

A szeizmikus sebességszelvényezés szerepe a szeizmikus kutatások komplexumában

GAMBURCEV A. G. — KUZNYECOV V. V. — LAVROV V. SZ. —
SZEVAL'NEV A. B.

A fejlesztés alatt álló vertikális szeizmikus sebességszelvényezési módszer a szeizmikus kutatási komplexum egy részét képezi és lehetővé teszi, hogy információt nyerjünk a közeg felépítéséről és a benne terjedő hullámok fizikai tulajdonságairól. A módszer segítséget nyújt a földfelszíni észlelési rendszerek kiválasztásához is.

Развивающийся в настоящее время метод вертикального сейсмического профилирования является частью комплекса сейсморазведочных исследований и позволяет получать информацию о строении среды и о физических свойствах распространяющихся в ней волн. Метод позволяет обосновать выбор систем наземных наблюдений.

Die sich im Entwicklung befindende vertikale seismische Geschwindigkeitsprofilier-Methode ist ein Teil des seismischen Erkundungskomplexes und sie ermöglicht eine Informationsgewinnung vom Aufbau des Mediums und von den physikalischen Eigenschaften der sich in ihm verbreitenden Wellen. Die Methode leistet auch Hilfe bei der Auswahl der auf der Oberfläche zu benutzenden Beobachtungssysteme.

A szeizmikus kutatómódszerek továbbfejlesztése és tökéletesítése a reális közegek szerkezetének és a bennük keletkező hullámtereknek részletes tanulmányozására irányul. A közegben keletkező hullámter tanulmányozását lehetővé tevő módszerek egyike a szeizmikus sebességszelvényezés.

A fúrásokban történő szeizmikus észleléseket már régóta alkalmazzák a szeizmikus kutatások gyakorlatában. A legtöbb eljárás azonban csak az első beérkezésekben jelentkező hullámok kinematikai ismérveinek felhasználásán alapszik. A sebességszelvényezési módszer nemcsak az első beérkezéseket, hanem a felvétel további részén regisztrált hullámokat is felhasználja. Ez lehetővé teszi, hogy a hullámteret annak teljes összetételében tanulmányozzuk.

A sebességszelvényezési adatoknak szeizmikus kutatási feladatok megoldására való felhasználására példaként a táblás területeken lapos szerkezetek kutatására felhasznált fúrólyukvizsgálatok hozhatók fel. Ismeretes, hogy táblás területeken a hullámter kialakításában sok különböző típusú hullám vesz részt. Az ilyen területeken a hasznos jel kiemelése a zajból komoly nehézségekbe ütközik. Ennek oka elsősorban az, hogy a vékonyan rétegzett közegekben intenzív, összegződött, többszörösen visszavert hullámok keletkeznek, amelyeknek amplitúdója meghaladja a hasznos jelt. A felszíni észleléseknél az egyszeres reflexiók kijelölésére bonyolult interferenciás rendszereket alkalmaznak. Az ilyen rendszerekhez tartozik a közös mélységpontos módszer (CDP). A CDP módszer határfoka a közeg paramétereinek és a hullámter szerkezetének ismeretétől függ. Az alábbiakban adjuk meg a sebességszelvényezés azon feladatainak meghatározását, amelyek a CDP módszer határfokának növelését célozzák táblás területeken. Ezekhez a feladatokhoz tartozik: 1. a közeg sebességszerkezetének meghatározása; 2. a rétegsorban levő legfontosabb határfelületek reflektáló tulajdonságainak meghatározása, beleértve a rétegsor felső részének szintjeit is, amelyekkel a legintenzívebb többszörös hullámok kialakulása függ össze; 3. a felszíni észleléseknél regisztrált hullámok termé-

szetének meghatározása és rétegtani azonosításuk; 4. szerkezeti megjelenítések; 5. a dinamikai korrekciók meghatározása, amelyeknek ismerete feltétlenül szükséges a CDP-rendszer optimális paramétereinek kiválasztásához; 6. a reflexiók összegezési hatásfokának előjelzése a CDP módszerrel.

