



PODBANSKÉ 2016  
SLOVAKIA

NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VRTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHLĽOVODÍKOV  
PODBANSKÉ 2016

**ZBORNÍK KONFERENCIE**  
**THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

**NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VRTANIA, ŤAŽBY,  
DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHLĽOVODÍKOV** NEW  
KNOWLEDGE IN THE AREA OF DRILLING, PRODUCTION,  
TRANSPORT AND STORAGE OF HYDROCARBONS



**Organizovanú pod patronátom Slovenského plynárenského a naftového zväzu a Slovenskej banickej spoločnosti pri fakulte BERG ORGANISED UNDER THE PATRONAGE OF SLOVAK GAS AND OIL ASSOCIATION AND SLOVAK MINING SOCIETY**

**9. - 11. november 2016 / NOVEMBER 9<sup>th</sup> – 11<sup>th</sup>, 2016**

**Grand Hotel Permon - Podbanské, Vysoké Tatry, Slovensko**  
Grand Hotel Permon, Podbanské, High Tatras, Slovakia



**Organizátori konferencie / CONFERENCE IS ORGANISED BY:**

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG,  
Ústav zemských zdrojov  
/ TECHNICAL UNIVERSITY OF KOSICE, FACULTY  
BERG, INSTITUTE OF EARTH RESOURCES

**Odborný garant konferencie / PROFESSIONAL GUARANTOR:**

prof. Ing. Ján Pinka, CSc., F BERG, TU Košice, SR

**Organizačný výbor / ORGANIZING COMMITTEE :**

**Predseda / CHAIRMAN :** doc. Ing. Dušan Kudelas, PhD., F BERG, TU Košice, SR

**Tajomník / SECRETARY:** Ing. Marina Sidorová, PhD., F BERG, TU Košice, SR

**Členovia / MEMBERS :**

prof. Ing. Petr Bujok, CSc. VŠB TU Ostrava, ČR  
prof. Dr. Ing. Andrzej Gonet, AGH Krakow, PL  
prof. Dr. Ing. Stanislaw Rychlicki, AGH Krakow, PL  
prof. Dr. Ing. Stanislaw Stryczek, AGH Krakow, PL  
Ing. Erika Škvareková, PhD., F BERG, TU Košice, SR  
Ing. Gabriel Wittenberger, PhD., F BERG, TU Košice, SR  
Ing. Eliška Horniaková, PhD., F BERG, TU Košice, SR  
doc. Ing. Ján Kizek, PhD., HF, TU Košice, SR

**Medzinárodný programový výbor / INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE :**

prof. Ing. Augustín Varga, CSc., HF, TU Košice, SR

prof. Dr. Ing. Stanislaw Nagy, AGH Krakow, PL

prof. Dr. László Tihanyi, PETROLEUM ENGINEERING DEPARTMENT, UNIVERSITY of MISKOLC, HU

*Príspevky boli recenzované a prešli jazykovou korektúrou.*

**Lektorovali: prof. Ing. Ján Pinka, CSc.**

**Ing. Marina Sidorová, PhD.**

**Ing. Erika Škvareková, PhD.**

**Ing. Gabriel Wittenberger, PhD.**

*Editor: prof. Ing. Ján Pinka, CSc., Ing. Eliška Horniaková, PhD.*

*Vydanie: prvé*

*Vydavateľ: © TU v Košiciach, F BERG, Dekanát – Edičné stredisko / AMS*

*Náklad: 60 ks.*

*Rok: 2016*

**ISBN 978 – 80 – 553 – 3001 - 3**



PODBANSKÉ 2016  
SLOVAKIA

NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VRTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHLĽOVODÍKOV  
PODBANSKÉ 2016

