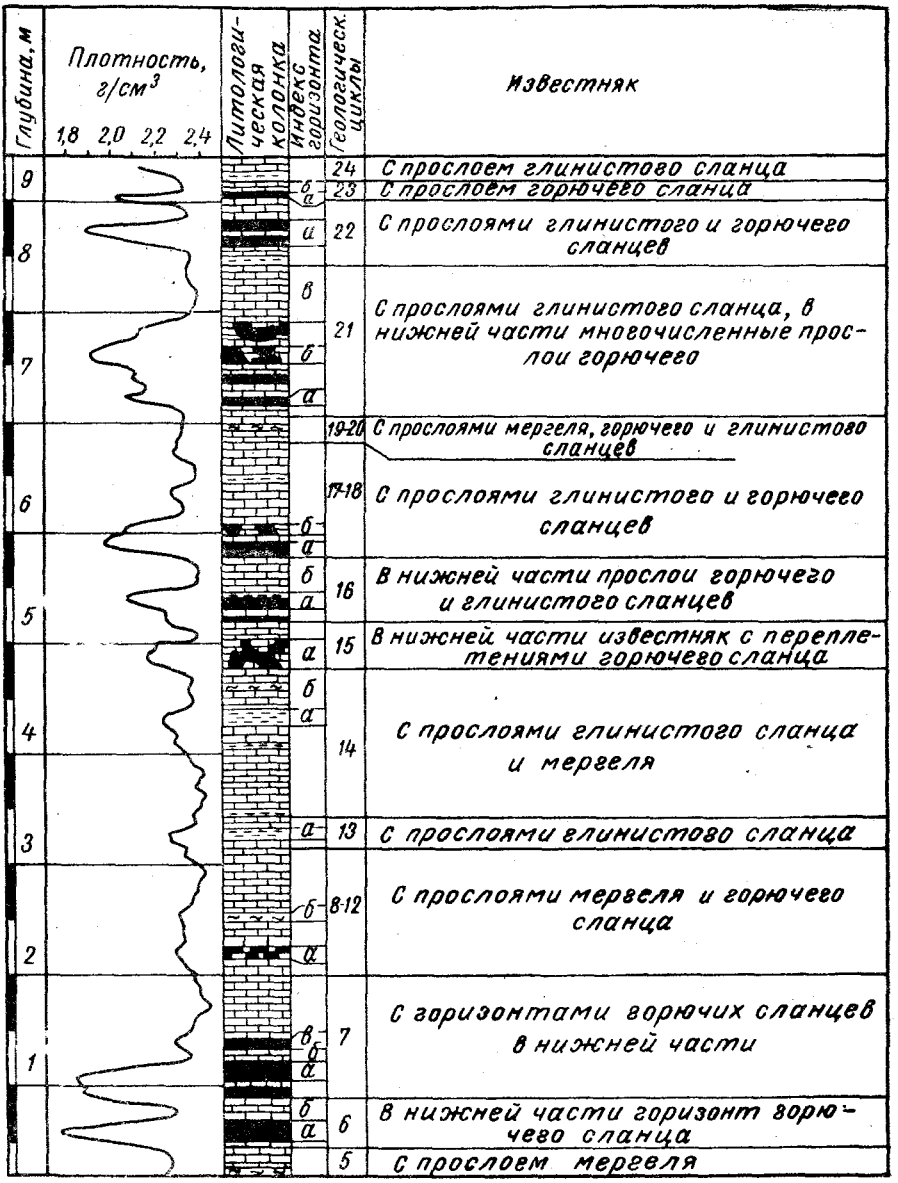


Рис. 1. Сводный литологический и плотностный разрез кровли Ленинградского месторождения горючих сланцев

вблизи карстовых нарушений измеренные величины плотности отдельных горизонтов сравнивали с эталонными разрезами, соответствующими неизмененным породам. Такие эталонные разрезы составляли по участкам месторождения, с колебанием мощности горизонтов и средней плотности не выше $\mp 1\%$. Этими исследованиями выявлены основные закономерные изменения плотностного разреза кровли по мере приближения к карстовому нарушению: уменьшение мощности отдель-

щее смещение (проседание) толщи пород кровли. Эти изменения плотностного разреза взаимно связаны, интенсивность их зависит от расстояния, на котором находится карстовое нарушение, что позволяет установить определенную зональность в строении прикарстовой зоны.

