

Władysław KULIG

Adolf MIKOŁAJCZAK

Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych

Warszawa

NOWA TECHNIKA BEZDYNAMITOWEGO WZBUDZANIA DRGAŃ SEJSMICZNYCH
DO ROZPOZNAWANIA UTWORÓW KARBONU

Streszczenie. Wzbudzenie drgań w sejsmice refleksyjnej przy użyciu MW w otworach strzałowych jest w niektórych rejonach niekorzystne dla środowiska naturalnego, powodując zakłócenia w reżimie wód gruntowych. Do takich rejonów należy m.in. Lubelszczyzna.

W celu wyeliminowania szkód hydrogeologicznych przy poszukiwaniach i rozpoznawaniu złóż węgla kamiennych - zastosowano w badaniach sejsmicznych w tym rejonie, zakupiony w ZSRR zestaw generatorów drgań do powierzchniowego wzbudzenia typu GSK - 6M wraz z aparaturą sejsmiczną typu PROGRESS-WS. Generatory drgań pracują na zasadzie detonacji mieszanek tleno-benzynowych w specjalnych komorach, zamontowanych na jednostce transportowej typu URAL.

Po przeprowadzonych w roku 1986 wstępnych próbach wyposażono w omawiany sprzęt jeden Zespół Sejsmiczny i od czerwca 1987 r. zaczęto prowadzić badania na skalę przemysłową.

Uzyskane wyniki badań przy użyciu powierzchniowych generatorów drgań sejsmicznych są porównywalne ze wzbudzeniem dynamitowym. Metoda ta może więc być z powodzeniem wykorzystana do prowadzenia sejsmicznych prac refleksyjnych w celu rozpoznawania m.in. utworów karbońskich w rejonach zagrożonych szkodami hydrogeologicznymi, a także budowlanymi.

WSTĘP

Podstawowym źródłem wzbudzenia drgań sejsmicznych w prospekcyjnych badaniach refleksyjnych (metoda fal odbitych) jest dynamit lub inny, o podobnych własnościach, materiał wybuchowy. Materiał jest umieszczany w specjalnie wierconych otworach, na głębokości przeważnie 12-30 m. Wielkość ładunku MW zależy od czułości aparatów pomiarowych, rejestrujących powstające fale i od zasięgu głębokościowego badań.

Jest oczywiste, że taki sposób wzbudzenia fal sejsmicznych jest w niektórych rejonach niekorzystny dla środowiska. Ma to miejsce zwłaszcza wówczas, gdy wiercenie otworów i detonowanie w nich ładunków MW powoduje uszkodzenie warstw wodonośnych, a tym samym różnego typu zakłócenia w reżimie wód gruntowych czy zawieszonych. Ta sytuacja, jak również możliwość wystąpienia po pracach strzałowych w sejsmice szkód budowlanych, skłoniła do poszukiwania innych w miejsce dynamitu, efektywnych źródeł wzbudzenia drgań.

Pierwszym niewybuchowym źródłem był udarowy "tamper" (spadający ciężar), zastosowany w roku 1953 [1]. Następnie powstały inne sposoby powierzchniowego wzbudzenia drgań, z których największe zastosowanie w sejsmice poszukiwawczej znalazła metoda Vibroseis [2]. Polega ona na generowaniu, przy użyciu różnego typu wibratorów, ciągłego o określonej długości sygnału sejsmicznego, charakteryzującego się zmienną częstotliwością, do ośrodka skalnego. W celu uzyskania normalnego sejsmogramu z zarejestrowanego zapisu (vibrogramu) trzeba zastosować funkcję autokorelacji za pomocą specjalnego korelatora.

Innym sposobem wzbudzenia powierzchniowego jest metoda dinoseis, polegająca na wywołaniu sygnału impulsowego poprzez detonację mieszanki propanu z tlenem wewnątrz specjalnej komory. Metoda ta opracowana została w Kompanii "Sinclair oil and gas" w latach 1962-65, lecz była stosowana na niewielką skalę [1].

W ramach współpracy polsko-radzieckiej w zakresie doskonalenia wzbudzenia fal sejsmicznych uzgodniono wykonanie na terenie PRL cyklu badań doświadczalnych, z wykorzystaniem impulsowych generatorów drgań typu GSK-6M produkcji radzieckiej. Pierwsze prace wykonano na Lubelszczyźnie, gdzie od dawna istniał problem wzbudzenia fal sejsmicznych metodą dynamitową, z uwagi na występujące po pracach zaniki wód w studniach i szkody budowlane.