Az alábbiakban ismertetendő eredményeket az Orosz táblán végzett méréseknél nyertük. A fúrólyukbeli észleléseket a speciálisan a sebességszelvényezésre kifejlesztett hétműszeres szondával végeztük. A szonda valamennyi műszerének önálló falhoz szorító szerkezete van, ami biztosítja a műszer és a fúrólyukfal közötti megbízható kontaktust. A szondát egyes karottázskábelen bocsátjuk le a fúrásba. A szonda valamennyi műszerében van 1–1 geofon, előerősítő és modulátor. A modulált jelet a kábel továbbítja a felszíni műszerhez. A szóban forgó szonda szerkezete a különböző geofonokból nyert információ egymás utáni továbbításának elvén alapszik, egy csatornán, az impulzusmoduláció idejének felhasználásával.

A sebességszelvényezés szeizmogramjain a beeső és kilépő hullámok terét jelöljük ki és követjük nyomon. A kiértékelésnél mindkét hullámteret felhasználjuk.

A rétegsorban három üledékösszlet van: a felső terrigén összlet, a karbonátos összlet és az alsó terrigén összlet. Az akusztikus lyukszelvényezés azt mutatta, hogy mind a három összlet, de főleg a második és harmadik, vékonyan rétegzett.

A kutatás szempontjából érdekes legfontosabb reflexiók egy vékony rétegsoporttal függenek össze, amelynek fizikai paraméterei eltérnek az alatta települő kőzetekétől. Az említett számítások szerint az e rétegsoportokból eredő reflexiók elég intenzívek és stabilak. Ugyanakkor a felszíni észleléseknél ezeknek a hullámoknak a kijelölése a többszörösök okozta magas zajszint miatt nehéz. A szeizmikus sebességszelvényezési eljárás lehetővé teszi az egyszeres reflexiók kijelölését a közeg belső pontjaiban. Ezáltal lehetővé válik a közeg és a benne terjedő hullámok tulajdonságainak meghatározása.

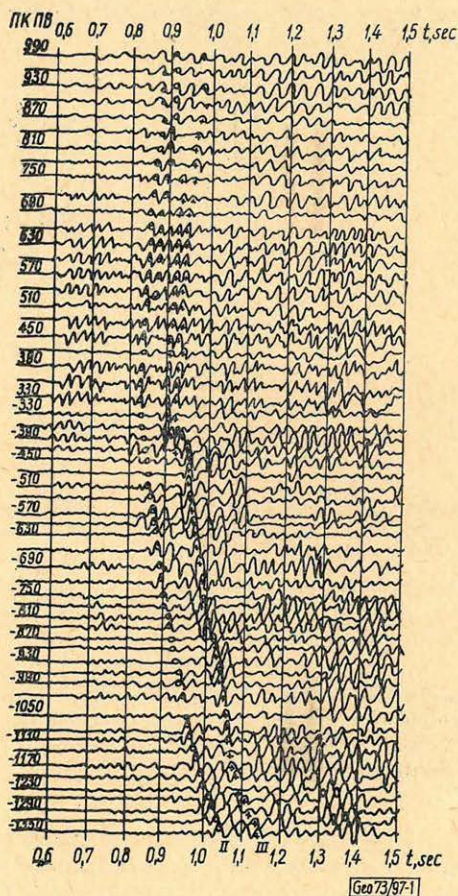
A közeg sebességszerkezetének meghatározása. Ezt a feladatot szeizmikus lyukszelvényezéssel is megoldották. A fúrólyukbeli észlelések adatai alapján a szeizmikus frekvenciákon megkaphattuk a longitudinális hullámok sebességértékeit az akusztikus karottázsnál nagyobb mélységintervallumokban. Ezeket az értékeket használjuk fel a dinamikai korrekciók meghatározására a CDP-adatok felhasználásánál. A későbbi beérkezésekben regisztrált hullámok felhasználásával növelhetjük a sebességszelvény meghatározási pontosságát. A sebességszelvényezésnél regisztrált különböző típusú váltóhullámok lehetővé teszik, hogy a transzverzális hullámok sebességét is meghatározzuk. E sebességek ismerete feltétlenül szükséges a forrástól különböző távolságon regisztrált hullámok elméleti számításához.

