

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 307 771

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

*E21B 43/20* (2006.01)  
*E21B 43/24* (2006.01)  
*E21B 43/241* (2006.01)  
*E21B 43/247* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2017-562**  
(22) Přihlášeno: **19.09.2017**  
(40) Zveřejněno: **24.04.2019**  
**(Věstník č. 17/2019)**  
(47) Uděleno: **13.03.2019**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **24.04.2019**  
**(Věstník č. 17/2019)**

(56) Relevantní dokumenty:

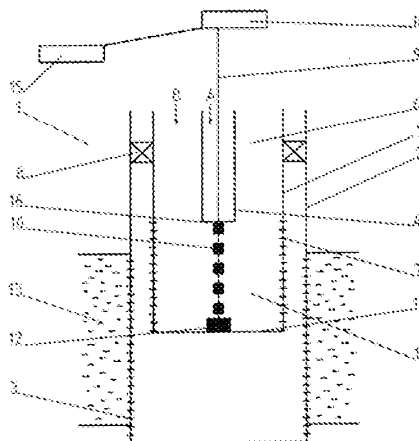
WO 0181239; US 8955591; CN 103953319; US 7784533; US 5829519; US 4116275; GB 2099049; WO 2010043239.

(73) Majitel patentu:  
prof. Dmitri Anatoljevich Lemenovski, Moskva, RU  
Ing. Zdeněk Koller, Praha 5, Stodůlky, CZ  
RNDr. Pavel Jablonský, Praha 7, Bubeneč, CZ  
Ing. Vladimíra Beňová, Praha 4, Chodov, CZ  
Ing. Ladislav Pavličko, 080 01 Malý Šariš, SK

(72) Původce:  
prof. Dmitri Anatoljevich Lemenovski, Moskva, RU  
Ing. Zdeněk Koller, Praha 5, Stodůlky, CZ  
RNDr. Pavel Jablonský, Praha 7, Bubeneč, CZ  
Ing. Vladimíra Beňová, Praha 4, Chodov, CZ  
Ing. Ladislav Pavličko, Malý Šariš, SK

(74) Zástupce:  
Kania, Sedlák, Smola, Ing. Jiří Malůšek, Mendlovo náměstí 157/1, 603 00 Brno, Staré Brno

jednotka (14) je napojená na technologickou jednotku (15).



(54) Název vynálezu:

**Zařízení pro efektivní těžbu bitumenu a ropy a způsob přípravy těžebního zařízení**

(57) Anotace:

Zařízení (1) pro efektivní těžbu bitumenu a ropy je tvořeno těžebnou sestavou (17) v roponosné pasti (13) a řídicí jednotkou (14) spojenou s technologickou sestavou (15), které jsou na povrchu, přičemž vrtná sestava (17) je opatřena pažnicí (2), která je opatřena perforací (3), kdy je v pažnici (2) uspořádána vnitřní stupačka (4), a kolem této vnitřní stupačky (4) je uspořádána vnější stupačka (5), která je rovněž opatřena perforací (7) a má pevné dno (11). Vnitřní stupačka (4) je vespod otevřená a její spodní konec (16) je nad dnem (11) vnější stupačky (5), přičemž vnitřní stupačkou (4) je vedeno lano (9), které je svým koncem v roponosné pasti (13) ukotveno na dnu (11) vnější stupačky (5) a druhým koncem je vyvedeno na povrch k řídicí jednotce (14) na povrchu. Do prostoru mezi dnem (11) a spodním koncem (16) vnitřní stupačky (4) je na lanu (9) uspořádáno alespoň jedno čidlo (10), které je spojeno kabelem s řídicí jednotkou (14) a řídicí

CZ 307771 B6

## Zařízení pro efektivní těžbu bitumenu a ropy a způsob přípravy těžebního zařízení

### Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu efektivní těžby bitumenu, břidličné ropy a velmi těžké ropy s využitím její částečné konverze na lehké uhlovodíky in-situ za využití přesné regulace teploty a částečně i tlaku v reálném čase.

10

### Dosavadní stav techniky

Obecně platí, že čím je ropa těžší a čím má vyšší viskozitu, tím obtížněji se těží. Pokud se sníží její viskozita, těžba se může prudce zvýšit. Pokud se její viskozita sníží trvale, je snazší nejen její těžba, ale i její přeprava zejména v arktických končinách a taková ropa je obvykle prodejná za podstatně vyšší cenu. I částečná přeměna komplexních uhlovodíkových molekul na molekuly jednoduché výrazně zvýší výtěžnost ložiska.

Obecně také platí, že čím je nižší porozita roponosného kolektoru a čím je nižší jeho permeabilita, tím obtížněji se ropa (ale i plyn) z něho těží. Typickým příkladem jsou břidlice, které ale navíc obsahují kerogeny. Pokud změníme porozitu a permeabilitu kolektoru, je mnohem snazší těžba uhlovodíků z něho (toho využívá např. hydraulické štěpení horniny – tzv. hydrofracturing), ale pokud navíc dokážeme komplexní uhlovodíky přeměnit na syntetickou lehčí ropu, zvýší se až mnohonásobně výtěžnost ropy z celého ložiska. De facto se zvýší nejen výtěžnost, ale v případě břidlic se může až mnohonásobně zvýšit i obsah ropy v ložisku.

V minulosti se objevilo několik patentů, které navrhovaly použít pro přeměnu těžkých uhlovodíků na lehké uhlovodíky vodu v superkritickém stavu (teplota > 374 °C, tlak > 22 MPa) za přítomnosti některých katalyzátorů.

30

Lze uvést například kanadské patentové přihlášky CA 220804 (A1) nebo CA 2000251 A1 nebo americké patentové přihlášky US 2011/0049016 A1 a US 2009/0159498 A1 či ruský patent RU 0002576267. Všechna řešení v těchto spisech však mají jeden závažný nedostatek, který buď úplně, nebo téměř znemožňuje jejich praktické využití. Žádný z nich totiž neřeší, zda je možno přivést vodu do superkritického stavu přímo v roponosném kolektoru – všechny předpokládají, že se nějakým blíže nespecifikovaným způsobem dá dostat superkritická voda dolů. RU 2576267 dokonce připouští, že v tepelně izolovaných stupačkách, jimiž by se taková voda dolů přiváděla, bude na každý běžný kilometr energetická ztráta asi 10%. Pokud břidličné ložisko leží 3 až 4 km hluboko (a to je hloubka, kde se většina zajímavých ložisek nalézají), je zde vážný problém, a to i přesto, že ruský patent navrhuje doplnit ztracenou energii vhodnými oksylichovadly, která by reagovala s uhlovodíky. Katalyzátory uváděné v těchto patentech jsou "heterogenní". Aby plnily svou funkci, musí se molekula katalyzátoru dostat do styku s molekulou složitějšího uhlovodíku, což je při obrovské viskozitě těchto materiálů a mnohdy i při velice nízké porozitě a permeabilitě problém. Katalyzátory se na místo určení dostanou jen obtížně a reakce nebude probíhat rovnoměrně.

