

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАЖЕННОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ КАРСТОВЫХ ПОЛОСТЕЙ

**О.В. Макаровский**

Инженерный факультет

Российский университет дружбы народов

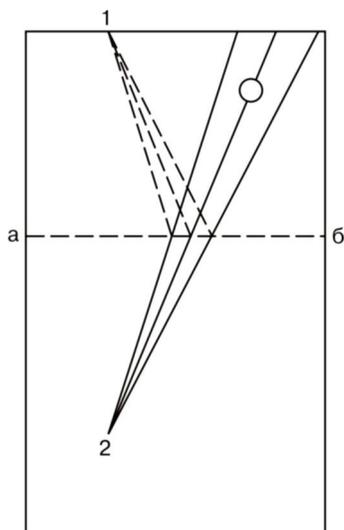
*ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419*

Аварии сооружений в Москве над карстовыми полостями вызвали необходимость обнаруживать их с помощью геофизики. Методом фотоупругости моделировались и изучались динамические и кинематические аномалии на участках годографов отраженной волны в зоны тени над полостью, вызванные рефракцией и дифракцией. Построены годографы волны, изучен сложный характер связи диаметра полости и глубины ее положения с запаздыванием годографа и изменении ее амплитуды волны в зоне тени. Сложность этой связи вызвана тем, что преувеличении диаметра полости вклад рефракции растет, а вклад дифракции падает.

Проблема обнаружения карстовых полостей возникла после аварий в Москве, когда в домах появлялись трещины, грозившие безопасности их обитателям. Для совершенствования возможностей сейсморазведки при обнаружении таких полостей было выполнено моделирование на моделях методом фотоупругости с применением скоростной съемки. Для исключения помехи, которой могла стать прямая волна от источника, последний располагался в точке «мнимого» источника (рис. 1).

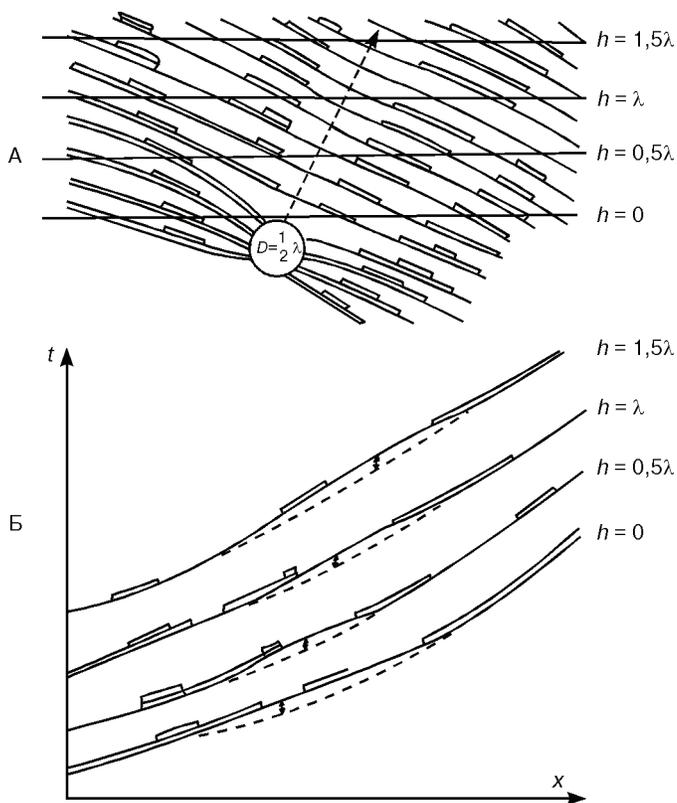
Моделировалось прохождение упругой волны через полости диаметрами, равными  $0,5\lambda$  этой волны,  $\lambda$  и  $2\lambda$  на глубинах их расположения от верхней кромки полости до дневной поверхности, равных  $0$ ;  $0,5\lambda$ ;  $\lambda$ ;  $1,5\lambda$  и  $2\lambda$ . При этом явления рефракции и дифракции, вызванные полостью, создавали динамические и кинематические аномалии годографа волны с экстремумами вдоль линии, проходящей через центр полости и источник. Аномалии формируются в зоне тени за полостью и заключаются в росте времени прихода волны и уменьшении ее амплитуды, особенно около середины этой зоны и появлении максимумов амплитуды волны по обе стороны от ее минимумов.