Относительное уменьшение мощности отдельных горизонтов по мере приближения к карсту составляет, как правило, небольшую величину (первые проценты). Достоверно установить этот показатель можно сравнением расстояний между маркирующими горизонтами, которые четко выделяются по каротажной диаграмме и достаточно удалены друг от друга (не менее 3—4 *м*). В качестве таких взяты горизонты *6б* и *16б* или *6б* и *21б* (рис. 1). Абсолютные изменения мощности достигают 20—25 *см* при точности установления контактов пород по каротажной диаграмме ∓1—1,5 *см*.

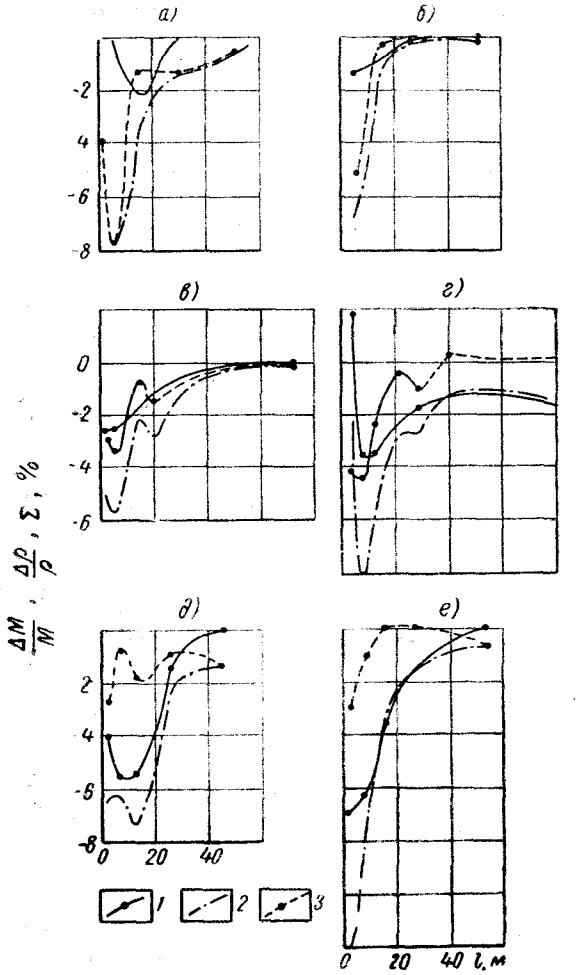


Рис. 2. Изменение плотностных свойств пород кровли на различных расстояниях от карстового нарушения: *а* — карст VII, шахта им. С. М. Кирова; *б* — карст VIII, шахта им. С. М. Кирова; *в* — карст XVII, шахта им. С. М. Кирова; *г* — карст XVII, шахта им. С. М. Кирова; *д* — карст VIII, шахта № 1; *е* — карст VIII, шахта № 1

$1 - \frac{\Delta M}{M}$; $2 - \frac{\Delta \rho}{\rho}$; $3 - \Sigma$

На рис. 2 показано относительное изменение мощности толщи пород кровли $\frac{\Delta M}{M}$ между горизонтами *6б* и *16б* (см. рис. 1) для некоторых карстовых нарушений. Участки кровли, для которых характерно уменьшение мощности пластов пород, наиболее протяженные. Их граница, отмеченная по минимальным изменениям мощности, удалена от

50—80 *м*.