U břidlic se běžně vytěží 4 až 5 % celkové zásoby a nejrůznější navržené stimulační metody tuto hodnotu hypoteticky posunou na úroveň 5 až 7 %, což ale znamená navýšení nákladů skoro o 50 %. Odhady odborníků uvádějí, že při konverzi kerogenů na syntetickou ropu může výtěžnost dosáhnout 40 až 50 %. Kerogenů je v břidlicích 10 až 30 % hmotnostních, s ohledem na měrnou hmotnost, ale přesahují víc než polovinu objemu. Pokud by se přání odborníků vyplnilo a kerogen se částečně přeměnil na syntetickou lehkou ropu a/nebo plyn, měli bychom velice porézní horninu, s vysokou permeabilitou, a těžba nebude problémem. Problémem však zůstává doprava dostatečné energie do kolektoru.

50

Nejčastější stimulační metodou pro těžbu ropy z těchto formací je tzv. hydro–fracturing (hydraulické štěpení horniny). Je vhodný pouze pro lehčí ropy, je problematický z hlediska ekologie a náklady na 1 barel jsou velmi vysoké.

- 5 Co se týče těžké ropy a bitumenu, tak běžné termické metody využívají buď horkou vodu, nebo přehřátou páru. Přehřátá pára se používá pro těžbu bitumenu a velmi těžké ropy do hloubek 800 až 900 metrů. Naprostá většina bitumenů "měkne" při teplotách v rozsahu 70 až 110 °C. Opět je zde důležitý ekonomický faktor. Bitumenů se vytěží kolem 20 %, ale čtvrtina se hned na místě spotřebuje na výrobu tepla.

10 Všechny známé technologie spojuje jeden princip – vysoký ohřev, pokud možno co největšího objemu horniny, při němž je možno dosáhnout pyrolytického efektu, a všechny rozdělují způsob, jak tohoto cíle dosáhnout. Některé z technologií mohou dávat velmi dobré výsledky především na mělkých břidličných vrtech nebo na vrtech s těžkou ropou. Žádná z dosud známých technologií  
15 však zřejmě nemá širší všeobecné použití pro těžbu ropy z břidlic nebo pro těžbu bitumenu a velmi těžké ropy bez ohledu na jejich geologickou strukturu a hloubku depozitu.

Všechny technologie se potýkají s problémem efektivní dopravy dostatečného množství tepla (energie) do roponosné sloje obsahujícího komplexní uhlovodíky a s dopravou vhodných  
20 katalyzátorů, jejichž rozměry musí být nejméně o řád menší, než jsou rozměry mikropórů v kolektoru.

Cílem vynálezu je představit způsob těžby bitumenu, břidličné ropy a velmi těžké ropy který by byl spolehlivě provozovatelný v plně automatizovaném režimu a zařízení k jeho provádění.

25

#### Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje do značné míry zařízení pro efektivní těžbu bitumenu a ropy  
30 podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že v pažnici je uspořádaná vnitřní stupačka, a kolem této vnitřní stupačky je uspořádána vnější stupačka, která je rovněž opatřena perforací a má pevné dno, přičemž vnitřní stupačka je vespod otevřená a její konec je nad dnem vnější stupačky, přičemž vnitřní stupačkou je vedeno lano, které je svým koncem v roponosné pasti ukotveno na dnu vnější stupačky a druhým koncem je vyvedeno na povrch k řídicí jednotce na  
35 povrchu, přičemž do prostoru mezi dnem a koncem vnitřní stupačky je na lanu uspořádáno alespoň jedno čidlo, které je spojeno kabelem s řídicí jednotkou, a řídicí jednotka je napojená na technologickou jednotku.

Dalším předmětem vynálezu je způsob přípravy těžebního zařízení pro monitoring poměrů ve  
40 vrtu pro následující efektivní těžbu, kdy se v roponosné pasti v místě těžby uspořádá těžební sestava s vnitřní stupačkou, která slouží k přívodu jedné chemické kompozice, do vrtné sestavy se spustí lano, které se ukotví ve vnější stupačce pro přívod druhé chemické kompozice, která se uspořádá kolem vnitřní stupačky, přičemž toto lano se opatří pod výstupem z vnitřní stupačky alespoň jedním čidlem, spojeným kabelem s řídicí jednotkou, a podle signálů od čidel ohledně  
45 teploty a tlaku řídicí jednotka ovládá činnost technologické jednotky ohledně přívodů kompozic, katalyzátorů a vody.

Ve výhodném provedení se do kompozice buď předem, nebo současně, nebo se zpožděním, přidávají katalyzátory na bázi kovů ze skupiny jako jsou hliník, zinek, železo, vanad, molybden,  
50 wolfram, mangan, výhodně ve formě roztoků nebo suspenzí.

V dalším výhodném provedení je způsob analogicky použit pro vrty vedené do roponosných pastí šikmo nebo horizontálně.

Do kompozice se buď předem, nebo současně, nebo se zpožděním, přidávají katalyzátory na bázi kovů ze skupiny jako jsou např. hliník, zinek, železo, vanad, molybden, wolfram, mangan nejlépe ve formě roztoků, suspenzí apod., následně doplněné vhodnými kyselinami nebo zásadami a podle volby kompozice též dostatečné množství vody nezbytné pro přeměnu komplexních uhlovodíků na syntetickou ropu, přičemž u vody se po dosažení superkritických podmínek, při nichž se sama může rozkládat, umožní stav, kdy voda za přítomnosti katalyzátorů štěpí těžké polymerické molekuly na lehčí, a celý takový proces je regulován v reálném čase bez ohledu na hloubku roponosné pasti, a to tak, že lze předem nastavit dostatečnou pracovní teplotu, kterou bude systém v sondě udržovat v úzkém rozmezí, a zároveň bude využívat tlaku vznikajících plynů k plynotermickému štěpení horniny. Důležité je dopravit do roponosné pasti dostatečné množství zdrojů vodíku, aby mohlo snáze dojít ke snazší tvorbě syntetické lehké ropy.