## OBSAH

<b>Vladimír Chmelko, Matúš Margetin, Martin Garan:</b> Únavová pevnosť zvarov potrubí pri preprave plynu	<b>1</b>
<b>Martin Klempa, Petr Bujok, Krzysztof Labus, Malgorzata Labus, Michal Porzer:</b> Průběh realizace projektu „Příprava výzkumného pilotního projektu geologického ukládání CO <sub>2</sub> v České republice (REPP-CO <sub>2</sub> )“	<b>6</b>
<b>Lukáš Kopal, Libor Čapla:</b> Odstraňovanie zberných plynových staníc na PZP Dolní Dunajovice	<b>11</b>
<b>Ján Pinka:</b> Možnosti využitia vyt'ážených ložísk uhľovodíkov pre podzemné uskladňovanie zemného plynu na Slovensku	<b>18</b>
<b>Ján Pinka:</b> Hydraulické štiepenie pri ťažbe ropy a zemného plynu	<b>27</b>
<b>Ján Pinka:</b> História a súčasné možnosti ťažby ropy na Východnom Slovensku	<b>34</b>
<b>Ján Pinka:</b> Metódy a techniky používané na zábranu pieskovania sond pri ťažbe ropy a zemného plynu	<b>39</b>
<b>Ján Pinka, Petra Kormošová:</b> Geotermálne vrty a možnosti výstavby geotermálnych elektrární v podmienkach Slovenskej republiky	<b>52</b>
<b>Marina Sidorová:</b> Arktída ako perspektívna oblasť pre ťažbu ropy a zemného plynu	<b>60</b>
<b>Marina Sidorová:</b> Spolupráca Číny a Ruska v dodávkach zemného plynu a ropy	<b>66</b>
<b>Marina Sidorová:</b> Najväčšie ropné spoločnosti a ich pôsobenie vo svete	<b>71</b>
<b>Stanisław Stryczek, Rafał Wiśniowski, Andrzej Gonet, Albert Zlotkowski:</b> Vplyv drsnosti pažníc na priľnavosť cementačnej zmesi	<b>80</b>
<b>Dávid Széplaky, Erika Škvareková, Augustín Varga:</b> Analýza teplotného poľa pre liniovú časť tranzitných plynovodov zemného plynu	<b>87</b>
<b>Josef Šedivý, Josef Zaňát:</b> Zkušenosti s využitím HWO ( Hydraulic Workover Unit ) - Snubbing Unit při podzemních opravách sond na PZP společnosti RWE Gas Storage v ČR	<b>93</b>
<b>Erika Škvareková:</b> Atmogeochemické merania pôdneho vzduchu	<b>99</b>
<b>O.Yu. Vytyaz, R. S. Hrabowski:</b> Predikcia podmienok dlhodobého zlyhania vrtných rúr pri hlbinnom vrtaní	<b>106</b>
<b>Gabriel Wittenberger, Erika Škvareková:</b> Pracovné kvapaliny používané pri vrtaní hlbinných vrtov	<b>109</b>

## CONTENST

<b>Vladimír Chmelko, Matúš Margetin, Martin Garan:</b> Fatigue strength of Šeld joint of gas pipelines	<b>1</b>
<b>Martin Klempa, Petr Bujok, Krzysztof Labus, Malgorzata Labus, Michal Porzer:</b> The progress of the project implementation "Preparation of a research pilot project for geological sequestration of CO <sub>2</sub> in the Czech Republic (REPP-CO <sub>2</sub> )"	<b>6</b>
<b>Lukáš Kopal, Libor Čapla:</b> De-bottlenecking of gathering stations of UGS Dolní Dunajovice	<b>11</b>
<b>Ján Pinka:</b> Possibilities of using depleted hydrocarbon deposits to underground storage of natural gas in Slovakia	<b>18</b>
<b>Ján Pinka:</b> Hydraulic fracturing at extraction of oil and natural gas	<b>27</b>
<b>Ján Pinka:</b> History and current possibilities of oil production in Eastern Slovakia	<b>34</b>
<b>Ján Pinka:</b> Sand control - methods and techniques	<b>39</b>
<b>Ján Pinka, Petra Kormošová:</b> Geothermal wells and possibility of concustrion of geothermal power plant in Slovak Republic	<b>52</b>
<b>Marina Sidorová:</b> Arctic as a promising area for oil and gas	<b>60</b>
<b>Marina Sidorová:</b> Cooperation between China and Russia in the supply of natural gas and oil	<b>66</b>
<b>Marina Sidorová:</b> The largest oil companies and their action in the world	<b>71</b>
<b>Stanisław Stryczek, Rafał Wiśniowski, Andrzej Gonet, Albert Zlotkowski:</b> Influence of coarseness of casing on adhesiveness of hardened cement slurry	<b>80</b>
<b>Dávid Széplaky, Erika Škvareková, Augustín Varga:</b> Analysis of temperature field for line part of transit gas pipelines	<b>87</b>
<b>Josef Šedivý, Josef Zaňát:</b> Experience of using a Hydraulic Workover Unit - Snubbing Unit	<b>93</b>
<b>Erika Škvareková:</b> Atmgeochemic measurements of soil air	<b>99</b>
<b>O.Yu. Vytyaz, R.S. Hrabowski:</b> Prediction of conditions of long-term operated drill pipes failure	<b>106</b>
<b>Gabriel Wittenberger, Erika Škvareková:</b> Working liquids used in drilling deep boreholes	<b>109</b>
<b>Postery</b>	
<b>B. Jasiński, M. Uliasz, G. Zima, S. Błaż:</b> The influence of glycol – potassium drilling mud the casing cementing quality	<b>115</b>
<b>G. Zima, M. Uliasz, S. Błaż, B. Jasiński:</b> Evaluation of drilling fluids in terms of quality cementing column	<b>115</b>
<b>M. Uliasz, G. Zima, S. Błaż, B. Jasiński:</b> Assessment of waste management of used drilling muds through their solidification on the basis of industrial trial	<b>116</b>
<b>M. Kremieniewski, M. Rzepka:</b> Prevention of the gas migration from the boreholes during the cement slurries design stage	<b>117</b>
<b>M. Rzepka, M. Kremieniewski:</b> Cement slurries with a short transition time for the oil wells	<b>117</b>
<b>S. Błaż, M. Uliasz, G. Zima, B. Jasiński:</b> Selection of drilling fluids to the layers of reduced reservoir pressure	<b>118</b>
<b>K. Milek:</b> Statistical analysis of production forecasts for Polish shale formations with computer simulation	<b>118</b>
<b>Ł. Habera, A. Frodyma:</b> The concept of a new perforating and fracturing tools – firing ground tests	<b>118</b>
<b>V.P. Molchanov:</b> Specifics of gold mineralization formation in coal-bearing occurrences in the south of the Russian Far East	<b>119</b>