1. IMPULSOWE ŹRÓDŁO - TYP GSK-6M I APARATURA PROGRESS-WS

Pojedynczy generator drgań typu GSK-6M przedstawiono na rys. 1. Urządzenie zamontowane jest na samochodzie terenowym typu URAL. Za kabiną kierowcy umieszczone są 2 komory, które przed rozpoczęciem pracy na PS (punkt strażowy) są opuszczane dla uzyskania lepszego kontaktu na ziemię. Na platformie samochodu znajdują się butle z tlenem, zbiornik na benzynę, zestaw mieszalników i dozowników oraz aparatura kontrolna. W kabinie kierowcy - operatora zamontowane są urządzenia do sterowania automatyczną pracą generatora, a także do współpracy z sejsmiczną aparaturą rejestrującą.

Wzbudzenie energii następuje w wyniku spalania i detonacji w komorach mieszanki tlenu z niewielką ilością etyliny. W przypadku użycia kilku generatorów - pracują one w systemie synchronicznym, na sygnał startu z aparatury sejsmicznej.

2. WŁAŚCIWOŚCI WZBUDZANIA POWIERZCHNIOWEGO

Niekorzystną stroną wzbudzenia powierzchniowego generatorem impulsowym GSK-6M w porównaniu do wzbudzenia drgań dynamitem w otworach jest - ogólnie biorąc - niższy stosunek sygnał/zakłócenie przy tym pierwszym sposobie. Te niedogodność likwiduje się w znacznym stopniu przez kilkakrotne wzbudzenie energii w tym samym miejscu i tzw. pionowe sumowanie (dodanie w fazie).



Rys. 1. Generator drgań sejsmicznych typ GSK-6M

Fig. 1. GSK-6M Seismic Signals Generator

W wyniku tego sumowania następuje wzmocnienie fal regularnych, w tym refleksyjnych i znaczne osłabienie zakłóceń nieregularnych (głównie mikro-sejsm).

Intensywność wzbudzanych fal przy użyciu generatorów GSK-6M zależy w pierwszym rzędzie od wielkości energii działającej na grunt, a powstałej w wyniku pionowego uderzenia tulei komór wybuchowych oraz od rodzaju utworów na powierzchni, w miejscu wzbudzania. Energia wybuchu mieszanki gazowej zależy od rodzaju stosowanego generatora. Pojedynczy GSK-6M daje energię - z 2 komór łącznie - 80 000 - 100 000 J.

Przy wzbudzaniu impulsowym źródłem powierzchniowym obserwuje się znaczne różnice między amplitudami drgań wzbudzonych pierwszym (A_1) a drugim generowaniem energii w tym samym miejscu (A_2). Stosunek A_2/A_1 może osiągnąć wartość 1,4-1,6 [3]. Różnice pomiędzy wzbudzaniem drugim a dalszymi są znacznie mniejsze. Wynika to z faktu, że utwory powierzchniowe są przeważnie mało zwięzłe, zwietrzałe itp. Dlatego przed roboczym wzbudzaniem energii należy dokonać utwardzenia gruntu przez uderzenie wstępne, nie rejestrowane, celem podwyższenia jego progu sprężystości. Z uwagi zaś na bezpośredni związek pomiędzy sprężystością utworów na powierzchni ziemi, w miejscu wzbudzania energii, a intensywnością powstałych fal, istotną sprawą jest, aby z kolei nie przekraczać progu sprężystości gruntu, po którym następuje

jego deformacja i osłabienie intensywności wzbudzonych drgań. Dopuszczalna ilość wzbudzeń w jednym miejscu (punkcie) zależy od struktury utworów na powierzchni, ich składu mineralnego, wilgotności itp. Dla większości utworów nie przekracza 5-8 wzbudzeń [3]. W przypadku potrzeby wykonania większej ilości wzbudzeń lub gdy na powierzchni występują utwory torfiaste, bagniste itp. należy przestawić urządzenie o 1-2 m.