Dalším předmětem vynálezu je zařízení na provádění výše zmíněného způsobu

15

#### Objasnění výkresů

Vynález bude dále přiblížen pomocí výkresů, na kterých je na obr. 1 znázorněn fázový diagram pro vodu, na obr. 2 je pohled na zařízení pro řízené čerpání ropy v roponosné pasti s aplikovanými čidly pro monitorování provozních parametrů v ložisku podle vynálezu a obr. 3 představuje technologické schéma se znázorněním uspořádání a propojení prvků technologické jednotky, která je spojena s těžební sestavou podle vynálezu z obr. 2, nacházející se v roponosné pasti.

25

#### Příklady uskutečnění vynálezu

Předmětem ochrany je efektivní způsob těžby komplexních uhlovodíků z málo propustných hornin, břidlic, roponosných pastí obsahujících bitumen, těžkou ropu apod. Metoda spočívá v ošetření rozsáhlé oblasti roponosné pasti v okolí sondy komplexním automatizovaně řízeným systémem termochemických reakcí, kdy při teplotách kolem 450 až 550 °C a za přítomnosti superkritické vody a katalyzátorů dojde k přeměně složitých uhlovodíků na syntetickou ropu a dále též dojde k plynotermickému štěpení horniny, přičemž celkový efekt zajišťuje jak každá z uvedených účinných složek (jevů, činností) samostatně, tak i jejich celková kombinace. Klíčovým pro ekonomicky efektivní výsledek je fakt, že veškeré reakce probíhají pouze částečně přímo v sondě, a většina probíhá v kolektoru dále od sondy, přičemž navržený přesný řídicí systém kontroluje v reálném čase prakticky bez zpoždění a bez ohledu na hloubku sondy optimální rychlost čerpání reagentů, iniciátorů nebo inhibitorů reakce, a tedy teplotu a částečně i tlak a zamezí přehřátí a zničení sondy,

40

Lze snadno dosáhnout i mnohem vyšších pracovních teplot (700 až 800 °C), avšak otázkou je celková ekonomika procesu, protože ta je dána především spotřebou energie a mírou jejího efektivního využití. Také je třeba mít na zřeteli technické řešení roponosné pasti. Staré vrty by se snadno mohly příliš poškodit, avšak nové mohou být přímo konstruovány na takové extrémní podmínky.

45

Z fyzikálně chemického hlediska, pro zvýšení těžby komplexních uhlovodíků je principiální dostatek energie a vodíku, který způsobí, že se jejich podstatná část trvale přemění na uhlovodíky jednoduché, čímž se viskozita výrazně sníží.

50

Břidlice obsahující ropu a kerogeny, případně fylity a některé další horniny se obvykle vyznačují nízkou porozitou a propustností a obsahují ropu a kerogeny. Těžké uhlovodíky mají značnou teplotní roztažnost a při jejich ohřevu o 100 °C se jejich objem zvýší o jednotky procent, což pomáhá zvětšit porozitu díky štěpení horniny expanzí kapaliny, která je v hornině přítomná.

55

Většinou se v depositu nalézá i voda a pokud tam není, může být cíleně dodána jako rozpouštědlo některých chemických reagentů, které se využijí pro termochemický ohřev.

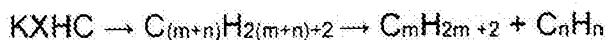
Vhodně zvolené reagenty nám pomohou dosáhnout určité teploty horniny beze ztrát. V další etapě pak oksylichovadla, produkty prvotních reakcí spolu s katalyzátory a vodou v superkritickém stavu nebo v jeho blízkosti vstoupí do reakcí s uhlovodíky a dochází k jejich štěpení, což změní jejich podstatu a ulehčí těžbu. K bezpečnému průběhu reakce je třeba používat regulaci, která zamezí poškození vrtu, k němuž by velmi snadno mohlo dojít, pokud bychom neudržovali teplotu v určitém předem zvoleném rozsahu.

Na obr. 1 je znázorněn fázový diagram pro vodu. Za hranicí 374 °C a nad hranicí 220 atmosfér (~22 MPa) se voda nachází v tzv. superkritickém stavu (superkritická kapalina). Přítomnost některých látek může posouvat teplotu kritického bodu dolů (například CO<sub>2</sub>) nebo nahoru (některé soli a jiné materiály). Většina látek však obvykle posouvá hodnotu tlaku směrem vzhůru (viz obrázek).

V roponosné pasti jsou za superkritických podmínek přítomné i uhlovodíky a vhodné katalyzátory, pak se voda může především při dosažení ještě vyšších teplot částečně rozložit a uvolněný kyslík bude exotermicky oksylichovat přítomné uhlovodíky za vzniku CO<sub>2</sub> a vodní páry a pomůže udržovat vysokou teplotu, zatímco uvolněný vodík způsobí štěpení největších uhlovodíkových molekul a vzniklý CO<sub>2</sub> pomůže snižovat hranici teploty pro vznik superkritických podmínek (a viskozitu ropy). Vazby mezi atomy uhlíku se štěpí a na uvolněné vazby se napojují volné atomy vodíku. K tomuto štěpení přispívá výraznou měrou i teplota, jejíž hodnotu budeme udržovat nejméně na úrovni 450 až 500 °C, kdy štěpení probíhá mnohem rychleji než při teplotách nad 300 °C (de facto pyrolýza). Zároveň do reakce vstupuje i voda, která se také částečně štěpí na vodík a kyslík. Tím se může výrazně změnit chemické složení fluida obsaženého v břidlicích, neboť se polymerní látky, z nichž se skládají kerogeny, rozbijí na molekuly podstatně menší a ty dále ještě na menší atd., až vznikne "syntetická" lehká ropa, a to trvale. Stupeň transformace kerogenu na lehčí uhlovodíky je závislý na velikosti vodíkového indexu (HI). Volbou vhodných reagentů lze vodíkový index za určitých podmínek zvýšit. Obecně lze odhadnout, že u kerogenů typu I se pyrolýzou může transformovat až 80 % kerogenu na uhlovodíky a 20 % se změní v koks. U typu II může být poměr kolem 50:50 a u typu III naopak 20:80. Celkový objem kerogenů v břidlici bývá konzervativně kolem 15 % hmotn. (ovšem vzácností není ani 20 až 30 %), celkový objem pórů (tedy včetně těch zaplněných těžkými uhlovodíky) bývá do 5 %. Specifická hmotnost kerogenu je obvykle 1020 až 1070 kg/m<sup>3</sup>, specifická hmotnost anorganických materiálů v břidlicích se pohybuje kolem hodnoty 2500 kg/m<sup>3</sup>. Pyrolýzou kerogenů se celkový objem pórů zaplněných těžkými uhlovodíky znásobí. Tento způsob zvýšení porosity tak trvale významně pomůže zvýšit těžitelnost uhlovodíků z břidlic. Porosita může dosáhnout desítek procent. Maximální hodnoty teploty pro maximální zvýšení permeability se obvykle pohybují kolem 500 °C, přičemž prudký nárůst počtu trhlin začíná obvykle kolem 300 °C. Při vyšších teplotách již významně nenarůstá. Této vlastnosti navržený proces optimálně využívá kombinaci pyrolýzy za přítomnosti superkritické vody a katalyzátorů. Ne vždy bude možné dosáhnout požadovaného tlaku (zejména u mělkých depositů), ale vliv teploty a vhodných katalyzátorů na proces konverze kerogenů na syntetickou ropu může být vyšší, než vliv vysokého tlaku, zejména proto, že při ohřevu ložiska bude vysoká teplota zachována poměrně dlouho a nedostatek tlaku může být částečně kompenzován delším časem, při němž se polymery (kerogeny, bitumeny apod.) mohou rozkládat na podstatně jednodušší frakce.