PODBANSKÉ 2016  
SLOVAKIA

NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VRTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHLĽOVODÍKOV  
PODBANSKÉ 2016

9. - 11. november 2016, Grand Hotel Permon - Podbanské, Vysoké Tatry, Slovensko

## PRACOVNÉ KVAPALINY POUŽÍVANÉ PRI VRTANÍ HLBINNÝCH VRTOV

### WORKING LIQUIDS USED IN DRILLING DEEP BOREHOLES

*Gabriel Wittenberger<sup>1</sup>, Erika Škvareková*

**Abstract:** Particularly important is the use of drilling fluid in carrying out drilling works to great depths and especially in difficult geological conditions. Proper function of the drilling fluid is governed by the selection of their physico-chemical properties. Drilling works of hydrogeological survey require circulation of borehole with such rinses, which at a minimum pollute water-bearing horizons and their chemical composition meets hygiene requirements.

**Key words:** drilling fluid, boreholes, additives

### ÚVOD

Vrtný výplach má niekoľko dôležitých nenahraditeľných funkcií vo vrte ako napríklad : mazanie a ochladzovanie vrtného nástroja, tvorba ochrannej kôrky na stene vrtu, očisťovanie a výnos vrtnej drte z vrtu. Je zdrojom energie pre hydromotory, zabraňuje sedimentácii vrtných úlomkov pri prerušení vrtania, zabezpečuje tlakovú stabilitu v ložisku a eliminujú poškodenie záujmového obzoru.

Význam pracovných kvapalín ( vrtného výplachu ) ako trvalej a kvalitatívnej súčasti vrtného procesu vzrástol zavedením nových technológií do geologického prieskumu a tiež používanie technologických metód, ktoré zvyšujú podstatne rýchlosť a bezpečnosť vrtného procesu. Dôležitý význam má použitie vrtného výplachu pri vykonávaní vrtných prác do veľkých hĺbok a najmä v ťažkých geologických podmienkach. Správna funkcia vrtného výplachu sa riadi voľbou jeho fyzikálno-chemických vlastností a je pre vrtného technika nepostrádateľnou pomôckou pri riadení vrtného procesu.

Tieto požiadavky, kde je zrejma určitá protichodnosť, podmieňujú bezporuchový postup vrtných prác a preto ich citlivé zladenie vyžaduje od vrtného technika veľmi zodpovedný prístup. Vrtné práce v hydrogeologickom prieskume vyžadujú preplachovanie vrtu takými výplachmi, ktoré v minimálnej miere kolmatujú vodonosné horizonty a svojim chemickým zložením spĺňajú hygienické požiadavky.

Veľká rôznorodosť prevrtávaných hornín, ich tektonika, variabilnosť v chemickom zložení, hydraulické pomery, typy vrtných súprav a vrtné parametre pôsobia ako faktory, ktoré podmieňujú použitie rôznych druhov výplachov a ich chemizmus [1].

### 1. PRACOVNÉ KAPALINY

Pracovné kvapaliny vrtných výplachov môžeme rozdeliť na nasledujúce kvapaliny:

1. Výplach na vodnej báze, ktorý ďalej môžeme rozdeliť na:

○inhibitívny: značne spomaľuje proces napučievania ílov pričom inhibícia sa dosahuje prítomnosťou katiónov, hlavne katiónu draslíka, sodíka a vápnika. Lepšie inhibičné vlastnosti vo všeobecnosti poskytuje draselný katión, alebo kombinácia draselného a vápenatého katiónu,

○neinhibitívny: významne nepotláča proces napučievania ílov, pričom je zložený z prírodných ílov alebo bentonitov s prídavkom lúhu, vápna a ďalších viskozitných aditív,

