

## Aplikace druhotných těžebních metod na ložiscích ropy

Petr Bujok<sup>1</sup>, Karel Bříza a Karel Luner<sup>2</sup>

### *Application of secondary of polymers and surface active agents to increase heavy oil recovery*

*Basin on a comparison of laboratory results with results obtained by screening modelling, one of the most promising methods was selected – the method of oil displacement by means of the polymer injection.*

*Water intended for the injection is thickened with high molecular weight polymers (e.g. Polyacrylamid or Xantan), which increase the water viscosity and, on the other hand, decrease the water mobility. The concentrations of polymers vary in the range from 250 to 2 000 mg l<sup>-1</sup> of water and the required volumes of injected water thickened with polymers achieve values ranging from 25 to 60 % of the volume of total oil saturation of the deposit. The method is used as complementary to the process of water flooding. It is suitable even in cases where other tertiary methods are not expected to be successful.*

**Key words:** oil, polymer injection, water viscosity, water mobility

### Anotace

Ropa je v současné době řazena mezi jednu z nejdůležitějších palivo-energetických surovin. Primární vytěžitelnost ropy se však ve většině případů pohybuje pouze kolem 30 - 40 % z celkového množství (geologických zásob) ropy v ložisku. Procento vytěžitelnosti u ložisek obsahujících velmi viskózní ropy je však mnohem nižší, pouze 5 až 10 % a použití primárních metod přináší pouze velmi malý ekonomický efekt. Teprve aplikace tzv. druhotných a terciálních metod umožňují efektivní odtěžování zásob.

V předložené práci uvádíme některé výsledky získané laboratorními pokusy s použitím polymerů a povrchově aktivních látek při vytěšňování vysoce viskózní ropy z kolektorských hornin.

### Metody těžby ropy

Nejčastěji se můžeme při popisech metod, resp. fází, těžby ropy setkat s následujícím rozdělením: primární (prvotní), sekundární (druhotné) a terciální („třetí“ v pořadí) fáze těžby.

Terciální fáze těžby zahrnuje různé speciální metody, např. zatlačení „neuhlovodíkových“ plynů do ložiska (např. CO<sub>2</sub>, dusíku, spalných plynů) LPG metodu (zkapalněný zemní plyn nebo propan), aplikace rozšířených zavodňovacích metod (zatlačení vody upravené povrchové aktivními látkami, polymery nebo jinými chemickými činidly) využití tepla pro snížení viskozity ropy (podzemní spalování, vtlačení páry nebo horké vody), využití metabolické činnosti anaerobních bakterií atd. Cílem je intenzifikace přítoku „zbytkové“ ropy, která nebyla vytěžena během primární nebo druhotné těžební fáze. Druhotné a terciální metody jsou často v zahraniční literatuře uváděny souhrnně pod zkratkou EOR metody (Enhance Oil Recovery methods) [3,4].

Hlavní mechanismy EOR metod pro vytěšňování ropy z porů kolektorských hornin vlivem zatlačení určitého typu média jsou:

- extrakce rozpouštědla pro dosažení procesu mísitelnosti,
- redukce mezipovrchového napětí,
- změna viskozity ropy nebo vody plus zvýšení tlaku vlivem vtlačeného média.

### Modelovací metody použité na ložisku uhlovodíků Ždánice – spodní miocén

Na ložisku Ždánice – spodní miocén (bylo vybráno na základě poznatků pracovníků MND, a.s. a předpokládané nízké úrovně primární vytěžitelnosti, která se předpokládala v rozsahu cca 5 až 6 %) byl zpracován projekt modelování EOR metod (EOR skríning – prediktivní modelování a ekonomické zhodnocení), ve kterém byly vybrané metody prověřeny a na jehož základě byly předpovězeny výsledky těžby a ekonomické zhodnocení při použití těchto metod.