Bude-li se zvyšovat teplota nad hodnoty 450 °C, bude se voda částečně rozkládat na vodík a kyslík, což dále zrychlí proces konverze těžkých uhlovodíků.

Rozkladovou reakci komplexních uhlovodíků (KXHC) při pyrolýze lze zhruba popsat takto:



$$Q_{reakce} = Q_{(v\ddot{y}h\ddot{r}evnost\ spalovan\ddot{e}ho\ kerogenu)} + Q_{(v\ddot{y}h\ddot{r}evnost\ l\ddot{a}tek\ zp\ddot{u}sobujicich\ pyrol\ddot{y}zu)}$$

Výhřevnosti již obsahují entalpii rozkladových reakcí (tedy energii, kterou je třeba na počátku dodat, aby k reakcím vůbec mohlo dojít).

5

Správnou volbou z celé škály reagentů snadno dosáhneme teplot kolem 500 °C A není žádným problémem dosáhnout vysokých tlaků. Tam jsme omezeni de facto jen hloubkou, pevností horniny a konstrukcí vrtu, přičemž povrchové vstrojení vrtu lze přinejmenším dočasně změnit.

10 Spisy WO 2010/043239 (A1) a WO 2017/041772 (A1) popisují celou řadu použitelných chemikálií. Z hlediska použitých koncentrací doporučujeme na rozdíl od uvedených patentů použít maximálně možné, avšak ještě bezpečné koncentrace. Tyto materiály jsou označeny jako TGEC (Thermal Gas Evolving Component). Dále jsou přítomny iniciátory, resp. stabilizátory, označované jako RIS (Reaction Initiation Stabilizer).

15

Zde se navrhuje rozšířit tyto materiály o peroxid vodíku, metanol a etanol. Z hlediska katalytických vlastností je zajímavé přidávat do TGEC poměrně vysoké procento rozpustných solí některých kovů, například dusičnan železitý, nebo jej přímo použít jako oksyličovadlo. Jako katalyzátory můžeme použít například hliník a zinek (například ve formě prášků, solí nebo kysličníků rozpuštěných ve vhodném rozpouštědle, aby bylo dosaženo co největšího povrchu katalyzátorů) nebo některé katalyzátory používané při krakování ropy (obvykle na bázi molybdenu, vanadu nebo wolframu; například kyselina wolframová). Katalyzátory lze přidávat k TGEC poté, kdy reakce v kolektoru započala, ale je možné dopravit je do kolektoru i před započítím reakcí. Katalyzátory se přidávají k hlavní účinné látce (TGEC) ve vhodném poměru podle jejich účinnosti. Katalyzátory volíme podle toho, jakého výsledku chceme dosáhnout: zda je žádoucí získat větší podíl kapalných nebo větší podíl plynných uhlovodíků.

20

25

S ohledem na mnohdy velmi nízkou porozitu a fyzikální rozměry pórů navrhujeme použít katalyzátory v co nejjemnější formě, tedy tzv. nano-katalyzátory nebo katalyzátory na bázi roztoků nebo kapalin, kdy rozměry částic jsou na molekulární úrovni.

30

Zařízení 1 pro efektivní těžbu je tvořeno těžební sestavou 17 v roponosné pasti 13, která je na obr. 2, a řídicí jednotkou 14 spojenou s technologickou jednotkou 15, které jsou na povrchu. Ta je vidět ve schématu na obr. 3.

35

Na obr. 2 je schematicky zobrazena spodní část roponosné pasti 13 s těžební sestavou 17. Ta obsahuje některé známé části, ale i nové části podle vynálezu. V roponosné pasti 13 je známá pažnice 2, která je opatřena perforací 3. V ní je uspořádaná vnitřní stupačka 4, což je nový prvek podle vynálezu, a kolem této vnitřní stupačky 4, jejíž vnitřní průměr je s výhodou 3,80 cm, je uspořádaná sama o sobě známá vnější stupačka 5, která je však nově opatřena perforací 7, přičemž vnější stupačka 5 má pevné dno 11. Vnitřní stupačka 4 je vespod otevřená a její spodní konec 16 je nad dnem 11 vnější stupačky 5. Prostor mezi pažnicí 2 a vnější stupačkou 5 je uzavřen packerem 8. Ten je umístěn asi 100 m nad perforací 3, ale může být i níže nebo výše, podle tepelné odolnosti. Vnitřní stupačkou 4 je vedeno lano 9, které je svým koncem v roponosné pasti 13 ukotveno závažím 12 a druhým koncem u řídicí jednotky 14 na povrchu. Do prostoru mezi dnem 11 se závažím 12 a spodním koncem 16 vnitřní stupačky 4 se na lanu 9 uspořádají čidla 10, resp. jejich kabely. Na dnu 11 vnější stupačky 5 ukotvené lano 9 opatřené čidly 10 je další významnou součástí těžební sestavy 17 podle vynálezu.

40

45

Vnitřní stupačkou 4 se přivádí chemická kompozice A, což je znázorněno šipkou A a mezikružím mezi vnitřní stupačkou 4 a vnější stupačkou 5 a přivádí se chemická kompozice B což je znázorněno šipkou B.