<sup>1</sup> Ing. Gabriel Wittenberger, PhD., Ing. Erika Škvareková, PhD., Ústav zemských zdrojov, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 042 00 Košice, [gabriel.wittenberger@tuke.sk](mailto:gabriel.wittenberger@tuke.sk), [erika.skvarekova@tuke.sk](mailto:erika.skvarekova@tuke.sk)

- polymérny: základom sú makromolekuly - polyméry, ktoré buď poskytujú alebo neposkytujú vzájomné pôsobenie s ílmi a tým sa rozdeľujú buď na inhibítívne alebo neinhibítívne, podľa toho či je prítomný inhibičný kation.
2. Výplach na olejovej báze, ktorý sa primárne používa na vrtanie problémových hornín na zvýšenie stability stien vrtu, nakoľko poskytuje vysoký stupeň lubricity a ochrany pred hydratáciou ílov. Takisto je odolný vysokým teplotám, tlakom a kontaminácii oxidom uhličitým a sírovodíkom [1-2].
  3. Pracovné kvapaliny pri podzemných opravách sond (POS)

Pracovné kvapaliny pri POS sa rozdeľujú na dva hlavné typy:

- a. Soľanky bez pevnej fázy - Clear-fluid systems, sú najrozšírenejšie systémy pre POS, pretože ich vlastnosti zabezpečujú ochranu ložiska. Tento systém má veľký význam pri pakrovacích kvapalinách, kde je potreba veľmi čistých nekontaminovaných kvapalín z dôvodu dlhoročného umiestnenia v sonde .
- b. Soľanky s prídavkom pevnej fázy – Solids - enhanced systems, používajú sa pri POS, kde použitie čistých soľaniek by malo za následok stratu kvapaliny do ložiska. Hlavná zložka, ktorá je v kvapalinách ako pevná fáza je uhličitán vápenatý, samozrejme s prídavkami rôznych antifiltračných a viskozitných aditív [2-6].

Soľanky sú roztoky rozličných solí a delia sa na jednomocné a dvojmocné.

V Tab. 1 sú uvedené najrozšírenejšie druhy solí používané pri príprave čistých soľaniek u pracovných a pakrovacích kvapalín.

Pri návrhu kvapaliny použitej na POS sa musia určiť parametre ako sú hustota, bod kryštalizácie, korózia, kompatibilita solí s ložiskom a vodou .

## 2 ADITÍVA PRACOVNÝCH KVAPALÍN

Z aditív používaných v súčasnosti sú najpoužívanejšie tieto:

Uhličitán sodný, hydrogénuhličitán sodný, hydroxid sodný a polyfosfáty - používajú sa na úpravu tvrdosti vody. Tieto chemikálie redukujú obsah vápenatých a horečnatých iónov v zámesovej vode.

Baktericid - slúži na zabránenie bakteriologickej degradácie prírodných organických aditív ako škrob, xantán.

Inhibitor korózie - sa používa na zabránenie koróznym vplyvom a na neutralizáciu nebezpečných kyslých plynov. Väčšina inhibitorov korózie sú na báze amínov a organofosfátov. Ďalej sú to odstraňovače aktívneho kyslíka a ďalšie špeciálne chemikálie.

Úprava pH - na úpravu pH sa používajú chemikálie, ktoré kontrolujú stupeň kyslosti a zásaditosti kvapalín ako napr. hydroxid sodný, uhličitán sodný, hydrogénuhličitán sodný, kyselina citrónová a iné kyseliny a zásady.

Antifiltrant - ako antifiltrant sa používajú chemikálie ako polyanionická celulóza, karboxymetyl celulóza, polyakryláty, rôzne škroby a iné látky, ktoré slúžia na zníženie hodnoty filtrácie. Tieto chemikálie zabezpečujú čo najnižšiu schopnosť kvapalnej fázy pracovnej kvapaliny tiecť cez filtračný koláč do záujmového obzoru.

Inhibitor ílov - ako inhibitor ílov slúžia zdroje rozpustného vápnika a draslíka, ako sú anorganické soli a organické zlúčeniny, poskytujúce inhibíciu ílov redukciami ich hydratácie.

Úprava reológie - používajú sa polyméry a biopolyméry, ktoré zabezpečujú zvýšenie viskozity pre lepšiu schopnosť kvapaliny vynášať nečistoty z vrtu.

Zaťažkávadlo - sa používa na úpravu hustoty kvapalín a tým na kontrolu ložiskového tlaku pred tlakovým prejavom. Medzi zaťažkávadlá sa zaraďujú hlavne baryt, uhličitán vápenatý a rôzne druhy solí.

Odpeňovač - slúži na redukciiu penenia v kvapalinách na báze solí.