<sup>1</sup> prof. Ing. Petr Bujok, CSc., Ing. Karel Bříza, Institut geologického inženýrství, HGF, VŠB-TU Ostrava, Česká republika, [petr.bujok@vsb.cz](mailto:petr.bujok@vsb.cz), [karel.briza.hgf@vsb.cz](mailto:karel.briza.hgf@vsb.cz)

<sup>2</sup> Ing. Karel Luner, MND a.s., Hodonín, Česká republika, [luner@mnd.cz](mailto:luner@mnd.cz)  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 20. 7. 2006)

Na zájmovém obzoru byly z hlediska stanovení možné vytežitelnosti a celkové ekonomické efektivity aplikovány tyto prediktivní modely:

- a, *Water Flood Predictive Model* (EOR proces s vtlačení vody),
- b, *Steam Flood Predictive Model* (EOR proces s aplikací horké páry),
- c, *In-Situ Combustion Predictive Model* (EOR proces ovlivňovaný spalováním),
- d, *Polymer Flood Predictive Model* (EOR proces s aplikací polymerů),
- e, *Chemical Flood Predictive Model* (EOR proces s aplikací chemikálií),
- f, *CO<sub>2</sub> Miscible Flood Predictive Model* (EOR proces s aplikací CO<sub>2</sub>) [3].

### Vtláčení polymerů

Pro laboratorní srovnání s výsledky získanými skríningovým modelováním byla vybrána jedna z nejperspektivnějších metod – metoda vytěšňování ropy pomocí vtláčení polymerů.

Voda určená k zatlačení je zahušťována polymery s vysokomolekulární hmotností, čímž se zvýší její viskozita, sníží se mobilita a zvětší se oblast kontaktu vtláčené směsi a ložiskového média [4].

#### Základní pokusy na experimentálním zařízení

K základnímu laboratornímu měření bylo využito experimentální zařízení navržené a realizované pracovníky IGI HGF VŠB-TU Ostrava – měřicí aparatura filtrační MAF VII (prototypu aparatury bylo již v roce 1990 Úřadem pro vynálezy a objevy v Praze uděleno autorské osvědčení na vynález pod číslem 257904).

Měřicí aparatura se skládá ze tří hlavních částí: filtrační komory (v ní je umístěn zkoumaný horninový vzorek), akumulární komory (slouží k akumulaci zatlačeného média), tlakovací komory (obsahuje tlakový válec se vzduchovým pístem). Blíže viz obr. 1, schéma č. 1.

Pro účely měření byla použita ložisková voda a odvodněná ropa z ložiska Ždánice – spodní miocén.

Dále byly, po konzultacích s pracovníky firmy MND, a.s., vybrány dva polymery PoL-1, PoL-2 a dvě povrchově aktivní látky PAL-1, PAL-2.

Chemikálie pro pokusná měření poskytla slovenská firma UNICHEMA s.r.o. Koncentrace těchto látek při laboratorním měření vytěšňování ropy byly stanoveny na základě údajů získaných z literatury a upraveny po konzultacích s pracovníky uvedených firem [2].



**Obr. 1.** Měřicí přístroj řady MAF VII s tlakovacím pístem (model 2005).

*Fig. 1.* The measure apparatus of sort MAF VII with press piston (model 2005).

Ekvivalentní horninový vzorek (originální vzorky kolektorských hornin ze zkoumaného ložiska nebyly k dispozici) byl připraven z vodárenského písku VP 2, upraveného na zrnitostní frakci v rozmezí 1 až 2 mm [1].

#### Postup měření

Ekvivalentní horninový vzorek tvořený vyseparovanou frakcí vodárenského písku VP2, byl nasycen ropou v 65% objemového množství otevřené pórovitosti. Tímto způsobem byla nasimulována kolektorská vrstva ropného ložiska, kde primární těžba dosáhla 35 % výtěžnosti.

Vzniklá směs písku a ropy byla vložena do filtrační komory měřicí aparatury. Poté byla akumulární komora zaplněna vytěšňovací kapalinou. Pro jednotlivá měření účinku vytěšňování, byla použita: samotná ložisková voda (L); dva vzorky polymerů (PoL-1), (PoL-2) rozpuštěných v ložiskové vodě a to ve třech různých koncentracích (0,0025 %; 0,01 % a 0,1 %); ložisková voda upravená dvěma typy povrchově aktivních látek (PAL-1), (PAL-2) o koncentracích 2,5 %.