- 5 Složení chemických kompozic není předmětem tohoto vynálezu, je zmíněno v předchozích odstavcích, zvláště těch pojednávajících o TGEC, resp. RIS.

Řídicí jednotka 14 je napojená na technologickou jednotku 15, která bude podrobně popsána s odvoláním na obr. 3.

10

Cílem je získávání informací pomocí čidel 10 o prostředí ve spodní části roponosné pasti, kde v důsledků reakcí chemických složek A a B dochází k tvorbě horkých plynů, které kolem čidel 10, která tak mohou měřit teplotu, tlak či jiné veličiny, prostupují díky perforacím 7 ve vnější stupačce 5 do roponosné pasti 13. V oblasti kolem čidel 10 je tedy měřicí prostředí, které v

15

Čidla 10 a k nim vedoucí kabely od řídicí jednotky 14 mohou být elektrického nebo optického charakteru, a informace, kterou tato čidla podávají průběžně řídicímu systému, slouží k udržování teploty (a někdy i tlaku) kolem předem zvoleného pracovního bodu, který je optimální jak z

20 hlediska rychlosti šíření horkého fluida do kolektoru, tak i z hlediska konverze komplexních uhlovodíků na lehké, přičemž teplotu a částečně i tlak systém reguluje v reálném čase změnou rychlosti nebo poměrů začerpávaných reagentů nebo inhibitorů reakce nejméně dvěma kanály s

možností využití speciálního vstřikovacího zařízení, přičemž kanály vyúsťují pod packerem 8 (obturátorem) v okolí zóny perforace roponosné pasti 13 (jedná-li se o roponosnou past

25 zapáženou až ke dnu).

25

Je zřejmé, že místo dvou koncentrických stupaček 4 a 5 může být použito jiné technické řešení kanálů pro dopravu kompozic a měřicích zařízení, jako jsou například pružné stočené trubky, označované jako "coiled tubing", nebo stupačky s integrovanými vstřikovacími trubkami,

30 označované "injection line", apod.

30

Řídicí jednotka 14 je napojená na technologickou jednotku 15, která je schematicky zobrazena na obr. 3. Je zde vidět uspořádání a propojení jednotlivých prvků této technologické jednotky. Technologická jednotka 15 obecně slouží k přípravě kompozice A a kompozice B tvořené ze

35 sypkých chemických látek smíšených s vodou a k jejich řízenému dopravení přes čtyřcestný řídicí ventil 41, a dále přes vysokotlaké plunžrové čerpadlo 40, do roponosné pasti spolu s katalyzátorem C, kde spolu reagují a intenzifikují těžbu ropy z ložiska. Co se týče přípravy kompozice A sestává technologická jednotka 15 z nádrže 18 na vodu, která je spojena přepadem 45 s nádrží 19, kam jsou přiváděny prvky pro kompozici A. Co se týče přípravy kompozice B,

40 tak technologická jednotka 15 sestává z vodní nádrže 38, která je spojena přepadem 46 s nádrží 27, kam jsou přiváděny prvky pro kompozici B. Sypké chemické látky jsou do nádrže 27 pro kompozici B dodávány šnekovým dopravníkem 39 s běžným neznázorněným dávkovačem a neznázorněnou násypkou.

40

- 45 V prostoru 43 pro čerpadla se nacházejí dvě nízkotlaká čerpadla 31 pro primární vodní okruh 24 a sekundární vodní okruh 26, a dále vysokotlaké plunžrové čerpadlo 40 a čtyřcestný řídicí ventil 41. Voda je vedena od zdroje 37 přes nízkotlaké čerpadlo 31 potrubím 26 pro sekundární vodní okruh do nádrže 18 a přepadem 45 do nádrže 19 na kompozici A a také do nádrže 38, a dále přepadem 46 do nádrže 27 pro kompozici B. Z nádrže 27 pro kompozici B vede potrubí 28 pro
- 50 kompozici B dále přes čtyřcestný ventil 41 a do vysokotlakého plunžrového čerpadla 40. Z nádrže na kompozici A vede potrubí 23 pro kompozici A do vysokotlakého čtyřcestného ventilu 41, a dále též do vysokotlakého plunžrového čerpadla 40. Primární okruh 24 na vodu vede od prvního nízkotlakého čerpadla 31 na rozdělovači ventil 25 a sekundární okruh 26 na vodu, vede od druhého nízkotlakého čerpadla 31 rovněž na rozdělovači ventil 25 a jsou tak spolu v

50

rozdělovacím ventilu 25 na vodu spojeny. Odkud, jak již bylo uvedeno, voda proudí do vodních nádrží 38 a 18.

5 Z nádrže 18 proudí voda potrubím 24 od okružového nízkotlakého ventilu 32 na vodu také buď do čtyřcestného ventilu 41, nebo k čerpadlu 31 na vodu primárního a sekundárního okruhu. Do vysokotlakového systému je nádrž připojena proto, aby voda z ní byla schopna ochlazovat roponosnou past. Voda v roponosné pasti proudí prostorem mezi stupačkou 5 a pažnicí 2, viz obr. 2.

10 V nádrži 27 na kompozici B je uspořádána ještě menší nádrž 29 na katalyzátor C, která je spojena potrubím 30 na katalyzátor C se čtyřcestným ventilem 41. Z horkovzdušného dmyhadla 42 vede okruh 21 horkého vzduchu do nádrže 19 pro kompozici A a do nádrže 27 pro kompozici B, a to přes vzduchové ventily 22. Od čtyřcestného ventilu 41 pak vedou potrubí 28, 23, 30, 24 na hlavu roponosné pasti 13 a na základě povelů z řídicí jednotky 14 jsou volitelně dávkovány kompozice A, B, C nebo voda.

20 Nádrž 19 na kompozici A a nádrž 27 na kompozici B je dále vybavena celkem třemi neznázorněnými čidly, a to hladinoměrem, který ovládá nízkotlaké čerpadlo 31 pro plnění nádrže 18 a 38 na vodu. Jakmile se nádrž 27 na kompozici B přepadem naplní do potřebného objemu, přepíná se dvoucestný ventil 25 a voda je čerpána do nádrže 38 na vodu a odtud teče přepadem do nádrže 27. Tímto systémem je stále doplňována voda čili v nádržích 18 a 38 voda vždy bude. Hladinoměr tedy přepíná ventil 25 na základě zaznamenání maximálního a minimálního objemu v nádržích 18 a 38.