Protistratové materiály - slúžia na prípravu proti stratovým zátok, ktoré sa zatláčajú do obzoru a tým sa eliminujú straty do ložiska. Proti stratové materiály môžu byť buď s časovo ohraničenou pôsobnosťou, alebo bez časovo ohraničenej pôsobnosti. Čo sa týka vzhľadu rozlišujeme vláknité, vločkovité alebo granulované materiály [4].

### 2.1 ADITÍVA NA PRÍPRAVU PRACOVNÝCH KVAPALÍN POUŽÍVANÝCH NA SLOVENSKU

Najčastejšie používané aditíva na prípravu pracovných kvapalín na Slovensku sú uvedené v tabuľke 1.

Aditíva, ktoré sa používajú v zahraničí sú uvedené v prílohe „Vrtné, vystrojovacie a pracovné kvapaliny“, ktorá vychádza pravidelne aktualizovaná každé dva roky v časopise World & Oil.

Tab. 1. Aditíva na prípravu pracovných kvapalín používaných na Slovensku.

Názov prípravku	Výrobca	Zloženie	Použitie
<b>Unipos TX 100</b>	UNICHEMA spol. s r.o.	Zmes biologicky odbúrateľných biopolymérov a polysacharidov	Na úpravu reológie a filtrácie výplachov, rozširovacích a pracovných kvapalín pri opravách sond a vrtných prácach.
<b>Unipos G</b>	UNICHEMA spol. s r.o.	Biologicky odbúrateľná zmes polysacharidov.	Na prípravu naplavovacej kvapaliny pri inštalácii pieskových filtrov do zásobníkových a ťažobných sond. Produkt je biologicky odbúrateľný a úplne vymývateľný počas ťažby. Biologickú degradáciu produktu je možné časovo regulovať aplikáciou breakeru.
<b>Unitem G</b>	UNICHEMA spol. s r.o.	Biologicky rozložiteľný polysacharid (nosný gél) s anorganickým antifiltrantom	Temblok-antifiltrant a kolmatačné činidlo s časovo ohraničeným pôsobením.
<b>Xantán</b>	UNICHEMA spol. s r.o.	Xhantan Gum	Na úpravu reológie a filtrácie výplachov, pracovných kvapalín pri opravách sond a vrtných prácach.
<b>Bronocid U</b>	UNICHEMA spol. s r.o.	Vodný roztok 2-BROM-2-NITROPROPAN-1,3-DIOLu	Na potlačenie aktivity baktérií v pracovných kvapalinách
<b>Odpeňovač U2</b>	UNICHEMA spol. s r.o.	Zmes derivátov mastných kyselín, polyglykolov a n-alkánového rozpúšťadla	Na potlačenie až likvidáciu penivosti vrtných, pracovných kvapalín a cementových zmesí.
<b>BDC COR SC3</b>	BDC Morava spol. s r.o.	30 % - 40 % etanol, 2,2'-oxybis, produkty - reakcie s amoniakom, zbytkové množstvá - derivátov morfolínu	Inhibitor korózie
<b>KCl, NaCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	podľa ponuky	podľa ponuky	Na úpravu hustoty pracovných kvapalín
<b>Kyselina citrónová, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, KOH, NaOH</b>	podľa ponuky	podľa ponuky	Na úpravu pH, úprava tvrdosti vody
<b>Vápenec</b>	podľa ponuky	podľa ponuky	Na úpravu filtrácie a hustoty pracovných kvapalín

## 2.2 DEFINÍCIE PRACOVNÝCH KVAPALÍN

Pri operáciách podzemných opráv sond (POS) sa používajú rôzne typy pracovných kvapalín v závislosti na vykonávaných operáciách. Tieto pracovné kvapaliny môžeme rozdeliť na:

Soľanka je vodný roztok solí. Ako soli sa najčastejšie používajú NaCl, KCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Pri POS sa nemôže používať obyčajná tzv. "sladká" voda, pretože spôsobuje napučovanie ílov v ložisku. Je dôležité si uvedomiť, že každá soľ má určitú hranicu nasýtenia, nad ktorou sa už ďalší prídavok soli nerozpustí.

