

УДК 550.837.2:621.396.6

А.С. Вознесенский, В.В. Набатов, Н.П. Пончуков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЗАЩИТНОГО ЦЕЛИКА В КРОВЛЕ ВЫРАБОТОК ГИПСОВОГО РУДНИКА ГЕОРАДАРАМИ

Общее описание метода

Одной из важнейших задач приведении добычных работ на подземном гипсовом руднике является обеспечение определенной толщины защитного гипсового охранного целика в кровле. Его назначение – изоляция выработанного пространства от прорыва вод, находящихся в вышележащих горизонтах, сложенных глиной, доломитами, известняками. Мощность рудного целика должны выдерживаться в пределах 5-6 м. Меньшее значение недопустимо из условий безопасности. Большая величина – это неоправданные потери полезного ископаемого. Хотя верхний контакт гипса с вышележащими породами близок к горизонтальному, имеются участки с более значительным его наклоном, и в процессе добычи возможно отклонение толщины целика от заданных размеров.

В настоящее время контроль толщины целика осуществляется бурением контрольных скважин по сеткам 60х60 м и 30х30 м, что является трудоемкой и дорогостоящей операцией. Кроме того, в условиях повышения требований к технической эффективности добычных работ возникает необходимость оперативного контроля с целью корректировки работ и поддержания толщины целика в заданных пределах.

Для решения задачи был выбран метод из группы геоэлектрических методов - метод импульсного георадара.

Работа георадара основана на излучении в среду электромагнитного импульса и последующем приеме отраженного сигнала.

Для излучения и приема сигнала используются, как правило, широкополосные антенны. Рабочие частоты лежат при геологических и инженерно-технических задачах примерно в

области от 10 МГц до 2000 МГц. При измерениях антенну размещают как можно ближе к поверхности исследуемого участка. Большая частота посылки зондирующих сигналов позволяет снимать профиль при непрерывном перемещении антенны по линии измерения. Это определяет высокую производительность метода измерений. Преимуществом метода является то, что он относится к области неразрушающего контроля и обладает высокой разрешающей способностью, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Он позволяет визуализировать результаты измерений в реальном времени на мониторе или записывающем устройстве в виде радарограммы.

Ввиду низких электромагнитных потерь в гипсе и значительной разности диэлектрической проницаемости гипса с одной стороны и водонасыщенных глины, известняка, мергеля с другой (что дает высокое значение коэффициента отражения от границ раздела), этот метод может быть перспективным для определения толщины защитного целика в кровле выработки.

Георадары для наземных, подземных, скважинных работ разрабатываются в ряде организаций России, США, Латвии и других стран и отличаются конструктивными особенностями.

Проведение измерений

В измерениях на гипсовом руднике используется радиотехнический прибор подповерхностного зондирования “ОКО-М1”, разработанный и выпускаемый ГП НИИ приборостроения им. В.В.Тихомирова (г. Жуковский Московской обл.).

Измерения проводились в кровле, почве и стенке камерно-вентиляционного штрека (КВШ)-2 панели 9, а также в кровле камеры

панели 9.

Измерения в стенке позволяют проверить правильность значения диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 6$, поскольку размер зондируемого участка массива пород здесь известен, а граница гипс-воздух на противоположной стороне при измерениях из КВШ на радарограмме может быть прослежена достаточно четко.

Измерения в кровле и почве позволяют оценить глубинность, а также возможность определения положения границы с изменяющимися свойствами.

Измерение в кровле КВШ

Измерение в кровле КВШ производилось двумя георадарами со средними частотами 150 МГц и 400 МГц (рис. 1). На первом участке длиной 75 м от забоя КВШ до гезенка, через который проходит лестница, служащая для подъема и спуска из КВШ, производились измерения с шагом 1-1,25 м обоими георадарами. На участке длиной 120 м измерения произво-



Рис. 1. Измерения в кровле КВШ георадаром с антенным блоком АБ-400

производилось следующее измерение. С выбранным шагом проходилась весь профиль выработки.

На рис. 2 представлены результаты измерений в кровле на участке 75 м георадаром с блоком АБ-150. На радарограмме прослежи-