3. PRZEPROWADZONE BADANIA POŁOWE Z UŻYCIEM GSK-6M

3.1. Prace doświadczalno-metodyczne

Prace te wykonano w roku 1986 w kilku rejonach Lubelszczyzny, różniących się warunkami sejsmogeologicznymi i powierzchniowymi (rys. 2). Prace w re-



Rys. 2. Lokalizacja prac sejsmicznych 19-II-86 - profil sejsmiczny
Fig. 2. Localization of the seismic investigation 19-II-86 seismic line

jonie Chełma zaprojektowano dokładnie wzdłuż profili sejsmicznych, wykonanych wcześniej przy wzbudzaniu dynamitem. Chodziło o porównanie otrzymanych dwoma sposobami wzbudzania wyników badań, w celu oceny przydatności źródeł impulsowych i ewentualnej możliwości wyeliminowania z prac sejsmicznych tradycyjnego sposobu generacji drgań za pomocą dynamitu. Metodyka prac pomiarowych, to znaczy geometria rozstawu, ilość grupowanych geofonów, krotkość profilowań, była identyczna w obu sposobach wzbudzania drgań. Przed właściwymi pracami na profilu sejsmicznym wykonano pomiar obrazu falowego, w celu uzyskania charakterystyki dynamicznej i kinematycznej fal wzbudzonych na powierzchni, a następnie określenie takich parametrów jak: wielkość ofsetu, bazy grupowania GSK, ilości grupowanych generatorów itp.

Pomiar obrazu falowego wykonano przy stałym rozstawie, przesuując punkty wzbudzania w ten sposób, aby uzyskać hodograf rozwinięty o długości 2,8 km. Odległości między kanałami wynosiły 10 m, grupowano 6 geofonów prostopadle do profilu.

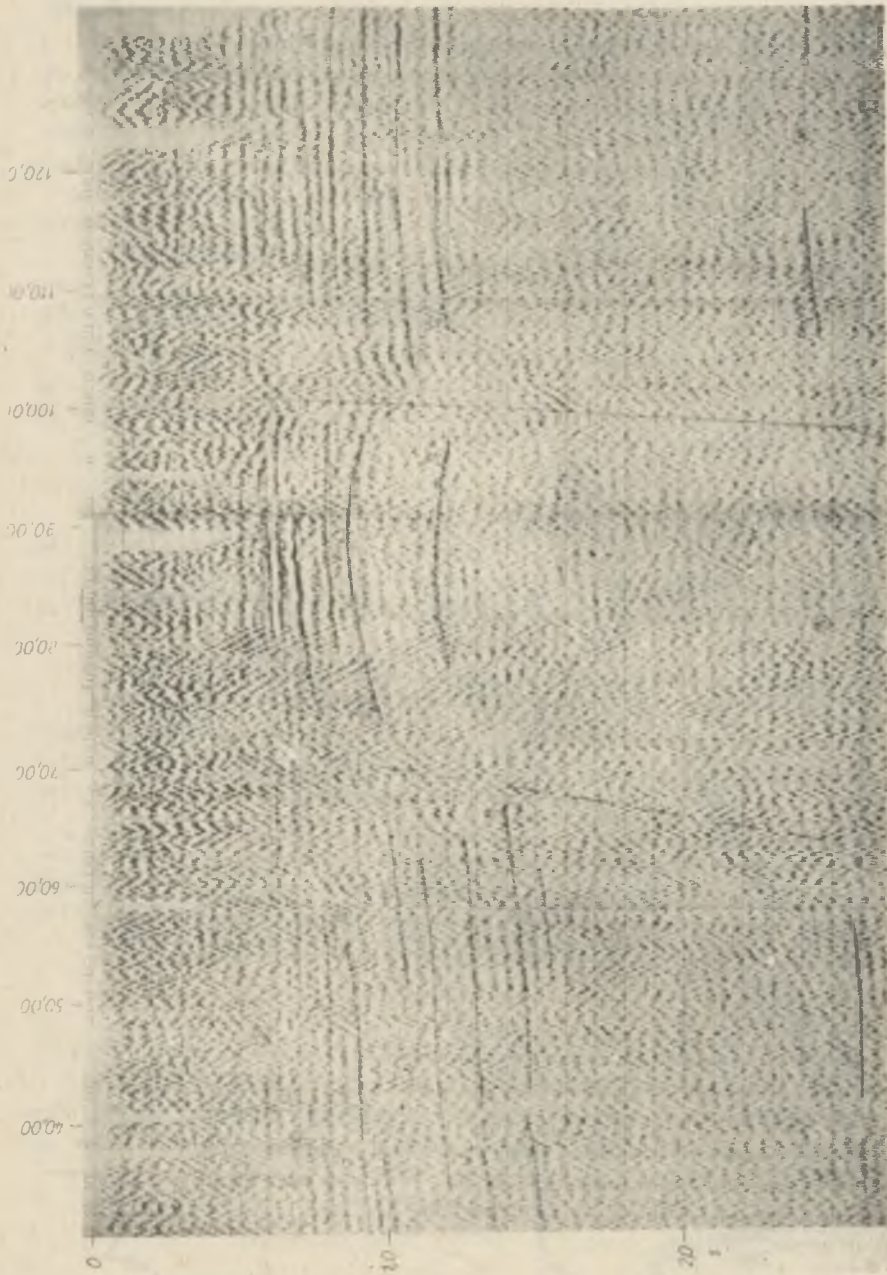
Opracowany obraz falowy pozwolił na stwierdzenie występowania w rejonie badań następujących fal.