Vlastní laboratorní měření probíhalo při dvou různých tlakových spádech, a to 50 kPa a 100 kPa, při teplotě 30 °C (ložisková teplota).

Odběry vytěšňované ropy byly prováděny v pěti fázích, a to pro objemy vytěšňovacího roztoku odpovídající 33 %, 66 %, 99 % a 200 % a 300 % objemů otevřené pórovitosti. Pro samovolné oddělení ropy z odebraných vzorků byla aplikována pouze gravitační separace. Měření účinnosti jednotlivých vytěšňovacích kapalin, bylo prováděno vždy na novém horninovém vzorku.



### Vyhodnocení vytěšňování ropy na laboratorním zařízení MAF VII

Měřicím zařízením MAF VII, bylo testováno celkem pět látek. Ložisková voda, dvě povrchově aktivní látky (PAL-1), (PAL-2) o koncentracích 2,5 % ve vytěšňovacím roztoku a dále dva polymery (PoL-1), (PoL-2) o koncentracích 0,0025%, 0,01 %, 0,1 %. Vytěšňování probíhalo při zatlačecích tlacích (tlakovém spádu) 50 kPa a 100 kPa a teplotě 30 °C.

Nejnižší vytěšňovací schopnost (dle předpokladu) měla ložisková voda (L) při zatlačecím tlaku 100 kPa, se „vytěžitelnost“ zvýšila pouze o 6,7 %. Blíže viz. Graf 1 a tab. 1.

Naopak největšího vytěšnění bylo dosaženo u povrchově aktivní látky (PAL-1). Při obou testovaných tlacích, dosahovala hodnota vytěšnění přibližně stejné hodnoty (49 %) což by znamenalo zvýšení celkové vytěžitelnosti na 84,3 %.

Srovnáním vytěšňovacích schopností polymerů, se potvrdil trend [2, 3, 4] při kterém vyšší koncentrace polymeru má také vyšší účinnost na vytěšňování. Budeme-li nahlížet pouze na tento faktor bez sledování finančních nákladů na vytěšňování, pak ze všech tří testovaných poměrů se nevíce osvědčila koncentrace 0,1 %. Při této koncentraci obou testovaných polymerů má největší účinnost (PoL-2) a to při zatlačecím tlaku 50 kPa činí 43,5 % z celkového nasycení a tedy zvýšení celkové vytěžitelnosti na 78,5 %.

Z grafu 1 je patrné, že téměř u všech testovaných látek (kromě PoL-1 koncentrace 0,01 %) se projevil trend, kdy vyšší vytěšňovací účinky byly dosaženy při nižším tlakovém spádu (50 kPa). To je patrně spojeno s vytvořením pomalého „pístového“ efektu vytlačovací fronty.

Výše uvedené výsledky laboratorních měření potvrzují zahraniční poznatky [4, 5] a verifikují výsledky získané pro ložisko Ždánice – spodní miocén skrinogovým modelováním. Použití polymerů resp. povrchově aktivních látek v průběhu aplikace druhotných těžebních metod povede k významnému zvýšení celkové vytěžitelnosti. Metodu navrhuje k provoznímu odzkoušení formou pilotního testu na vybraných sondách zmiňovaného ložiska.

#### Literatura – References

- [1] Bujok, P. a kol.: Výzkum filtračních závislostí na vzorcích kolektorských hornin. *Etapová zpráva VŠB-TU Ostrava, 1990.*
- [2] Bujok, P., Bříza, K.: Aplikace druhotných těžebních metod na ložiscích ropy, VŠB-TU Ostrava, 2005, ISSN 0474-8476
- [3] Kašperák, P.: Racionální výzkum těžby ložiska Ždánice – spodní miocén. *Diplomová práce, VŠB-TU Ostrava, 2004.*
- [4] Green, W., Willhite, Paul G.: Enhanced Oil Recovery, SPE, 1998.
- [5] Jewulski, J.: Modelowanie procesu odropienia złoż ropy naftowej o dużej lepkości i gęstości. *Rozprawy, Monografie AGH Kraków, 1996, ISSN 0867-6631.*