- Definícia hmotnostnej koncentrácie

$$w = \frac{m}{m}^{(A)} [kg] \quad (1)$$

( roztok )

$$m_{(roztok)} = m_{(A)} + m_{(rozpušťač o)} [kg] \quad (2)$$

$$m_{(A)} = \frac{w_{(A)} \cdot m_{(voda)}}{1 - w_{(A)}} [kg] \quad (3)$$

w - hmotnostná koncentrácia (%)

$m_{(A)}$  - hmotnosť soli (kg)

$m_{(roztok)}$  - hmotnosť roztoku (sol' + voda) (kg)

$m_{(rozpúšťadlo)}$  - hmotnosť vody (kg)

- Definícia hustoty roztoku

$$\rho = \frac{m}{V} [kg \cdot m^{-3}] \quad (4)$$

$$\rho = \frac{m_{(voda)} + m_{(soli)}}{V_{(roztok)}} [kg \cdot m^{-3}] \quad (5)$$

V - výsledný objem soľanky ( $m^3$ )

$m_{(voda)}$  - hmotnosť čistej vody (kg)

$m_{(soli)}$  - hmotnosť pridanej soli (kg)

$\rho_{(roztok)}$  - hustota výslednej soľanky ( $kg \cdot m^{-3}$ )

- Umŕtvovalia kvapalina sa používa buď čistá soľanka, alebo soľanka s prídavkom rôznych aditív na zabezpečenie požadovaných parametrov. Umŕtvovalia kvapalina musí mať určitú hustotu v závislosti od ložiskového tlaku a hĺbky prác. Týmto kvapalina spĺňa kritérium protitlaku na ložisko, čím sa minimalizuje riziko erupcie.

Definícia hydrostatického tlaku:

$$p = h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} [MPa] \quad (6)$$

Hustota umŕtvovalia kvapaliny:

$$\rho = 1,05 \cdot \frac{p}{g \cdot h} [MPa] \quad (7)$$

p - hustota ( $kg \cdot m^{-3}$ )

p - ložiskový tlak (MPa)

h - hĺbka hornej hranice obzoru (m)

g - gravitačné zrýchlenie ( $9,81 m \cdot s^{-1}$ )

1,05 - koeficient bezpečnosti (5 % bezpečnostná rezerva)

- Pracovná kvapalina- používa sa soľanka s prídavkami rôznych aditív na zabezpečenie požadovaných parametrov. Pracovná kvapalina sa používa počas celej POS s výnimkou špeciálnych prác, počas ktorých sa používajú iné typy kvapalín, ktoré sú uvedené nižšie5.
- Blokovacia kvapalina- v praxi môžu nastať situácie kedy pri umŕtvení, prípadne pri premývaní sondy nastanú straty pracovnej kvapaliny do ložiska. V týchto prípadoch sa použije blokovacia kvapalina, ktorá týmto stratám zamedzí. Blokovacia kvapalina je vlastne temblok, ktorý sa rozdeľuje na:
  1. Temblok bez mechanických prímiesí: je to zmes biologicky rozložiteľných polysacharidov s prídavkom antifiltrantov. Stabilita týchto temblokov je časovo ohraničená.
  2. Temblok s mechanickými prímiesami: obsahuje pevné častice, ktoré vyplňajú obzor a nemá časovo ohraničenú stabilitu [5].

Pri POS na Slovensku sa ako temblok v súčasnej dobe používa Unitem-G.

- Kvapalina na karotážne meranie je vlastne pracovná kvapalina, ktorá ale musí byť bez mechanických prímiesí a čistá. Je to dôležité z dôvodu odrazu snímacích vln od nečistôt, čo spôsobuje nepresné výsledky. Na karotážne meranie sa musí pripraviť nová kvapalina, ktorá sa potom používa pre všetky typy merania. Táto kvapalina nemusí mať vysoké nároky na reologické parametre.
- Obvrtavacia kvapalina slúži na obvrtanie pieskového obsypu filtračnej kolóny a na vyčistenie počvy vrtu. Obvrtavacia kvapalina musí spĺňať požiadavku na reologické parametre, najmä na hodnotu medze



toku, ktorá musí byť minimálne 8 lb/100 ft<sup>2</sup>. Je to dôležité z hľadiska lepšieho výnosu naplavovacieho piesku.