Zakłócenia regularne

- Fale powierzchniowe o $v^x = 300-600$ m/s, rejestrują się w pobliżu PS (do 500-700 m). Podstawowa energia tych fal występuje w paśmie 8,12-14 Hz. W pobliżu PS przewyższają one poziom fal użytecznych o 25-60 dB. Zastosowanie filtru zapisu od 14 Hz osłabia je znacznie.
- Fale załamane - rejestrują się począwszy od PS w pierwszych i dalszych wstąpieniach z prędkościami pozornymi $v^x = 1600, 2200-3000, 4500$ m/s i w szerokim paśmie częstotliwości - 15-60 Hz. Fale te w dalszych wstąpieniach, w miarę oddalania się od PS stanowią istotne zakłócenia dla fal użytecznych w przedziale 1,0-1,2 s, gdyż cechują się większą od nich intensywnością.
- Fale krotne odbito-załamane - rejestrują się na całym zapisie, z wyjątkiem przedziału występowania fal powierzchniowych, mając v^x rzędu 1600-4500 m/s i częstotliwości 6,10-30,35 Hz. Fale te stanowią podstawowe tło fal zakłócających dla fal refleksyjnych na czasach powyżej 1,3 s.

Fale użyteczne

- Fale odbite rejestrują się fragmentarycznie, zakłócone są w pobliżu PS - falami załamanymi (dalsze wstąpienia) i krotnymi odbito-załamanymi. Przy czasach $> 1,5-2,0$ s intensywność fal odbitych znacznie się zmniejsza osiągając poziom mikrosejsm. Pozorne prędkości tych fal wynoszą od α do 5000 m/s, częstotliwości 8,12-50,60 Hz. Maksimum energii wypada w przedziale 18-22 Hz.



Rys. 3. Czasowy przekrój sejsmiczny profilu 31 - wzbudzenie dynamitem w otworach

Fig. 3. Time section of the seismic line No 31 - seismic signals generated using dynamite detonation in shoot holes

Opierając się na wynikach obrazu falowego oraz na przeprowadzonych pracach doświadczalnych na profilu refleksyjnym, wyciągnięto następujące wnioski:

- prace z użyciem GSK-6M należy prowadzić metodą wielokrotnych profilowań, przy rzędzie pokrycia nie mniejszym od 12-24;
- stosować grupowanie generatorów GSK-6M i co najmniej 24 geofonów;
- odsuwać punkt wzbudzania (PS) poza strefę maksymalnego rozwoju fal powierzchniowych;
- stosować kilkakrotne wzbudzanie na PS, w zależności od poziomu mikro-sejsm;
- włączać filtr górnoprzepustowy (od 14 Hz) przy zapisie sygnałów przez aparaturę sejsmiczną;
- opracowanie materiałów polowych prowadzi na komputerze, z wykorzystaniem procedur zapewniających podwyższenie stosunku sygnał/zakłócenie, szczególnie we wczesnych etapach opracowania.

Wykorzystując wnioski z prac doświadczalnych, wykonano prace metodyczne na profilach 31, 19 i 3 (rys. 2) o łącznej długości 55,0 km. Polegały one na wykonaniu wzbudzeń z użyciem GSK-6M wzdłuż ww. profili.