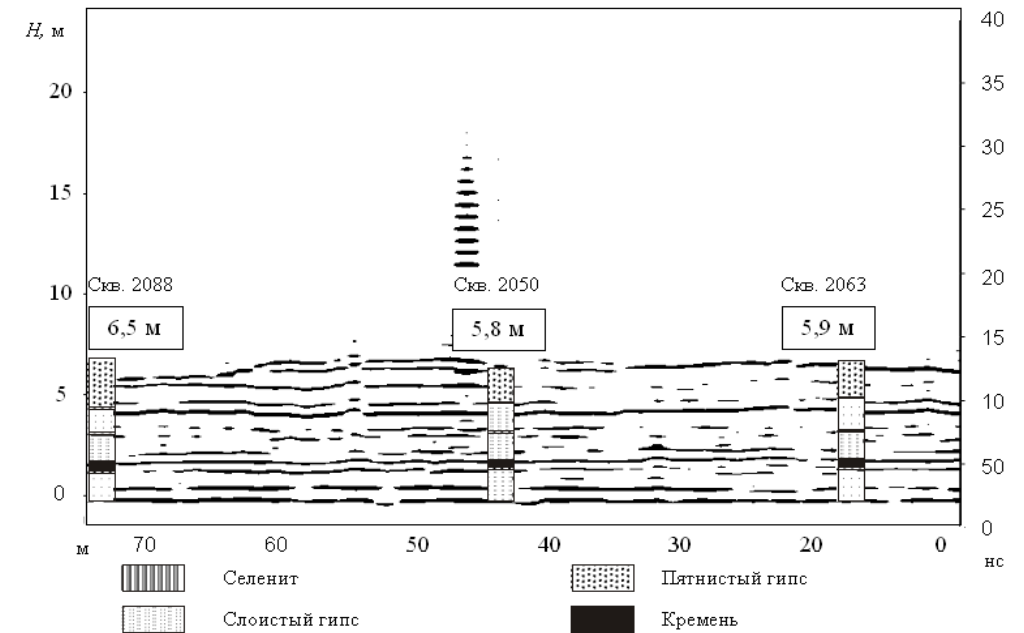
Рис. 2. АБ-150. Измерения в кровле на участке протяженностью 75 м

ваются отражающие границы на глубинах около 1,5 м, 4,0 м, 6,0 м. Глубина последней границы по длине профиля меняется. На радарограмму нанесены данные по литологии, полученные в процессе бурения скважин на воду. Граница на глубине 1,5 м согласуется со слоем

Сква. 2088
6,5 м

Сква. 2050
5,8 м

Сква. 2063
5,9 м



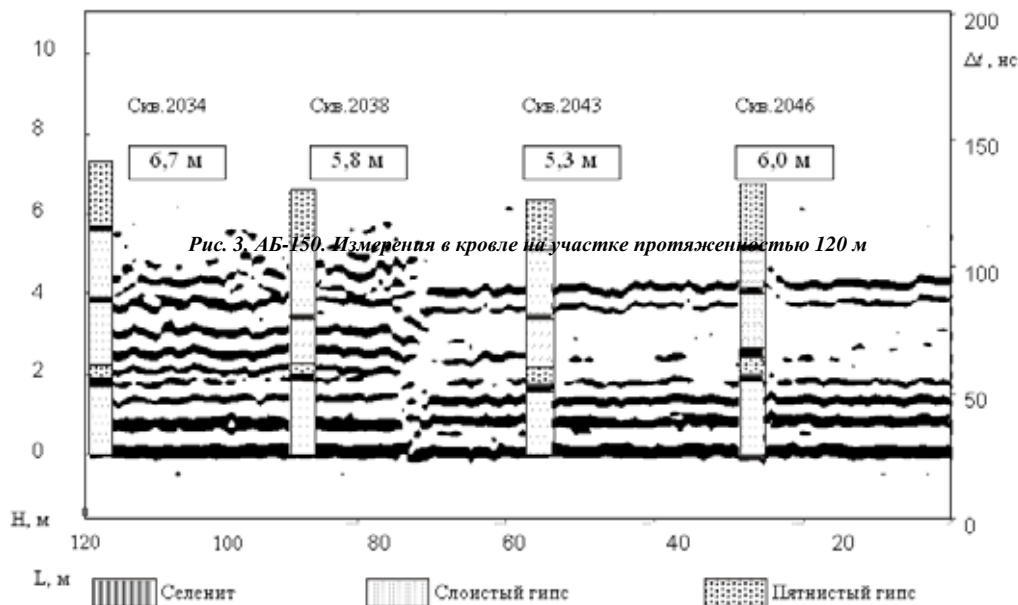


Рис. 3. АБ-150. Измерения в кровле на участке протяженностью 120 м

кремня, граница на глубине 4,0 м – с переходом от слоистого к пятнистому гипсу через селенит. Выше последней границы раздела на глубине около 6,0 м наблюдается резкое затухание сигнала, что может быть интерпретировано как начало обводненной зоны. Заметим, что при публикации печать изображений без оттенков не позволяет визуально отчетливо проследить указанные границы, как в оригинале.

Следует заметить, что при бурении контрольных скважин контакт с водоносным горизонтом может проявлять себя различным образом. В некоторых случаях появление воды отмечается незначительным притоком, когда вода начинает капать по каплям. В других случаях достижение водоносного горизонта отмечается резким прорывом воды в шпур и выходом в виде мощной струи. Различие таких контактов проявляет себя и на радарограмме, когда наблюдается расхождение глубин границ, наблюдаемых по радарограмме и по результатам бурения скважины, как, например, на скважине 2088, по данным которой глубина составляет 6,5 м, а по данным георадара – 5,5 м.