- Frézovacia kvapalina sa používa pri operácii frézovania pažníc, prípadne rôznych častí náradia v sonde. Kvapalina musí spĺňať vysoké nároky na parametre ako medza toku, filtrácia a pH. Pri frézovaní dochádza k úlomkom ťažkého železa z frézovaných materiálov, ktoré je potrebné udržať vo vznose kvapaliny. Toto nám zabezpečí hodnota medze toku, ktorá musí byť min. 30 lb/100 ft<sup>2</sup>. Pri frézovaní pažníc dochádza pracovná kvapalina do kontaktu so zapažnicovým cementom, ktorý zvyšuje hodnotu pH, uvoľňuje vápenaté ióny a pôsobí negatívne na frézovacu kvapalinu. Preto je veľmi dôležité sledovať pH a udržiavať ho v optimálnych hodnotách 9 - 11. V neposlednom rade je potrebné mať optimálnu hodnotu filtrácie, nakoľko pri frézovaní dochádza ku styku s ložiskom. Hodnota filtrácie by nemala byť vyššia ako 7 ml/30 min [5].
- Rozširovacia kvapalina slúži na rozšírenie a prečistenie Open Hole (otvorený vrt). Dochádza ku kontaktu s ložiskovým materiálom. Musí spĺňať vysoké nároky na reológiu, filtráciu a inhibíciu. Zloženie je totožné ako zloženie frézovacej kvapaliny. Rozdiel je v požadovaných parametroch. Hodnota medze toku má byť v rozsahu 10 - 20 lb/100 ft<sup>2</sup>, hodnota filtrácie by mala byť nižšia ako 6 ml/30 min. Ako inhibítor ílov sa používa K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> bez prídavku iných solí [4].
- Oddeľovacia kvapalina sa používa pri výmenách jednotlivých typov kvapalín, prípadne pri začerpávaní kyselinovacích roztokov. Je to z dôvodu možnej reakcie odlišných aditív na stykovej ploche dvoch kvapalín. Používa sa soľanka upravená na požadovanú hustotu s prídavkom farebného značkovača na zaistenie vizuálnej kontroly ukončenia výmeny kvapalín v sonde. V súčasnej dobe sa na Slovensku osvedčilo použitie UNIPOSU G ako činidla na prípravu oddeľovacej kvapaliny [4].
- Naplavovacia kvapalina sa používa pri operácii naplavenia pieskového obsypu protipieskových filtrov. Kvapalina je na báze soľanky, alebo soľanky s prídavkom UNIPOSU G, ktorý slúži ako regulátor viskozity na zabezpečenie rovnomerného naplavenia piesku. Kvapalina na báze gélov znižuje riziko strát do ložiska a vypadávanie ložiskového materiálu. Kvapalina na báze gélov je biologicky odbúrateľná, pričom biologickú degradáciu môžeme časovo regulovať aplikáciou breakeru (rozbijač polymérov) [4]. Pred prípravou naplavovacej kvapaliny je potrebné urobiť dôkladný rozbor v laboratóriu podľa aktuálnych podmienok, Wayne teploty a tlaku ložiska, typu obzoru, teploty na povrchu, atď. Tiež je veľmi dôležité dbať na čistotu nádrží. Pred samotnou operáciou naplavenia sa do nádrže s naplavovacou kvapalinou pridá breaker. Breaker sa pridáva v koncentrácii 20 g na 1 m<sup>3</sup> naplavovacej kvapaliny. Pripravuje sa rozpustením požadovaného množstva práškového breakeru v 10 litroch vody [4].
- Čistiaca a kyselinovacia kvapalina sa používa po skončení POS na vyčistenie čerpacích rúr od mazadiel zo spojov a posúvačov produkčných krížov. Ďalší zdroj znečistenia sú zbytky pracovných kvapalín nafiltrované do obsypu a kolektorskej hominy. Dôsledkom je zníženie produkčných parametrov sondy. Ako čistiaca kvapalina sa používa roztok kyseliny chlorovodíkovej, prípadne kyseliny octovej a kyselinovanie (intenzifikáciu) sondy sa používa roztok Retakysu. Retakys je zmes kyseliny mravčej, enzýmov a alkoholu v kyslom prostredí. Čistiaca kvapalina sa začerpá do stúpačiek a vycirkuluje sa cez tryskový manifold. Kyselinovacia kvapalina sa začerpá tak, aby hlava kvapaliny bola zároveň hlavy filtračnej kolóny.
- Pakrovacia kvapalina slúži na vyplnenie medzikružia nad pakrom nakoľko pakrovacia kvapalina je v sonde niekoľko rokov, treba brať do úvahy vplyv korózie a baktérií. Pri príprave treba dbať na čistotu kvapaliny, aby sa pri začerpávaní nedostali do sondy nečistoty, ktoré by mohli znehodnotiť predošlú opravu.

Kvapalina nemôže obsahovať látky, náchylné na prítomnosť baktérií. Mohlo by prísť k biologickým rozkladom a znehodnoteniam sondy. Pakrovacia kvapalina sa musí pripraviť z čistej vody, ktorá sa prefiltruje [4].

### 2.3 PARAMETRE PRACOVNEJ KVAPALINY

- Hustota- na zabezpečenie požadovanej hustoty sa používa najmä KCl, NaCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. V praxi môžu nastať prípady, kedy potrebujeme kvapalinu o vyššej hustote ako nám môžu poskytnúť soľanky. V týchto prípadoch sa na zaťažkavanie používa vápenec, baryt a iné zaťažkavádlá.

$$m_{(\text{zaťažkávadlo})} = \frac{\rho_{(\text{zaťažkávadlo})} \cdot V_{(\text{zaťažkávadlo})}}{\rho_{(\text{zaťažkávadlo})} - \rho_2} \quad [\text{kg}] \quad (8)$$

$m$  (zaťažkávadlo) - hmotnosť pridaného zaťažkávadla na 1 m<sup>3</sup> kvapaliny (kg)