25 Vysokotlaké plunžrové čerpadlo 40 řídí začerpávání kompozic nebo vody do roponosné pasti 13.

Chod dmyhadla 42 je řízen měřením teploty v nádržích 19 a 27 napojených na systém přes řídicí jednotku 14 a takto se může upravit prostředí v nádržích.

30 Další funkcí čidel v nádrži 27 na kompozici B a v nádrži 19 na kompozici je tato: Jedno je umístěno v horní části tak, aby v předstihu dalo povel pro vypnutí plnicího čerpadla. Druhé měří teplotu a dává provozní povely pro horkovzdušné dmyhadlo 42 a třetí čidlo měří koncentraci kompozice a dává tak pokyny pro dávkování syklých chemických látek do kompozice.

35 Nádrž 19 pro kompozici A a nádrž 27 pro kompozici B jsou vybaveny u dna nerezovým potrubím, které je umístěno cca 100 až 200 mm nade dnem a má délku cca 25 000 mm a je ve své první polovině délky provedeno s plnými stěnami a ve své druhé polovině je perforované. Do tohoto potrubí v nádrži 27 na kompozici B je vháněn horký vzduch horkovzdušným dmyhadlem 42 a ten ohřívá v první polovině své délky kompozici, a druhá polovina ho také částečně ohřívá, ale především míchá.

45 V rohu nádrže 29 na kompozici B je umístěno výtokové zařízení opatřené přírubou se sroubením na připojení nízkotlakých hadic. Součástí výtokového zařízení je jednoduchý ručně ovládaný kulový ventil, který bude v otevřené poloze po celou dobu práce v roponosné pasti. Po jejím ukončení se vždy musí ventil ručně uzavřít.

50 Ve stejném kontejneru, jako je nádrž pro kompozici A nádrž pro kompozici B, jsou umístěny laboratoře 20 s prostorem pro rozvaděče vysokého a nízkého napětí, sklad 34, šatna s velínem 33, místo pro cívku 35 s kabely a měřicím zařízením.

V kontejneru B budou ještě umístěny barely, ve kterých jsou uskladněny katalyzátory, což jsou chemické látky v kapalném stavu, které se neředí ani nezahřívají a v průběhu práce jimi bude naplněna nádrž 29.

Z nádrže 29 vede potrubí na vysokotlaké čerpadlo 41. Nádrž 29 musí být opatřena sroubením pro montáž nízkotlakých hadic a vypustní ventil.

Na tomto kontejneru jsou nainstalována veškerá čerpadla, horkovzdušné dmychadlo 42 a stanice hlavního řídicího ventilu, který bude zapínat a vypínat vysokotlaké čerpadlo a v podstatě podle pokynů z měření teploty a tlaku v roponosné pasti řídit celý systém. V kontejneru jsou spolu s nádržemi 27, 29 a 38 čerpadla a ventilového zařízení, rozvaděče vysokého a nízkého napětí také dva šnekové dopravníky 39. Řízení čtyřcestného ventilu 41 a vysokotlakého čerpadla 40 je řízeno řídicí jednotkou 14 napojenou na čidla 10 v roponosné pasti 13, tato je ovládaná softwarem, který zajišťuje bezpečnost systému, řízení procesu v reálném čase a udržováním teplot a částečně tlaku v rozmezích kolem hodnot zadaných buď obsluhou, nebo automaticky stanovených výpočtem na základně parametrů roponosné pasti, geologických a dalších informací.

Ekonomicky atraktivní je vhánění vzduchu o vysoké vlhkosti velmi výkonným kompresorem (pochopitelně po dosažení dostatečné teploty v dostatečně velkém objemu kolektoru tak, aby docházelo k oxidaci a hydrogenaci potřebného množství kerogenu).

Řídicí systém pro provádění metody je s výhodou v mobilním provedení, kdy potřebná čerpadla, nádrže na pracovní roztoky, kabeláž, systém rozvodů pracovních roztoků a systém řídicích ventilů je spolu s řídicí jednotkou umístěn v kontejnerech, které mohou být standardního typu o délce 12 metrů nebo ve speciálně upravených skříňových vozidlech v kombinaci se samostatnými cisternami, přičemž řídicí systém může být ovládán lokálně i vzdáleně pomocí telekomunikačních prostředků včetně umožnění podrobného záznamu své činnosti lokálně i vzdáleně a může pracovat jak v režimu plně automatizovaném, tak i v režimu ručního řízení, a předchozí výsledky může později využívat pro optimalizaci budoucích procesů stimulace sond.

Technické řešení je maximálně flexibilní a mobilní. Standardizované kontejnery nebo speciálně upravené skříňové vozidlo jsou navrženy tak, aby byla zajištěna snadná manipulace a implementace celého systému. Ten zahrnuje i měřicí a dávkovači (vstříkovači) jednotku, která se do sondy spouští až k zóně perforace některým kanálem nebo je součástí takového kanálu. Povrchové vystrojení sondy musí být přizpůsobeno napojení na zvolený počet kanálů (nejméně 2) a systém se přes ovládací a bezpečnostní ventily a klapky na povrchové vystrojení sondy připojí standardním způsobem tak, aby bylo možné pomocí čerpadel, která jsou součástí systému, do sondy jednotlivými kanály vhánět potřebné předem stanovené reagenty, a to rychlostí, kterou si systém určuje podle průběhu reakce sám a v množství a pořadí tak, jak si je opět systém určí sám na základě aplikovaného software. Vhodně uspořádané řešení umožňuje dosahovat prakticky libovolných rozumných a potřebných teplot pro účel, o kterém tento vynález pojednává, a rovněž eliminuje nevýhody všech generátorů tepla a plynu, které pracují na povrchu a vhánějí horké plyny nebo kapaliny sondami z povrchu do roponosné pasti. Systém umožňuje dosáhnout velmi rychle i vysokých tlaků, které postačují ke štěpení kolektoru, přičemž štěpení horkým fluidem je efektivnější než štěpení studenou vodou, neboť vysoká teplota snižuje pevnost horniny. Toto vše bez použití extrémně výkonných čerpadel a obrovského množství kapaliny, neboť veškeré systémem začerpávané kapaliny (reagenty) se mění na horké plyny a vytvářejí tak vysoké tlaky přímo v sondě.