На рис. 3 представлены результаты измерения в кровле на участке протяженностью 120 м с АБ-150. Здесь при координатах профиля от 0 до 75 м, как и в предыдущем случае, просле-

живаются границы на глубинах около 1,5 и 4,0 м. При координатах от 75 до 120 м наблюдается изменение строения пород. Также как и в предыдущем случае, расстояния до водоносного горизонта, полученные бурением скважин, и расстояния до зоны резкого снижения сигнала георадара близки друг другу. Так, например, большее расстояние на скважине 2046 по сравнению со скважиной 2043 соответствует увеличению расстояния до границы на радарограмме. Большая глубина на скважине 2034 соответствует большему расстоянию до границы зоны распространения сигнала по радарограмме.

Следует также отметить различный характер изображений на радарограмме по длине профиля. Так, например, при значениях координаты от 0 до 70 м прослеживается более четкий контакт, чем при значениях координаты 100-120 м. Это обусловлено различием перехода от гипсового целика к водоносному горизонту, который может быть представлен как глинами, так и доломитами и мергелями, что обуславливает более резкую или более плавную границу.

Проведение измерений мощности охранного целика в кровле камеры

Участок выбирался в забое, разрабатываемом потолкоуступной системой. Протяжен-

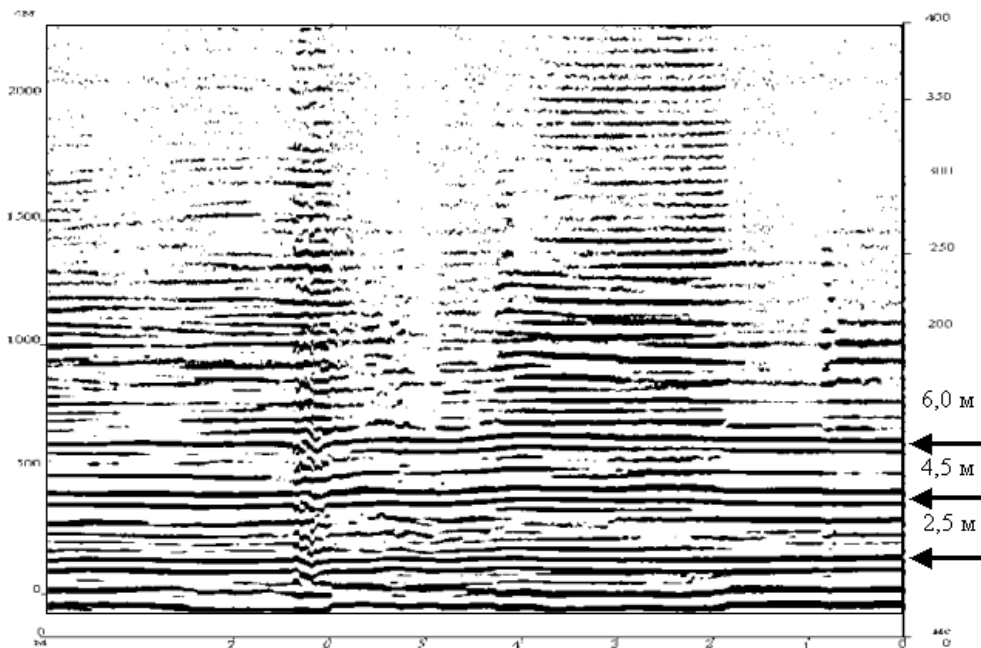


Рис. 4. Измерения в камере 33 панели 5а по высокому потолку, съемка поперек камеры, режим непрерывный, развертка 400 нс

ность кровли первого уступа не менее 30 м. В камере производились серии измерений антенными блоками АБ-150 в непрерывном режиме регистрации по профилям поперек и вдоль камеры. Измерения производились с автолюлькой с соблюдением необходимых мер безопасности. При обработке строились оба профиля сигнала, которые затем сопоставлялись между собой.

Длина каждого профиля 10 м. Сразу же следует отметить, что точечные съемки профилей при такой длине ввиду малого числа измерений не дают четкой картины, поэтому применялись измерения в непрерывном режиме, когда зондирующие импульсы посылаются автоматически с частотой 20-50 кГц. Антенные блоки при этом устанавливаются на люльке и за счет ее плавного поворота перемещаются по профилю непрерывно. Измерения производились в двух камерах. В камере 33 панели 5а высокий потолок 11 м, низкий потолок – 6,5 м. В камере 2 панели 9 высокий потолок 9 м, низкий потолок – 6,5 м.