Метод фотоупругости позволял регистрировать положения фронтов волны через равные промежутки времени и изменения амплитуды волны вдоль этих фронтов (рис. 2А, 3А и 4А). Величина амплитуды изображена на участках фронтов в виде ряда точек в случае, если амплитуда меньше одной условной единицы; сплошной линией, если она находится в пределах от 1 до 2 таких единиц; двойной линией, если она находится в пределах от 2 до 3 единиц и тройной линией, если эти пределы от 3 до 4 единиц.



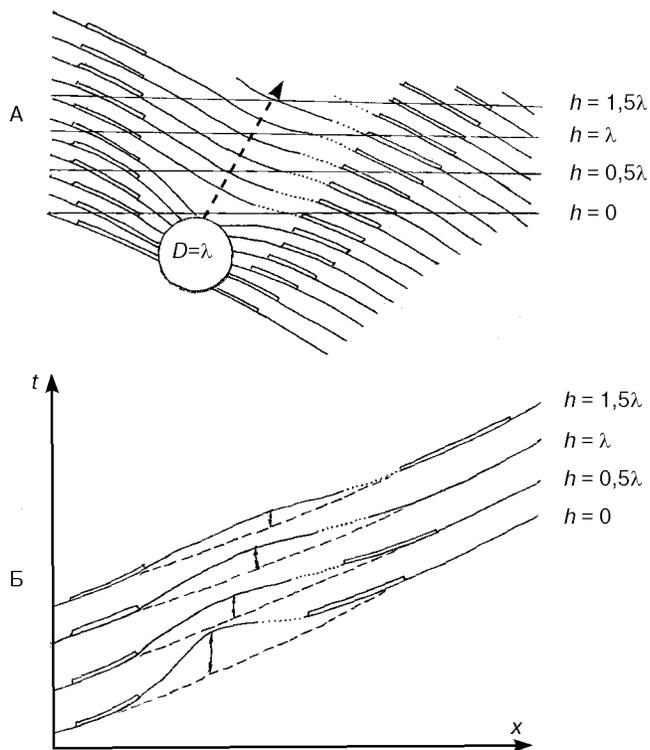
**Рис. 1.** Модель разреза с полостью

Показано положение «мнимого» источника 2, имеющегося на модели, и соответствующего ему источника 1, от которого были бы получены такие же лучи отраженной волны от границы аб