A hullámok természetének meghatározása. A sebességszelvényezés adatai alapján általában sikerül kijelölni és azonosítani az egyszeres reflexiókat, mivel a felvételeknek kivonásos eljárással történő feldolgozása után ezek a hullámok gyakorlatilag az első beérkezésekig követhetők nyomon. Viszonylag egyszerű felépítésű közeg esetében ezek a hullámok a földfelszínig követhetők és azonosíthatók a felszíni szelvényeken regisztrált hullámokkal. Ha a hullámok nem követhetők nyomon az egész fúrás mentén, felszínre való kilépésük idejét, normál beesés esetében, úgy határozzuk meg, mint az első beérkezések és az ugyanazon mélységben regisztrált reflexió idejének összegét. Sok esetben megállapítható a beeső longitudinális hullámok természete, mivel legtöbbjük a

kisbességű réteg fekéjével vagy a földfelszínnel függ össze, továbbá a váltóhullámok természete is. Viszonylag egyszerű felépítésű közeg esetében kijelölhetők és azonosíthatók a többszörös kilépő reflexiók is. Az Orosz tábla területén a legtöbb többszörös összegeződött hullám és e hullámtípus meghatározása nehéz elméleti számítások nélkül.

Azon vékony rétegcsoportok reflektáló tulajdonságainak meghatározása, amelyekből a legfontosabb reflexiók jelentkeznek. Fúrólukbeli észleléseknél a reflektáló határfelületek közelében sikerülni szokott az egyszeres reflektált hullámok regisztrálása. Amint az észlelési pont a földfelszín felé közeledik, az egyszeres reflexiókkal azonos irányban terjedő többszörös hullámok száma növekszik és a hasznos reflexiók kijelölhetősége romlik.

A reflexiók nemcsak a vertikális, hanem a horizontális szelvényeken is kijelölhetők a közeg belső pontjaiban. Erre a célra az inverz útidőgörbe rendszereit használjuk fel, amikor az észlelések fix mélységben történnek, a robbantópontot pedig vízszintes szelvény mentén mozgatjuk. Az 1. ábrán példaként egy szeizmogramot mutatunk be, amely 2050 m mélységhez köthető; a robbantások közötti távolság 30 m volt. A felvételen a terrigén devon képződményekből visszavert hullámok jelentkeznek. A felvétel minden egyes csatornája 24-csatornás szeizmogram feldolgozásának eredménye. A feldolgozás a zavarok (beeső hullámok) kivonását és a reflexiók ezt követő fázis szerinti összegezését jelentette. A szeizmikus sebességszelvényezés adatai alapján értékelhető a reflexiók intenzitása oly módon, hogy meghatározzuk e hullámok amplitúdójának a direkt hullám amplitúdójához való viszonyát, vagyis meghatározzuk a reflexiók együtthatót megközelítő értékeit. A 2. ábrán példát mutatunk be ezen értékeknek a robbantópont és a vertikális szelvény közötti távolság függvényében való meghatározására. Feltüntetettük itt az említett amplitúdóviszonyok elméleti értékeit is; ezek jó egyezést mutatnak a kísérleti értékekkel. A szóban forgó rétegcsoportokra vonatkozó reflexiók együtthatók nagy értékei lehetővé teszik, hogy kitűzzük és megoldjuk a reflexiók kijelölésének feladatát a felszíni észleléseknél.