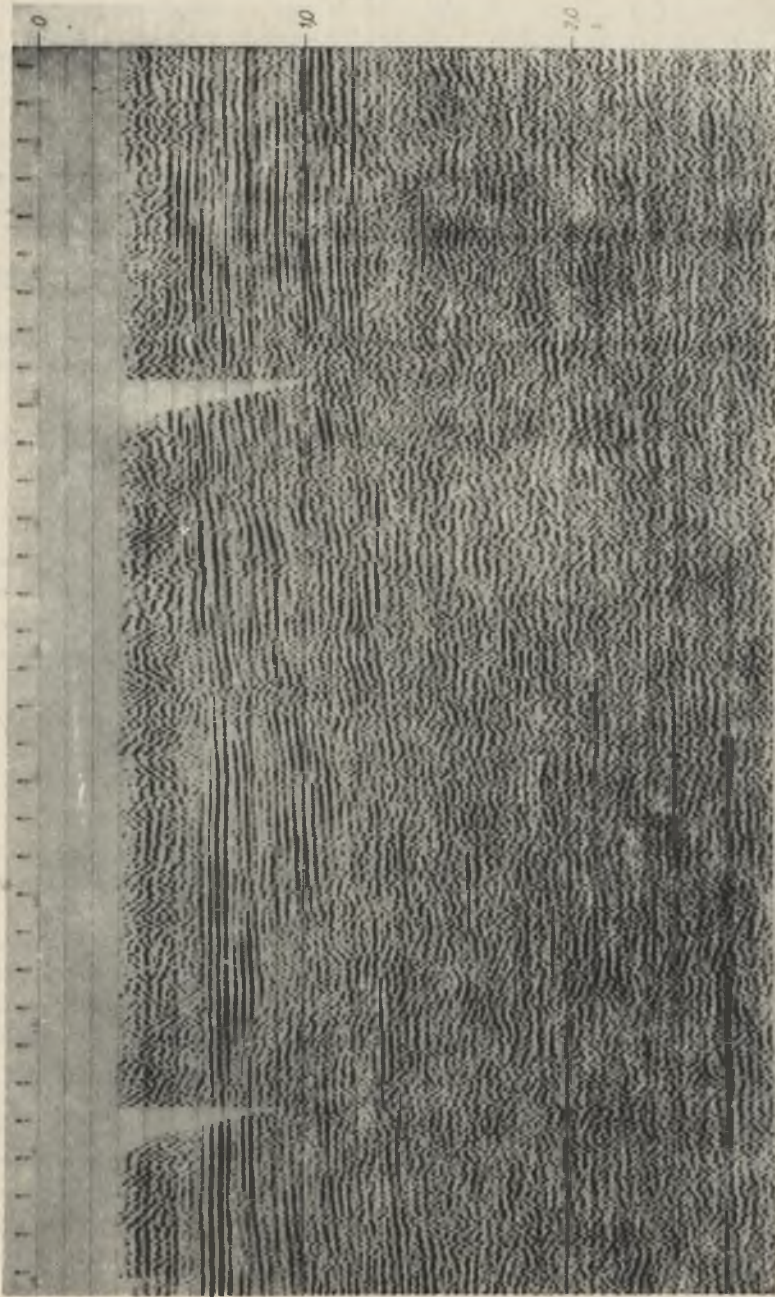
Na rys. 3 i 4 przedstawiono 2 sejsmiczne przekroje czasowe profilu 31, uzyskane metodą tradycyjną tzn. z wykorzystaniem wzbudzania dynamitowego i przy użyciu impulsowych generatorów GSK-6M. Z porównania obydwu przekrojów, a także wyników uzyskanych na profilach 19 i 3 można wyciągnąć wniosek, że wzbudzanie drgań z użyciem źródeł impulsowych daje wyniki porównywalne, a w niektórych partiach przekrojów lepsze od wzbudzania dynamitowego. Wynika to m.in. z możliwości prowadzenia prac również w pobliżu zabudowań, co nie wchodziło w rachubę przy stosowaniu materiałów wybuchowych.

3.2. Prace przemysłowe

Od czerwca 1987 roku Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych wprowadziło wzbudzanie impulsowymi generatorami drgań sejsmicznych do normalnych prac prospekcyjnych.