Navrhovaný postup nevyžaduje žádných zvláštních investic (u již vyvrtaných sond), vyžaduje však použití značného množství chemikálií, které může u delších horizontálních vrtů dosahovat až mnoho set tun (a u břidlic můžeme čerpat i tisíce tun s tím, že efekt těžby bude skutečně dlouhodobý). Důležité je, že reakce budou probíhat z větší části přímo v kolektoru, a tedy tepelné ztráty budou minimální. Celý proces je regulovaný plně automatizovaným systémem, který zajišťuje maximální efektivitu a bezpečnost a respektuje technické parametry, podle nichž byl každý vrt navržen a zkonstruován, a díky až několika desítkám čidel s rychlou odezvou umožňuje udržovat v sondě teploty (a částečně i tlaky) ve velice úzkém rozpětí kolem předem nastaveného "pracovního bodu". Vyčkáme-li, až se kolektor dostatečně prohřeje a až se teplo rozšíří dále od sondy, můžeme očekávat velice dlouhodobý efekt.

5 Celkový i jednotlivý účinek všech zmíněných faktorů vede k přeměně podstatné části komplexních uhlovodíků na lehčí syntetickou ropu bez tepelných ztrát způsobených dopravou horkých fluid připravovaných na povrchu, ke zvýšení tlaku v kolektoru, k naštěpení horniny, a tedy k mnohonásobnému zvýšení produkce uhlovodíků z obtížně těžitelných kolektorů.

### Průmyslová využitelnost

10 Technologie je předurčena k tomu, aby vrátila do provozu sondy, které byly stimulovány hydraulickým štěpením nebo termickými metodami (pára, SAGD), nebo jsou silně zavodněné a již přestaly ropu produkovat efektivně. V těchto roponosných pastích lze při dosažení superkritických podmínek pro vodu předpokládat, že dojde k dokonalému promísení vody s ropou (superkritická voda rozpouští ropu) a bude-li se jednat o vhodný depozit, dojde navíc ke  
15 konverzi komplexních uhlovodíků na lehčí. Faktor rozpustitelnosti ropy v superkritické vodě lze uplatnit právě u silně zavodněných roponosných pastech. Využití námi navrhovaného postupu spařujeme především v těchto oblastech:

20 a) břidličné deposity, kde jsou již vrty vyvrtány a kde (s velkou pravděpodobností, avšak nikoliv nezbytně nutně) byla použita technologie hydraulického štěpení;

b) "tight formations" (kolektory s velmi nízkou permeabilitou), které dosud nebyly z ekonomických důvodů exploatovány nebo jsou považovány za vyčerpané (s lehčí ropou není nutné hrát tolik, plynothermické štěpení horniny postačí);  
25

c) ložiska bitumenů nebo velmi těžké ropy, která jsou obtížně těžitelná konvenčními metodami, je možné zpracovat jak s konverzí komplexních uhlovodíků na lehčí, tak i bez konverze;

30 d) ložiska již "vytěžená" především za použití přehřáté páry;

e) ložiska, která leží ve větších hloubkách, a tedy dosud z ekonomických důvodů, nebyla ani otevřena;

35 f) ostatní sondy (včetně nově vrtaných pro využití této technologie) prakticky bez omezení, pouze s přihlédnutím k ekonomice.

40 Ve všech případech je třeba zvážit hloubku, a tedy bezpečně dosažitelný maximální tlak, pokud chceme využít superkritických kapalin k trvalé změně chemického složení ropy. U mělkých roponosných pastí může být obtížné, ne-li nemožné, dosažení potřebného tlaku.

### **PATENTOVÉ NÁROKY**

45 1. Zařízení (1) pro efektivní těžbu bitumenu a ropy je tvořeno těžebnou sestavou (17) v roponosné pasti (13), a řídicí jednotkou (14) spojenou s technologickou jednotkou (15), které jsou na povrchu, přičemž vrtná sestava (17) je opatřena pažnicí (2), která je opatřena perforací (3), **vyznačující se tím**, že v pažnici (2) je uspořádána vnitřní stupačka (4), a kolem této vnitřní stupačky (4) je uspořádána vnější stupačka (5), která je rovněž opatřena perforací (7) a má pevné  
50 dno (11), přičemž vnitřní stupačka (4) je vespod otevřená a její spodní konec (16) je nade dnem (11) vnější stupačky (5), přičemž vnitřní stupačkou (4) je vedeno lano (9), které je svým koncem v roponosné pasti (13) ukotveno na dnu (11) vnější stupačky (5) a druhým koncem je vyvedeno na povrch k řídicí jednotce (14) na povrchu, přičemž do prostoru mezi dnem (11) a spodním koncem (16) vnitřní stupačky (4) je na lanu (9) uspořádáno alespoň jedno čidlo (10), které je

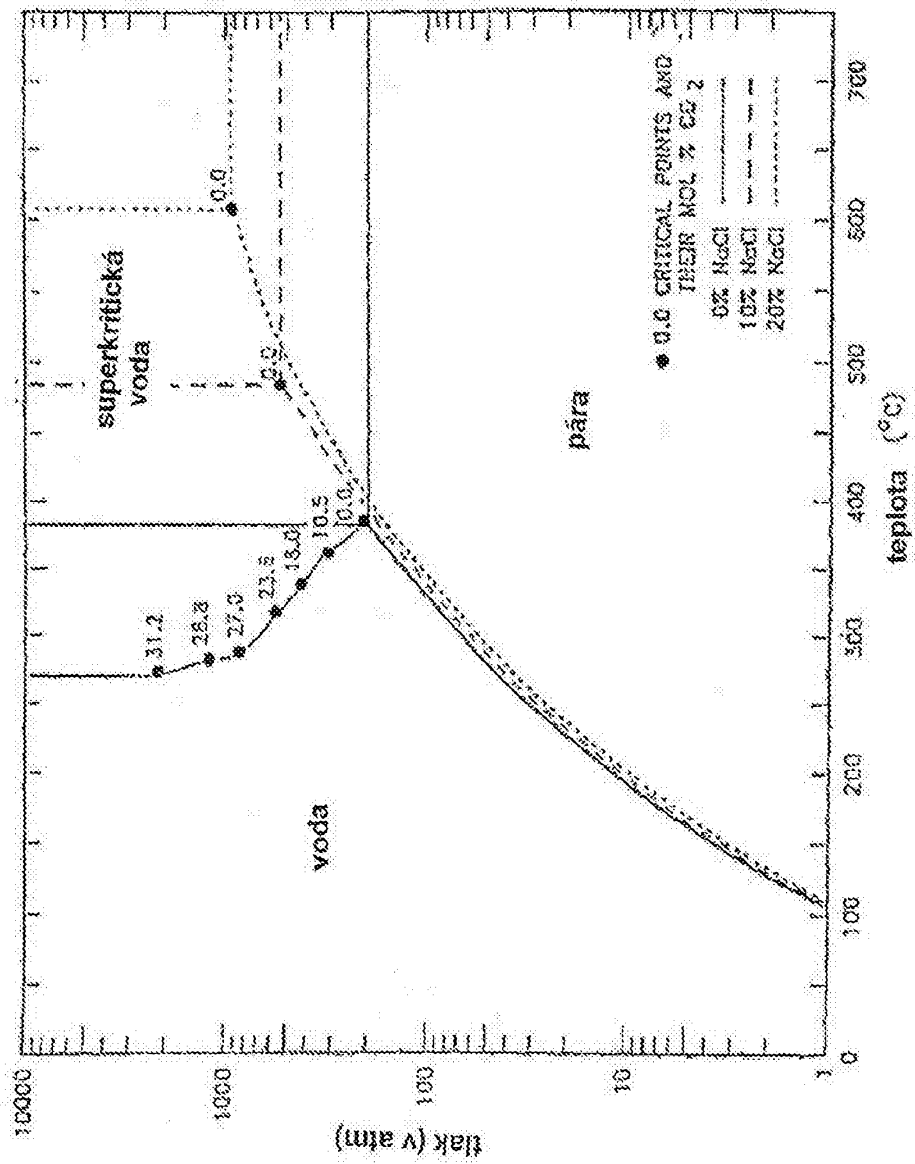
spojeno kabelem s řídicí jednotkou (14) a řídicí jednotka (14) je napojená na technologickou jednotku (15).