Плотность пород изменяется, как правило, в более ограниченной области. Этот процесс захватывает все разновидности пород кровли. Однако наиболее резкие изменения (0,3—0,4 *г/см*^{3}) наблюдаются в прослоях горючего сланца, меньше — в прослоях мергеля и глинистого сланца. В известняках изменения плотности сравнительно небольшие — до 0,05—0,1 *г/см*^{3}. Наиболее интенсивно процесс изменения плотности проявляется вблизи карста. Как правило, в скважинах, расположенных у самого карста, изменяется плотность всех пород. По мере удаления от карстового нарушения процесс захватывает отдельные участки скважины и приурачивается главным образом к местам расположения мергелистых и сланцевых прослоев. Еще дальше от карста изменение плотности ограничивается только прослоями мергеля, глинистого и горючего сланца.

Для количественной оценки интенсивности процесса изменения плотности определяли среднюю плотность пород по скважине и относительное ее уменьшение $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ по сравнению с эталонным плотностным разрезом (рис. 2). Наиболее резко средняя плотность изменяется на расстояниях l до 10 *м* от границы карстового нарушения. По мере удаления процесс резко затухает, хотя и наблюдается некоторый разброс средних плотностей. Иногда в скважинах, расположенных у границы карстового нарушения, средняя плотность несколько увеличивается, что можно объяснить полной переработкой сланцевых прослоев в кровле под действием карстовых процессов и замещением их остаточной глиной с более высокой плотностью (до 2,3—2,4 *г/см*^{3}). Общее смещение (проседание) толщи пород кровли захватывает область пород с измененной мощностью.

Полученные плотностные характеристики дают основание следующим образом представить динамику процесса изменения плотностного разреза кровли. Разложение и выщелачивание пород, попавших в сферу влияния водопроводящей тектонической трещины, приводит к возникновению пористых и кавернозных разностей с пониженными значениями плотности и прочности. Когда уменьшение прочности достигает некоторого критического значения, под действием веса вышележащей толщи массы пород сдвигаются, что сопровождается развитием вертикальной трещиноватости. В результате пористые и кавернозные породы уплотняются с частичным или полным восстановлением средней плотности и уменьшается мощность толщи в целом.

Процесс смещения горизонтов на различных карстовых нарушениях в зависимости от ряда факторов (интенсивности процесса карстообразования, преимущественного движения вод и т. д.) проявился по-разному. Вследствие этого наблюдаются различные соотношения между показателями уменьшения мощности и средней плотности пород. В то же время значительное изменение одного из этих показателей влечет за собой изменение другого. Их взаимообусловленность позволяет установить некоторый единый показатель изменения плотностного разреза под влиянием карстовых процессов

$$\Sigma = \frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta\rho}{\rho},$$

представляющий собой сумму относительных уменьшений мощности толщи и ее средней плотности (рис. 2). Этот показатель позволяет исключить изменения плотностного разреза, непосредственно не свя-

нения плотностного разреза в зоне неупругих деформаций горных пород, которые характеризуются увеличением мощности и уменьшением средней плотности толщи.

Общее смещение (проседание) толщи пород кровли происходит по тому же, что и изменение мощности горизонтов и связано главным образом с выносом карбонатов и продуктов окисления органического вещества из горючих сланцев промпачки. Кроме того, проседание, особенно в непосредственной близости от карста, вызвано и горнотехническими факторами: возникновением зоны неупругих деформаций пород в кровле горной выработки. Это подтверждается бо́льшей величиной смещения (50—60 *см*), по сравнению с максимальным уменьшением мощности горизонтов промпачки, и уменьшением смещений с высотой. Возникновение зоны неупругих деформаций приводит к резкому увеличению расстояния между основными маркирующими горизонтами кровли у самой границы карстового нарушения (рис. 2, *а* и *в*).

По характеру изменений плотностного разреза кровли на различных расстояниях от карстового нарушения можно выделить три зоны с различной устойчивостью пород кровли.

1. Зона изменения мощности пород кровли. Относительное изменение мощности постепенно увеличивается по направлению к карстовому нарушению от 0 до 2—4%. Изменение средней плотности не более 1—2%. Трещиноватость пород повышена и увеличивается к карстовому нарушению, что снижает устойчивость кровли. Характерен частый капеж. Мощность зоны от 10—20 до 40—60 *м*.