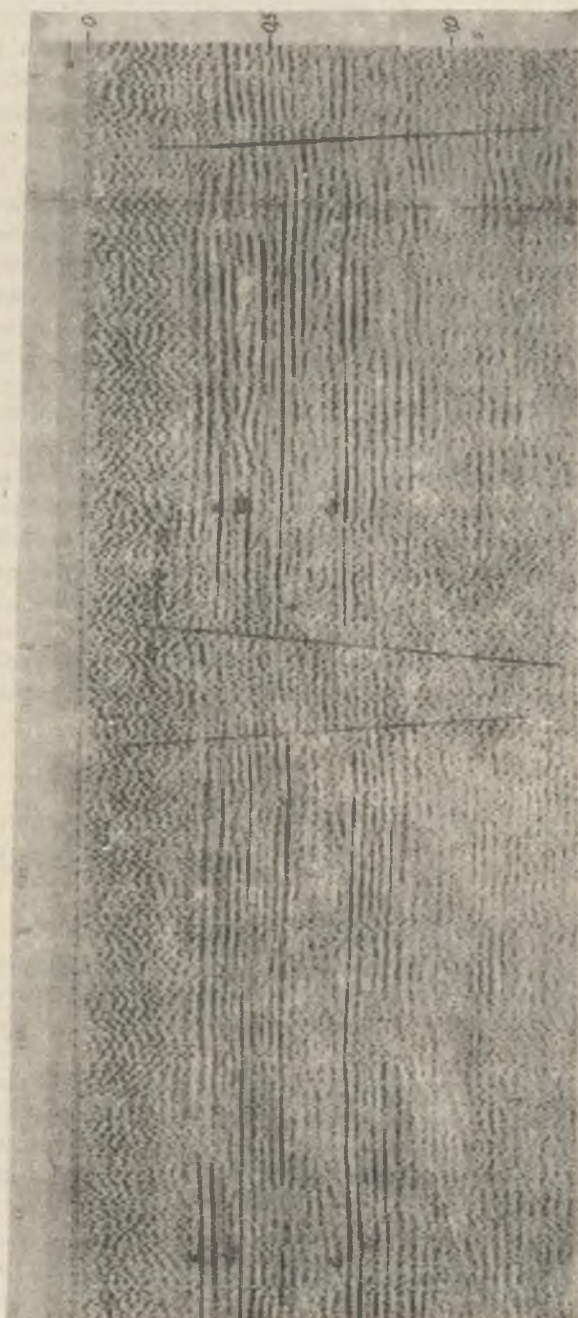
Pierwsze prace wykonano w rejonie Tomaszowa Lubelskiego i Hrubieszowa (rys. 2). W tym ostatnim rejonie celem badań było określenie budowy strukturalno-tektonicznej utworów karbońskich dla potrzeb górnictwa węglowego. Wybranie tego rejonu do prac z zastosowaniem impulsowych generatorów GSK-6M podyktowane było zarówno możliwością uzyskania tu pozytywnych wyników badań nową metodą, jak i koniecznością ochrony środowiska naturalnego. W rejonie tym po pracach sejsmiki dynamitową występowały w poprzednich latach zaniki wód w studniach i szkody budowlane, uciążliwe ze względu na duże koszty społeczne.

Prace polowe wykonano stosując następującą metodykę badań: 12-krotne profilowanie, odległości między kanałami 25 m, rozstaw centralny z oknem w



Rys. 4. Czasowy przekrój sejsmiczny profilu 31 - wzbudzenie generatorami GSK-6M

Fig. 4. Time section of the seismic line No 31 - seismic signals generated using GSK-6M



Rys. 5. Czasowy przekrój sejsmiczny profilu 3-II-87 - wzbudzenie generatorami GSK-6M

K - granica sejsmiczna w kredzie, C_N - granica sejsmiczna w namurze, C_V - granica sejsmiczna w wizenie, / - uskoki

Fig. 5. Time section of the seismic line 3-II-87 - seismic signals generated using GSK-6M

K - seismic boundary in the cretaceous formation, C_N - seismic boundary in the namur, C_V - seismic boundary in the wizen, / - faults

środku o szerokości 300 m, grupowanie 24 geofonów na kanał i grupowanie średnio 3 generatorów GSK-6M na jeden PS. Schemat grupowania źródeł - liniowy, na bazie 50 m. Każdy z generatorów drgań wzbudzał 3-6 razy na jednym PS.

W opisywanym rejonie zaprojektowano siatkę profili sejsmicznych i grawimetrycznych. Na rys. 5 przedstawiono fragment czasowego przekroju sejsmicznego z profilu 3-II-87 (lokalizacja na rys. 2). Widoczna jest na nim wyraźna granica K (kreda) oraz kilka granic z obrębem karbonu (C_n i C_v), jak również strefy uskokowe. Dane te posłużą m.in. do właściwej lokalizacji wierceń rozpoznawczych, które wraz z innymi materiałami geologicznymi i geofizycznymi pozwolą na ocenę perspektyw węglozasobności oraz na przestrzenne rozpoznanie budowy geologicznej tego obszaru.

