

MATEMATICKÉ MODELY TRANSPORTU SMĚSI UHLOVODÍKŮ V PORÉZNÍM PROSTŘEDÍ

DOC. ING. JIŘÍ MIKYŠKA, PH.D.

Popis tématu

Matematické modely vícefázového proudění v porézním prostředí dovolují předpovídat proudění složitých směsí uhlovodíků a dalších chemických látek v podzemí. Uplatnění nacházejí např. při zvyšování výtěžnosti naftových rezervoárů pomocí injektáže vody nebo oxidu uhličitého, nebo v poslední době se velmi aktivně rozvíjející technologii ukládání emisí CO₂ do hlubinných geologických uložišť (technologie CCS - Carbon Capture and Storage). Tato problematika je zdrojem mnoha témat, která jsou vhodná pro studenty matematiky A na FJFI. Váš široký profil znalostí získaných během základního studia oceníte při řešení problémů kombinujících znalosti z oblastí matematického modelování, výpočetní dynamiky tekutin, mechaniky kontinua, fyzikální chemie, termodynamiky a chemického inženýrství. KM FJFI v této oblasti spolupracuje s předními světovými pracovišti, zejména v USA - Yale University (New Haven, Connecticut) a Reservoir Engineering Research Institute (Palo Alto, California). Výsledky výzkumu jsou prezentovány v prestižních impaktovaných časopisech a na vědeckých konferencích po celém světě.

Matematický model

Molární bilance každé komponenty ve směsi je popsána rovnicemi

$$\phi \frac{\partial c_{zi}}{\partial t} + \nabla \cdot (c_o x_{oi} v_o + c_g x_{gi} v_g) = F_i, \quad i = 1, \dots, n_c,$$

kde ϕ je porozita, c je celková molární hustota směsi, z_i je molární zlomek i -té komponenty, c_o , c_g , x_{oi} a x_{gi} jsou molární hustoty, resp. molární zlomky i -té komponenty v kapalném (o - oil) resp. plynné (g - gas) fázi a F_i popisuje zdroje/propady i -té komponenty. Rychlosti kapalných resp. plynných fází v_o a v_g jsou popsány Darcyho zákonem

$$v_\alpha = -\lambda_\alpha(S_\alpha)K(\nabla p - \rho_\alpha g), \quad \alpha \in \{o, g\},$$

kde λ_α je mobilita fáze α , K označuje vlastní propustnost zeminy, p je tlak, ρ_α je hmotnostní hustota fáze α a g je vektor gravitačního zrychlení. Rozklad komponent mezi fáze je popsán prostředky rovnovážné termodynamiky pomocí rovnosti fugacit každé komponenty v obou fázích a zákona zachování hmoty při předepsané teplotě a tlaku.

$$f_{oi}(x_{o1}, \dots, x_{on_c-1}, p; T) = f_{gi}(x_{g1}, \dots, x_{gn_c-1}, p; T), \quad i = 1, \dots, n_c,$$

$$z_i = (1 - v)x_{oi} + vx_{gi}, \quad i = 1, \dots, n_c,$$

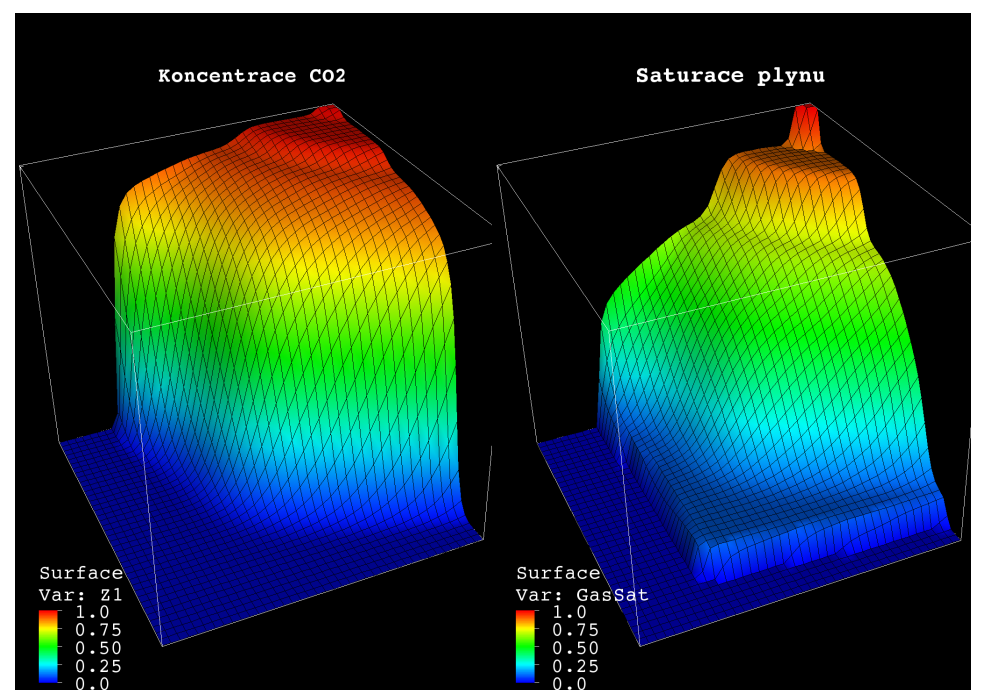
kde f_{oi} a f_{gi} označují fugacitu i -té komponenty v příslušné fázi a $v \in (0; 1)$ označuje molární zlomek plynné fáze. Chemická složení obou fází i celkové chemické složení směsi musí splňovat $\sum_{i=1}^{n_c} x_{oi} = \sum_{i=1}^{n_c} x_{gi} = \sum_{i=1}^{n_c} z_i = 1$.

Hustoty a koncentrace jednotlivých fází lze vypočítat na základě znalosti tlaku, teploty a chemického složení

$$\rho_\alpha = c_\alpha \sum_{i=1}^{n_c} x_{\alpha i} M_i, \quad c_\alpha = \frac{p}{Z_\alpha RT},$$

kde M_i je molární hmotnost i -té komponenty, R je univerzální plynová konstanta a Z_α je dáno pomocí Pengovy-Robinsonovy kubické stavové rovnice.

Numerické řešení



Čím se budete zabývat

- ▶ Formulace vybraného problému
- ▶ Studium a implementace numerických metod
- ▶ Testování programu na modelových úlohách, příp. reálných datech
- ▶ Prezentace výsledků

Upozornění

Téma je vhodné pro absolventy matematiky A, kteří se neobávají toho, že se budou muset naučit něco nového.