$\rho$  (zaťažkávadlo) - hustota zaťažkávadla - pre baryt 4200 kg.m<sup>-3</sup>; pre vápenec 2600

kg.m<sup>-3</sup>  $\rho_1$  - pôvodná hustota kvapaliny (kg.m<sup>-3</sup>)

$\rho_2$  - požadovaná hustota kvapaliny (kg.m<sup>-3</sup>)

Reológia- medzi reologické parametre patria hodnoty zdanlivej a plastickej viskozity, medze toku a hodnoty gélu. Tieto parametre sú zodpovedné za očisťovanie, dynamické a statické vlastnosti a výnosové schopnosti kvapalín. Reologické parametre tiež ovplyvňujú hydrauliku čerpadiel.

- Plastická viskozita (plastic viscosity - PV) udáva odpor toku spôsobený mechanickým trením. Toto trenie je spôsobené obsahom pevnej fázy, veľkosťou a tvarom častíc a viskozitou tekutej fázy. Zvýšenie obsahu pevných častíc nám spôsobí zvýšenie plastickej viskozity.
- Medza toku (yield point - YP) udáva počiatočný odpor toku spôsobený elektrochemickými silami medzi časticami. Medza toku závisí od povrchu častíc tuhej fázy, objemovej koncentracii tuhých častíc. Udáva výnosové vlastnosti kvapaliny, keď je kvapalina v pohybe.
- Gél (gel strength) hovorí o tzv. gelovatení kvapaliny, keď nie je kvapalina v pohybe. Pevnosť gélu sa meria pri 3 otáčkach Fann viskozimetra v časovom horizonte 10 s a 10 min. Je žiaduce udržiavať hodnotu gélu v čo najužšom rozsahu hodnôt pri 10 s a 10 min, čím je gél optimálny. Široký rozsah hodnôt medzi týmito jednotlivými hodnotami gélu sa označuje ako progresívny gél, ktorý je nežiaduci.

Na zabezpečenie reologických parametrov sa používajú rôzne typy biologicky rozložiteľných biopolymérov a polysacharidov. Na Slovensku sa používa Unipos TX 100 a Xantán.

- Filtrácia- hodnota filtrácie udáva schopnosť kvapaliny vytvárať filtračnú kôrku a zamedzovať tak stratám do ložiska. Na zabezpečenie požadovanej hodnoty filtrácie je vhodný Unipos TX 100 s prídavkom jemne mletého, prípadne mikromletého vápenca (CaCO<sub>3</sub>).
- pH- hodnota pH sa musí udržiavať v mierne zásaditom prostredí. Na zvýšenie pH sa používa najmä NaOH, KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. NaHC0<sub>3</sub> a zníženie hodnoty pH sa používa najmä kyselina citrónová [1-4].

## ZÁVER

Príspevok poukazuje na rôznorodý účel využitia pracovných kvapalín – vrtných výplachov, ktoré zabezpečujú hladký priebeh vrtania alebo vystrojovania, tlakovú stabilitu v ložisku a eliminujú poškodenie záujmového obzoru. Pracovné kvapaliny sú vo všeobecnosti používané pri vystrojovaní sond a vrtov, pričom sú využívané počas operácií ako je umŕtvenie sondy, prečistenie sondy, prechodu na nový záujmový obzor, naplavenie filtračnej kolóny a následné vystrojovanie. Jednotlivé druhy kvapalín sa volia v závislosti na jej použitej aplikácii a požadovaných vlastnostiach. Všetky používané aditíva (prášková, granulovaná, tekutá alebo pastovitá forma) a prímiesy sú pripravované v takých koncentráciách, aby boli zdraviu neškodné a inertné voči životnému prostrediu.

## LITERATÚRA

- [1] [Příkryl J.](#) : Vrtné výplachy, Edičné stredisko Vysokej školy technickej, Košice, (1987).
- [2] <http://www.bakerhughes.com/products-and-services/drilling/drilling-fluids>, citované 16.7.2016.
- [3] [www.fanarco.net/books/drilling/02Mudtypes.MuddataHydraulics.ppt](http://www.fanarco.net/books/drilling/02Mudtypes.MuddataHydraulics.ppt), citované 18.7.2016.
- [4] [www.alarcorp.com](http://www.alarcorp.com), citované 17.7.2016.
- [5] [Ober E, Jones F.D. \(ed.\)](#): Machinery's Handbook: A Reference Book for the Mechanical Engineer, Designer, Manufacturing Engineer, Draftsman, Toolmaker, and Machinist , Industrial Press, Inc.; 25 edition, (1996).
- [6] Horniaková E., Búgel M., Bakalár T.: Chem. Listy 104, 257- 260 (2010).