

Hidraulikus és hidrotermális áramlási viszonyok modellezése üledékes medencékben (1991—1994)

CSEREPES LÁSZLÓ¹ (témavezető), BUS ZOLTÁN¹, LENKEY LÁSZLÓ¹

L. CSEREPES, Z. BUS, L. LENKEY: Modelling hydraulic and hydrothermal underground water flow in sedimentary basin

OTKA nyilvántartási szám: T 2134

Üledékes medencék felszínközeli porózus-permeabilis közetrétegeiben általában a felszín alatti vizek lassú mozgása figyelhető meg — így van ez a Pannon-medence esetében is. A vízmozgás legfontosabb hajtóereje az, hogy a talajvíztükör medence méretekben nézve nem horizontális, hanem kisebb-nagyobb lejtői vannak: ezek „sík” vidéken általában jól követik a medencében meglévő kis topografikus magasságkülönbségeket. A felszín alatti vizek a magasabb helyzetben lévő talajvíztükör alól a mélyebben lévő részek felé mozognak. Ezt az áramlást hidraulikus típusúnak nevezhetjük. Előfordulhat (ritkábban) egy másik hajtóerő is. Ha a felszíni rétegekbe alulról érkező hőáram nagy és a vízáteresztő rétegösszlet jelentős vastagságú és permeabilitású, termikus eredetű instabilitás léphet fel, azaz szabad termikus konvekció indulhat meg. Ebben a hajtóerő a hőtágulásból eredő sűrűségkülönbségeken, azaz az archimedesi felhajtóerőn alapszik.

Vizsgálataink tárgyául e két vízmozgás külön és együtt történő fellépését választottuk. Elsősorban elméleti modellezés volt a célunk, de egyes esetekben a két vízmozgásnak a magyar Alföld vízrendszerében való konkrét jelentkezését is tanulmányoztuk. Két- és háromdimenziós számításokat egyaránt végeztünk.

A kétdimenziós számításokhoz egy flexibilis végesdifferenciás programot használtunk. Ez alkalmas tetszőlegesen változó permeabilitáseloszlás (ill. bármilyen más paramétereloszlás, pl. vízviszkozitás) kezelésére, a végesdifferenciás háló is sűrűsíthető vagy ritkítható a közeg tulajdonságaihoz idomulva. A

program az áramlás időbeli változásait is követi, ehhez a váltakozó irányok implicit iterációs módszerét használjuk.

A háromdimenziós számítások céljaira egy részben spektrális, részben végesdifferenciás eljárást alkalmaztunk. Ez ugyancsak képes az időbeli történet modellezésére is. Vele egyelőre csak egyszerűbb elvi modellszámításokat végeztünk, s ezekben csak konstans rétegparaméterek szerepeltek. A kód ennél egy kicsit általánosabban alkalmas mélységfüggő (rétegezett) paraméterek (pl. permeabilitás, viszkozitás) beépítésére is.

Az eredmények első csoportja a tisztán hidraulikus eredetű áramlásra vonatkozik. Ennek sajátosságai önmagukban egyszerűek, az igazi érdekesség az áramlási „nyomjelzőknek”, pl. a hőmérsékletnek és az oldott anyagok kémiai koncentrációjának vizsgálatában van. Hacsak konvektív instabilitás fel nem lép — s ez inkább csak lokálisan történik, úgy, mint Tiszakécske vidékén —, akkor az Alföld viszonyai között a hőmérséklet cirkulációs eredetű ingadozásai nem kiugróak, ám a kémiai koncentrációkban nagy ingadozások jöhetnek létre. Ez abból ered, hogy a vízben oldott anyagok diffúziója és diszperziója jóval kisebb a hődiffuzivitásnál. Nagyon alkalmasnak találtuk áramlási nyomkövetőnek a legkönnyebb nemesgáz, a hélium koncentrációját. E gáz kémiai reakciókban nem vesz részt, így eloszlását egyszerűbb törvények szabályozzák. Az Alföld bizonyos területeiről már publikált héliumkoncentrációk álltak rendelkezésünkre, de mi magunk is részt vettünk egy sor ilyen mérés végrehajtásában. Alföldi kutakból összegyűjtött, légmentesen lezárt vízmintákat elemeztünk a cambridge-i egyetem (Anglia) tömegspektrográfjával a kémiai és izotópos összetétel megállapítása céljából.