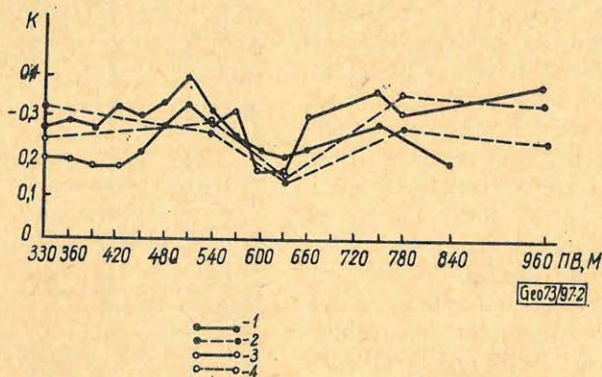


1. ábra: Összegzett szeizmogram. ДII és ДIII terrigén devonképződmények rétegcsoportjáról visszaverődött hullámok

Рис. 1. Сводная урoвневая сейсмограмма. ДII и ДIII – волны, отраженные от пачек слоев в девонских терригенных отложениях

Abb. 1. Summieretes Seismogramm. DII und DIII Wellen reflektiert von einer Gruppe von terrigenen Devonformationen

A kissebességű réteg reflektáló tulajdonságainak meghatározása. Megállapítást nyert, hogy a szeizmikus sebességszelvényezésnél regisztrált legtöbb beeső, tehát legtöbb többszörös kilépő hullám is, közbenső visszaverődést szenved a kissebességű réteg fekjéről és a földfelszínről (vagy a kettő közül valamelyikről). Ugyanezekkel a határfelületekkel függnek össze a ghost-reflexiók is, amelyeket a forrásból felfelé haladó hullám hoz létre. Ha a robbantásokat különböző mélységben végezzük rögzített szondahelyzet mellett, olyan felvételeket nyerünk, amelyeken az alaphullámok és a ghost-reflexiók látszólagos sebessége különböző előjelű és ezért könnyen szétválaszthatók. E hullámok intenzitásvisszonya elsősorban is a ghost-hullámoknak az egész hullámtérben játszott szerepéről, másodsorban a fent említett határfelületek reflektáló tulajdonságairól tanúskodik.



2. ábra: Reflexiók viszonylagos amplitúdói és a robbantópont – vertikális szelvény – távolság közötti összefüggés észlelt és elméleti függvényei 1 K_{DIII} észlelt adatok alapján; 2. K_{DIII} elméleti számítások alapján; 3. K_{DII} észlelt adatok alapján; 4. K_{DII} elméleti számítások alapján.

Рис. 2. Экспериментальные и теоретические графики зависимости относительных амплитуд отраженных волн от расстояния взрыв – вертикальный профиль. 1 – K_{DIII} по экспериментальным данным; 2 – K_{DIII} по теоретическим расчетам; 3 – K_{DII} по экспериментальным данным; 4 – K_{DII} по теоретическим расчетам

Abb. 2. Beobachtete und theoretische Funktionen des Zusammenhanges zwischen den relativen Amplituden der Reflexionen und der Entfernung des Sprengpunktes und des vertikalen Profils. 1 K_{DIII} auf Grund von beobachteten Daten – 2 K_{DIII} auf Grund von theoretischen Berechnungen 3 K_{DII} auf Grund von beobachteten Daten – 4 K_{DII} auf Grund von theoretischen Berechnungen

A kísérleti adatok azt mutatták, hogy a ghost-reflexiók és az alaphullámok amplitúdóviszonya tág időhatárok között átlagban 0,5, vagyis a szóban forgó határfelületek jelentős reflektálóképességgel rendelkeznek. Ilyen körülmények között intenzív többszörös hullámtér várható.