4. WNIOSKI

Na podstawie dotychczas wykonanych prac metodyczno-doświadczalnych i przemysłowych można wyciągnąć wniosek, że powierzchniowa metoda wzbudzania drgań sejsmicznych impulsowymi generatorami GSK-6M może w pełni zastąpić wzbudzanie dynamitowe. Metoda może być szczególnie przydatna w badaniach sejsmicznych utworów karbońskich, a także ich nadkładu i podłoża, zwłaszcza w rejonach zagrożonych szkodami wodnymi, budowlanymi itp. Z uwagi na swoje właściwości może być szczególnie zalecana do stosowania na obszarach uprzemysłowionych i górniczych (w pobliżu kopalń węgla).

Uzyskiwane wyniki badań przy wzbudzaniu impulsowymi generatorami GSK-6M są analogiczne do otrzymywanych metodą dynamitową, nie stanowiąc przy tym praktycznie żadnego zagrożenia dla środowiska.

LITERATURA

- [1] Sheriff R.F., Geldart L.P.: *Exploration Seismology* (przekład radziecki), Moskwa 1987.
- [2] Krynicki T., Mikołajczak A.: O zastosowaniu techniki Vibroseis w badaniach refleksyjnych. *Biul. Inform. Geofizyka*, 1974.
- [3] Szneron M.B., Majorow W.W., Jermakow B.D. i inni: *Mietodiczeskije rekomendaczi po ispolzowaniju impulsnych, niewzrywnych istocznikow*. Wyc. VNII Geofizika, Moskwa 1977.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Antoni Goszcz

Wpłynęło do redakcji w kwietniu 1988 r.

НОВАЯ ТЕХНИКА НЕВЗРЫВНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КАМЕННО-УГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Р е з ю м е

Возбуждение упругих колебаний по методу отраженных волн с использованием ВВ, взрываемых в скважинах вызывает неблагоприятные последствия для окружающей среды, где нарушается режим грунтовых вод. К таким районам, среди других, относится люблинская область.

С целью элиминирования нарушений гидрогеологических условий района, возникающих при поисках и разведке каменноугольных месторождений - в сейсмических работах внедрено набор генераторов поверхностного возбуждения упругих колебаний сейсмических волн типа ГСК-6М и сейсморазведочную станцию ПРОГРЕСС-ВС производства СССР. Генераторы работают по принципу взрыва смеси кислорода и бензина в специальных камерах, смонтированных на транспортной единице УРАЛ.

После выполнения в 1986 году предварительных опытных работ, одну сейсморазведочную партию оснащено этим оборудованием и с июня 1987 года были начаты в производственном масштабе такого рода работы.

Результаты исследований, полученные с использованием поверхностных генераторов упругих колебаний сейсмических волн, являются сравнимаемыми с результатами, полученными с использованием ВВ. Метод этот может быть с успехом использован для выполнения сейсморазведочных работ по методу отраженных волн для изучения каменноугольных отложений в районах где могут возникать нарушения гидрогеологического режима, а также повреждения строительных объектов.

NEW TECHNIC OF NONEXPLOSIVE GENERATION OF SEISMIC SIGNALS
FOR CARBONIFEROUS DEPOSITS INVESTIGATION

S u m m a r y

Generation of seismic signals using detonation of explosion material in shot holes acts rather in damagable way on the environment, and causes some disturbances in the ground water relations. Such situation exists in the Lublin area.

To eliminate such hydrogeological damages during coal deposits prospecting and investigations using reflection seismic method, set of GSK-6M (made in USSR) vibration generators to surface generation of the seismic signals together with PROGRESS-WS (made in USSR) seismic field system was used.

The vibration generator acts by detonation of a mixture of the oxygen with petrol in a special cell. The whole equipment is installed on the URAL transport unit.

After some preliminary tests in 1986, one seismic crew have been equipped with mentioned set of generation, and since June 1987 it has been applied to the routine seismic investigations.

The result obtained using the surface generators of seismic signals are fully comparable with the results obtained using dynamite as the source of seismic signals. So it can be said, that the new system of seismic signals generation, can be applied to the seismic reflection investigations and prospecting of different deposits, including carboniferous deposits, in areas with high risk to the hydrogeological damages and other building damages as well.