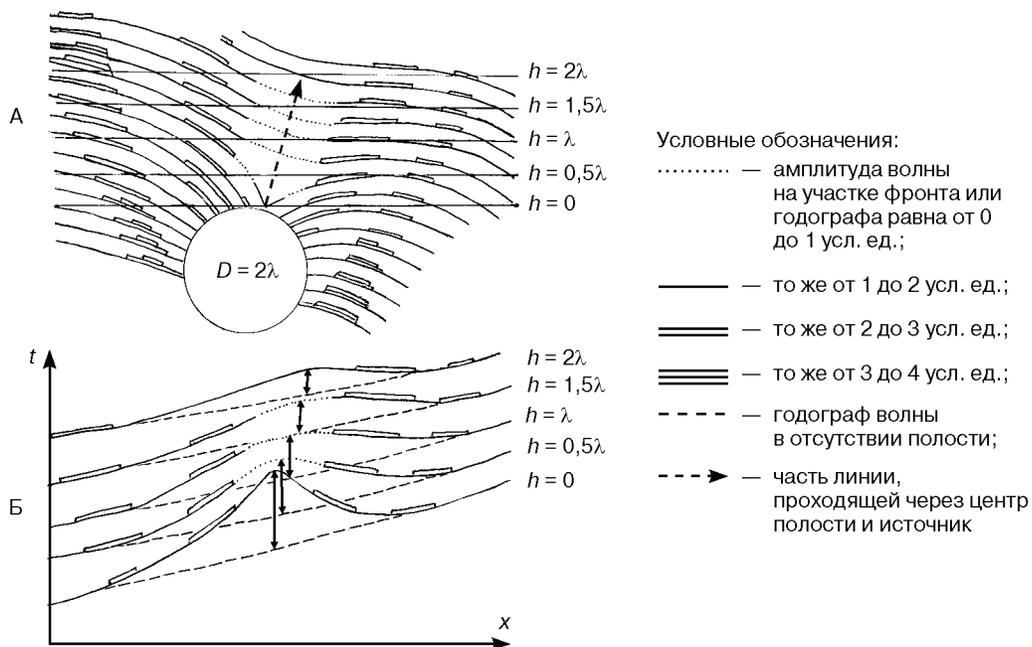


**Рис. 2.** Фронты А волны и ее годографы Б при глубинах расположения полости диаметром  $D = 0,5\lambda$ , равных  $0; 0,5\lambda; \lambda; 1,5\lambda$ .

Условные обозначения см. на рис. 4



**Рис. 3.** Фронты А волны и ее годографы Б при глубинах расположения полости диаметром  $D = \lambda$ , равных  $0; 0,5\lambda; \lambda; 1,5\lambda$ .  
Условные обозначения см. на рис. 4



**Рис. 4.** Фронты А волны и ее годографы Б при глубинах расположения полости диаметром  $D = 2\lambda$ , равных  $0; 0,5\lambda; \lambda; 1,5\lambda, 2\lambda$ .

По фронтам волны, огибающей полости, построены ее годографы для расстояний от верхней точки полости до дневной поверхности, равных  $0, 0,5\lambda; \lambda; 1,5\lambda; 2\lambda$ . Можно видеть искривления годографов вблизи зоны тени и изменения амплитуды волны вдоль них (рис. 2Б, 3Б, 4Б).

С приближением диаметра полости к размеру равному  $2\lambda$ , роль дифракции в формировании кинематических и динамических аномалий растет, а роль рефракции падает. Характер аномальных зон при этом меняется не монотонно. Однако наличие этих аномалий и связь их характера с размером и глубиной расположения полости дает возможность обнаруживать их и приблизительно оценивать эти величины.

Выбранные диаметры полостей и глубин их залегания не исчерпывают всего диапазона возможных реальных величин, но при еще меньших размерах полостей они вряд ли представляют опасность, а полости, расположенные на больших глубинах, могут представлять опасность при их размерах, больших чем  $2\lambda$  и они легко могут быть обнаружены по аномалиям, аналогичным зарегистрированным на моделях.

В реальных условиях можно воспользоваться отраженной волной от опорного горизонта. Для выделения аномалий на фоне помех различной природы, типичных для городов, можно зарегистрировать несколько пар встречных годографов с различными положениями источников, а затем выполнить статистическую обработку этих данных для подавления помех.

## **ABOUT THE POSSIBILITY OF USING REFLECTED WAVES FOR DETECTION OF KARST CAVITIES**

**O.V. Makarovsky**

Engineering faculty  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419*

Accidents with buildings in Moscow above karst cavities created caused necessity to detect them with the help of geophysics. The dynamic and kinematic anomalies were simulated and surveyed with the method of photoplastic on the interval of reflection wave's T—D curves. These anomalies were situated in the shadow zone above the karst cavities and created by refraction (enveloping) and diffraction. Wave's T—D curves were built and the complying composite of coupling of diameter cavities and the depth of it's orientation with the time delay of T—D curves and changing of wave's amplitude in the shadow zone. The compositing of this coupling is that if the cavities diameter enlarges, the effect of refraction increases, but the effect of diffraction (enveloping) decreases.