¹ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

Egy konkrét kétdimenziós szelvényen részletesen vizsgáltuk a héliumkoncentráció eloszlását, ill. modelleztük ennek kialakulását a vízmozgás hatására. Ez a szelvény a Tiszakécske—Kisújszállás—Debrecen—Nyírlugos pontok között húzódik. A vízáramlás fő iránya itt a magas Nyírség felől a mélyebb Tisza-vidék felé mutat. A legfelső (kvarter, levantei, felső pannon) rétegek elhelyezkedésének figyelembevételével, jó permeabilitás értékek megválasztásával sikerült rekonstruálni a vízmozgáson túl a héliumoszlást is. (Az eredmények megtalálhatók a Magyar Geofizika 35. évfolyamának 71—81. oldalain.) Megjegyezzük még, hogy befejezés előtt áll e munkánk kiterjesztése is abban az értelemben, hogy a szelvény mentén mért víznyomásokból és héliumkoncentrációkból statisztikus inverzióval határozzuk meg magát a permeabilitáseloszlást.

A konvekció jelentkezése bonyolulttá teszi az áramlási képet — ez önmagában is rengeteg kérdést vet fel, és sok-sok numerikus modellkísérletet kíván. A tiszta konvekció háromdimenziós térbeli formái közül elsősorban a felszínen nyitott, homogénnek tekintett, de anizotrop víztartó réteg konvektív szerkezeteit vizsgáltuk, pl. ezeknek a formáknak a stabilitási tartományait, az időfüggés kialakulását a Rayleigh-szám növelése esetén. (Az eredményeket közli az Acta Geod. Geoph. Hung. 29, 1994, 209—220.) Ám a nyitott réteg felszínén általában a piezometrikus szintnek lejtése van (az Alföldön ez nagyon fontos tényező), ezért a legnagyobb figyelmet az ebből származó hidraulikus cirkuláció, valamint a szabad konvekció kölcsönhatásának szenteltük, izotrop és anizotrop esetekre egyaránt (legfeljebb 100-as anizotrópia faktorig). Az áramlás szerkezetét itt a felszínen előírt hidraulikus gradiens, ill. a Rayleigh-szám viszonya határozza meg. Az előbbit az egyszerűség kedvéért konstansnak vettük a beszivárgási, ill. kifolyási zóna vízválasztó vonalai

között. Az egyes áramlási formák csoportosításához tekintsünk egy rögzített Rayleigh-számot, olyat, amelynél a szabad konvekciónak stabil háromdimenziós formái vannak (pl. négyzetcellák). Ha a hidraulikus gradiens nagy, akkor csak a regionális áramlás jelentkezik az előírt hidraulikus lejtő irányában. Ez stacionárius megoldás. Ha az anizotrópia viszonylag kicsi (kb. 10 alatti), akkor a hidraulikus gradiens csökkentésével egy olyan tartományba jutunk, ahol lokális konvektív örvények tevődnek rá a regionális cirkulációra, s ezek „kétdimenziósak” maradnak. Az örvények együtt mozognak a regionális áramlással. Tovább csökkentve a hidraulikus gradienst most már igazi háromdimenziós szerkezeteket kapunk, olyanokat tehát, amelyeket a kétdimenziós számítások eleve kizárnak a lehetséges megoldások közül. Először olyan cellák jelennek meg, amelyek csak kevésbé térnek el a kétdimenziós konvektív hengeráramoktól — csak hogy most e hengerek tengelye párhuzamos a lejtő irányával! (Ez a forma fontos meteorológiai analógiákhoz társítható, azokkal rokon szerkezet. Ilyen valósul meg a légkörben regionális szélrendszer és lokális konvektív instabilitás együttes jelentkezésekor.) Még tovább lépve a hidraulikus lejtő csökkentésében, az áramlás szerkezete bonyolult, időfüggő lesz: folyton változó poligonális cellák alkotják. Végül, ha a hidraulikus gradiens nulla, visszakapjuk a szabad konvekcióra vonatkozó megoldásokat.

Numerikus kísérleteinkben meghatároztuk a felsorolt szerkezetek helyét a hidraulikus gradiens és a Rayleigh-szám alkotta paramétertérben, az anizotrópia faktor 1—100 értékeinél. Az eredmények diagramokon jeleníthetők meg, melyeken kijelöltük azokat a határvonalakat, amelyek elválasztják a fenti alaptípusok tartományait (megjelenőben a Geophys. Journal International-ben).