2. Зона интенсивного изменения средней плотности пород. Относительное изменение средней плотности достигает 4—6%. Как правило, сильно увеличивается и показатель изменения мощности горизонтов. Часто зона четко выделяется по резкому увеличению суммарного показателя изменения плотностного разреза. По данным каротажа отмечено развитие пористых кавернозных пород с пониженными прочностными показателями. Интенсивно развита трещиноватость. Устойчивость пород резко снижается. Обводненность повышенная. Кровля интенсивно проседает. Мощность зоны от 10 до 20 *м*.

3. Зона интенсивного развития неупругих деформаций. Характерно увеличение мощности толщи. Часто наблюдается увеличение средней плотности за счет замещения горючих сланцев остаточной глиной. Кровля крайне неустойчива. Характерны отслоения по прослоям мергеля и сланца. Мощность зоны от 0,5—1 до 3—4 *м*.

Общая мощность прикарстовых зон с пониженной устойчивостью пород кровли составляет 30—80 *м*.

Один из примеров плотностного разреза прикарстовой зоны дается на рис. 3.

Изучением плотностного разреза кровли в прикарстовых зонах Ленинградского месторождения горючих сланцев установлена определенная зональность их строения, что облегчает определение оптимальных условий отработки месторождения вблизи карстовых нарушений. По данным плотностного γ-γ-каротажа можно установить оптималь-

типа и отработать рациональные способы крепления пород кровли.

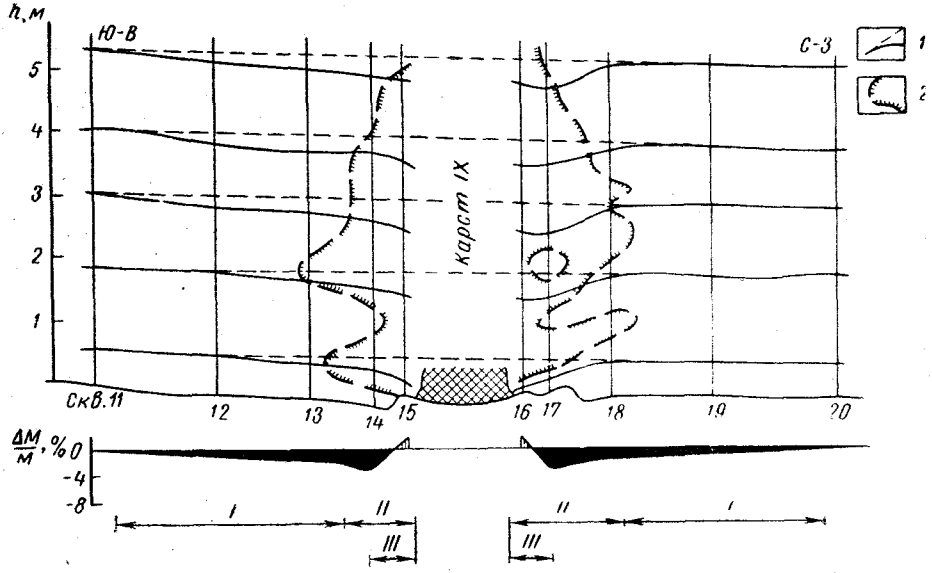


Рис. 3. Зональность изменения плотностного разреза вблизи карстовых нарушений. Карст IX, шахта № 2

I, II, III—зоны изменений плотностного разреза; *1*—первоначальное (пунктир) и фактическое положение маркирующих горизонтов; *2*—область пониженных значений плотности пород

ЛИТЕРАТУРА

Арцыбашев В. А. Гамма-метод измерения плотности. Атомиздат, 1965.

Койфман М. И. Об исследовании масштабного фактора в работах по горному давлению. Сб. «Механические свойства пород». Госгортехиздат, 1963.

Максимов А. П. Выдавливание горных пород и устойчивость выработок. Госгортехиздат, 1963.

Слесарев В. Д. Механика горных пород. Углетехиздат, 1948.