A reflexiók rétegtani azonosítása úgy történik, hogy a reflexiók útidőgörbét az első beérkezések útidőgörbéjével való metszésig hosszabbítjuk meg. Eközben figyelembe kell venni a műszeres fáztolással kapcsolatos korrekciókat (~20 msec közepes frekvenciájú szűrésnél). Minthogy a reflexiók a vékony rétegcsoporttal függnek össze, nem beszélhetünk a hullámnak egy bizonyos határfelülettel történő pontos rétegtani azonosításáról; mindössze az a mélységintervallum határozható meg, amelyhez ez a hullám kapcsolható. Ebben a mélységintervallumban az akusztikus és elektromos karottázis-szelvényeken ál-

talában olyan rétegek jelölhetőek ki, amelyeknek fizikai tulajdonságai eltérnek az ágyazó kőzetekétől. Így tehát megállapítjuk a kapcsolatot a közeg szerkezeti sajátosságai és a benne keletkező hullámok közötti kapcsolatot. Pontosabb rétegtani azonosítás érdekében kombinálni kell a szeizmikus sebességszelvényezés, akusztikus karottázs és a hullámtérre vonatkozó elméleti számítások adatait. Az akusztikus szelvényezés adatai alapján szerkesztjük a vékony rétegződésű modellt és erre számítjuk ki az elméleti csatornát, amelyet aztán a ténylegessel hasonlítunk össze. A közeg modelljében ezek után eltávolítjuk vagy kihangsúlyozzuk a rétegsor egyes elemeit. Az analizált fázis amplitúdócsökkenése vagy növekedése alapján következtetünk arra, hogyan kapcsolódnak e hullámok a rétegsor ezen elemeihez. Ezeket a következtetéseket aztán átvisszük az észlelt sebességszelvényezési szeizmogramokra.

A szeizmikus sebességszelvényezési módszer lehetőségei a CDP módszer észlelési rendszerének kiválasztásánál és adatfeldolgozásánál. A fűrólyuk két oldalán különböző távolságokban végzett robbantásokkal nyert sebességszelvényezési adatok feldolgozásához szükséges pontos dinamikai programok meghatározására.

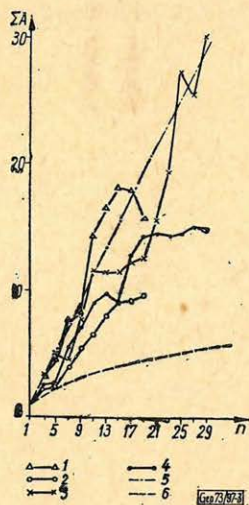
A reflexiós útidőgörbék pontjait a földfelszínen úgy határozzuk meg, hogy megkétszerezük a robbantópont és a vertikális szelvény közötti távolságot és összegezzük az adott mélységben szimmetrikus robbantópontok mellett regisztrált első beérkezések idejét. Az így meghatározott dinamikai programok figyelembe veszik az olyan rendszeresen ható tényezők befolyását, mint a vékony rétegződés és a rétegek monoklinális dőlése. A dinamikai program elméleti számításainál ezeket a tényezőket nem vesszük figyelembe. Vannak más eljárások is e programok pontosabb meghatározására, többek között a horizontálisan heterogén közeg és a dőlt reflektáló határfelületek esetére.

Az inverz útidőgörbe-rendszerek alapján nyert adatok lehetővé teszik, hogy a horizontális kiegyenlített szelvényeken nyert csatornák összegezésének hatásfokát értékeljük, amikor nincsenek rendszeres zavaróhullámok. Az így levont következtetéseket, ismert feltevések mellett kiterjeszhetjük a CDP esetére is. A 3. ábrán a reflexiók összegezett amplitúdóit mutatjuk be az össze-

3. ábra: D_{III} és D_{II} reflexiók összegzett amplitúdói a horizontális szelvény összegzendő csatornaszámának függvényében 1,3 a D_{II} hullám amplitúdói, 2,4 a D_{III} hullám amplitúdói, 5 elméleti $\Sigma A(n)$ összefüggés $\Sigma A \sim n$ mellett; 6 elméleti $\Sigma A(n)$ összefüggés $\Sigma A \sim \sqrt{n}$ mellett.