Интерпретация радарограмм затруднена большим количеством горизонтальных линий,

что обусловлено сильными отражениями от контактов между отдельными разновидностями пород.

Измерения в камере 33 панели 5а. Мощност уступа здесь 4,5 м, при толщине защитного целика 6,0 м граница водоносного горизонта должна находиться на глубине 10,5 м. Проанализируем полученные радарограммы.

На рис. 4 представлены результаты измерений в камере 33 панели 5а по высокому потолку, съемка поперек камеры, режим непрерывный, вправо (файл 153_002) развертка 400 нс.

Общий вывод – незначительное затухание, позволяющее распространиться сигналу до глубин 15 и более метров. Имеются отдельные области (как, например, на расстояниях около 2 и 4 метров по профилю), где наблюдается повышенное затухание радиоволн на глубинах около 6 и более метров. Отсюда можно сделать вывод, что нахождение водоносного горизонта на глубинах менее 6 м маловероятно. Границы выделить очень трудно, однако видно, что отражение наблюдается на глубинах 3-4 м, 6,0 м и 9,0 м. Это с некоторыми погрешностями со-

ответствует значениям, полученным по низкой кровле (15 м и 10 м).

Прослеживаются границы на глубинах 2,0 м, 4,5 м и 6,0 м. Граница 6,0 м может быть интерпретирована как граница водоносного горизонта, что подтверждается наличием областей сильного затухания на этой глубине в диапазоне координат по профилю 1-2 м... 4-6 м. Участок 2-4 м характеризуется меньшим затуханием, глубина зондирования здесь превышает 15 м. Меньшим затуханием обладает также участок 6-10 м.

Анализ результатов

Как видно из полученных результатов, метод георадара при определении расстояния до границы водоносного горизонта в условиях Новомосковского гипсового рудника показал свою работоспособность, оперативность. Однако его внедрение может затрудняться сложностью интерпретации результатов. Причиной в первую очередь является слоистое строение массива пород, создающее большое количество отражений, которые, накладываясь друг на друга, создают невозможность четкой интерпретации и выделение границ раздела различных областей.

Затруднение интерпретации также обусловлено значительными изменениями свойств пород, строения и содержания воды по пространству (камера 2 панели 9 и камера 33 панели 5а).

Измерение с георадарами осуществлено в различных частотных диапазонах – при средних частотах 150 МГц и 400 МГц. Последнее значение дает хорошую разрешающую способность, позволяющую осуществить более надежную интерпретацию результатов, однако глубинность измерений при этом недостаточна. Значение 150 МГц обеспечивает требуемую глубинность, но недостаточная разрешающая способность скрадывает неоднородности раз-

мером менее 0,3 м, что отрицательно сказывается на достоверности интерпретации. Измерения с антенным блоком АБ-250 со средней частотой 250 МГц может улучшить разрешающую способность, а на глубину зондирования повлияет незначительно.

Резкое увеличение затухания электромагнитных волн при наличии водоносного горизонта является хорошим признаком, позволяющим отследить границу раздела. Однако для реализации этой возможности следует отработать методику обработки измеренных результатов, позволяющую получать соответствующие изображения по профилейным линиям.

Выводы

В результате проведенных исследований доказана возможность и целесообразность решения задачи определения толщины защитного рудного целика методом георадара; метод обеспечивает необходимую оперативность проведения измерений, согласуется с технологией добычи полезного ископаемого, в то же время ввиду разнообразия условий его применение потребует разработки специальных методик измерения, обработки результатов и интерпретации, учитывающих слоистое строение массива пород и особенности его электрических свойств.

Установлено, что в условиях Новомосковского гипсового рудника георадары со средней частотой 150 МГц обеспечивают глубинность до 10-12 м; на участках с меньшим затуханием указанная величина может достигать до 14-16 м. В то же время разрешающая способность этой группы георадаров недостаточна для надежной интерпретации результатов. Георадары со средней частотой 400 МГц дают более детальную картину за счет более высокой разрешающей способности, однако гарантированная глубинность в данных условиях не превышает 4-6 м.

Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам ОАО «КНАУФ ГИПС НОВОМОСКОВСК» г-ну Э. Добмайеру, техническому директору Л.А. Третьякову, директору шахты Е.Н. Коновалову, гл. геологу Н.П. Панчукову, а также всем сотрудникам, принимавшим участие в работах, за хорошую организацию и помощь при проведении натурных измерений. Авторы выражают благодарность также и сотрудникам НИИ приборостроения им. В.В. Тихомирова гл. констр. Н.П. Семейкину, В.В. Помозову, О.В. Минаеву за предоставленные георадары «ОКО» и участие в измерениях.

Коротко об авторах

Вознесенский Александр Сергеевич – профессор, доктор технических наук,
Набатов Владимир Вячеславович – аспирант,
Московский государственный горный университет.