Рис. 3. Зависимости суммарных амплитуд отраженных волн D_{III} и D_{II} от числа суммируемых трасс горизонтального уровня профиля. 1, 3 – амплитуды волны D_{II} ; 2, 4 – амплитуды волны D_{III} ; 5 – теоретическая зависимость $\Sigma A(n)$ при $\Sigma A \sim n$; 6 – теоретическая зависимость $\Sigma A(n)$ при $\Sigma A \sim \sqrt{n}$.

Abb. 3. Die summierten Amplituden der Reflexionen D_{III} und D_{II} als Funktionen der zu summierenden Anzahl von Kanälen 1,3 Die Amplituden der Welle D_{II} – 2,4 Die Amplituden der Welle D_{III} – 5 Der theoretische Zusammenhang $A(n)$ mit $\Sigma A \sim n$ – 6 Der theoretische Zusammenhang $A(n)$ mit $\Sigma A \sim \sqrt{n}$.



gezendő csatornák n számának függvényében (minden n értéknek külön összegezési bázis felel meg, amely átszámítható a földfelszínre). A görbéket az $n = 1$ pontban hoztuk össze. Az ábrán két elméleti $\Sigma A(n)$ függvény is szerepel. Ezek közül az egyik (5. görbe) ideális esetnek felel meg, amikor az összegzett amplitúdók egyenes arányban vannak az összegcsatornák számával. A másik (6. görbe) a másik szélső esetnek felel meg, amikor is az összegzett amplitúdók \sqrt{n} -nel arányosak. Ha elfogadjuk, hogy a CDP módszernél a csatornák összegezésekor a zavaró hullámok amplitúdói \sqrt{n} -szeresen növekszenek, akkor a 6. görbe annak az esetnek felel meg, amikor a csatornák összegezése hatás-
talan.

Az észlelt görbék az 5. és 6. függvények között, az 5-hez közelebb helyezkednek el. Ez azt jelenti, hogy az összegezés minden szóban forgó n értékre és minden bázisra hatékony. Ugyanakkor a csatornaösszegezés bázisai, amelyeknél az összegzett amplitúdók növekszenek, különböző hullámoknál különbözők lehetnek.

Szerkesztések. Az inverz útidőgörbe-rendszer felhasználásával vagy távoli robbantópontok mellett nyert adatok felhasználhatók szerkesztésekhez, mivel ezeknél a rendszereknél olyan hullámok regisztrálódnak, amelyek a reflektáló rétegcsoport különböző pontjaiból verődnek vissza. Ezek a szerkesztések lehetővé teszik a szeizmikus határfelület alakjának és települési mélységének meghatározását a fúrás közelében. Az ezen adatok alapján szerkesztett reflektáló felületelemek olyan támpontokat képeznek, amelyekhez a földfelszíni észlelések adatai köthetők.

A szeizmikus sebességszelvényezésnek a szeizmikus kutatás komplexumában való alkalmazását itt csak részben világítottuk meg. Jelenleg van folyamatban más feladatok megoldása is a szeizmikus sebességszelvényezés adatainak a CDP észlelési rendszerek kiválasztásánál és adatfeldolgozásánál való felhasználásával kapcsolatosan. Ide tartoznak például az olyan feladatok, mint az egyszeres és többszörös reflexiók amplitúdóviszonyának meghatározása. Fejlesztjük a törés-zónák vizsgálatának módszereit is különböző azimutokban végzett szeizmikus sebességszelvényezés segítségével.

A szeizmikus sebességszelvényezéssel megoldható kérdések lényegesen kiegészítik és bővítik a szeizmikus kutatás lehetőségeit.