5 2. Způsob přípravy těžebního zařízení (1) pro monitoring poměru ve vrtu pro následující  
efektivní těžbu, kdy se na povrchu uspořádá technologická jednotka (15) a řídicí jednotka (14),  
**vyznačující se tím**, že v roponosné pasti (13) se v místě těžby uspořádá těžební sestava s vnitřní  
stupačkou (4), která slouží k přívodu jedné chemické kompozice, do vrtné sestavy se spustí lano  
(9), které se ukotví ve vnější stupačce (5) pro přívod druhé chemické kompozice, která se  
10 uspořádá kolem vnitřní stupačky (4) přičemž toto lano (9) se opatří pod výstupem z vnitřní  
stupačky (4) alespoň jedním čidlem (10) spojeným kabelem s řídicí jednotkou (14) a podle  
signálů od čidel (10) ohledně teploty a tlaku řídicí jednotka (14) ovládá činnost technologické  
jednotky (15) ohledně přívodů kompozic, katalyzátorů a vody.

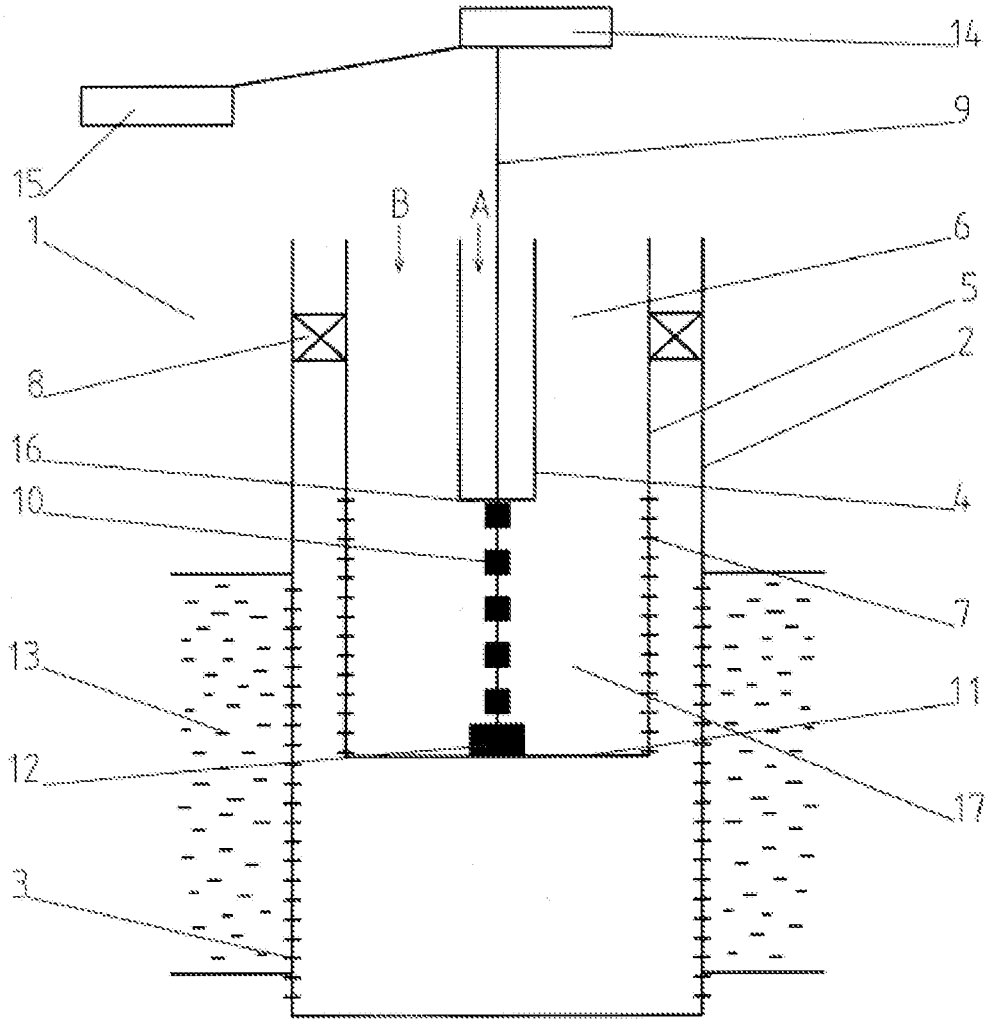
15 3. Způsob podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že do kompozice se buď předem, nebo  
současně, nebo se zpožděním, přidávají katalyzátory na bázi kovů ze skupiny jako jsou hliník,  
zinek, železo, vanad, molybden, wolfram, mangan, výhodně ve formě roztoků nebo suspenzí.

20 4. Způsob podle nároků 2 a 3, **vyznačující se tím**, že je analogicky použit pro vrty vedené do  
roponosných pastí (13) šikmo nebo horizontálně.

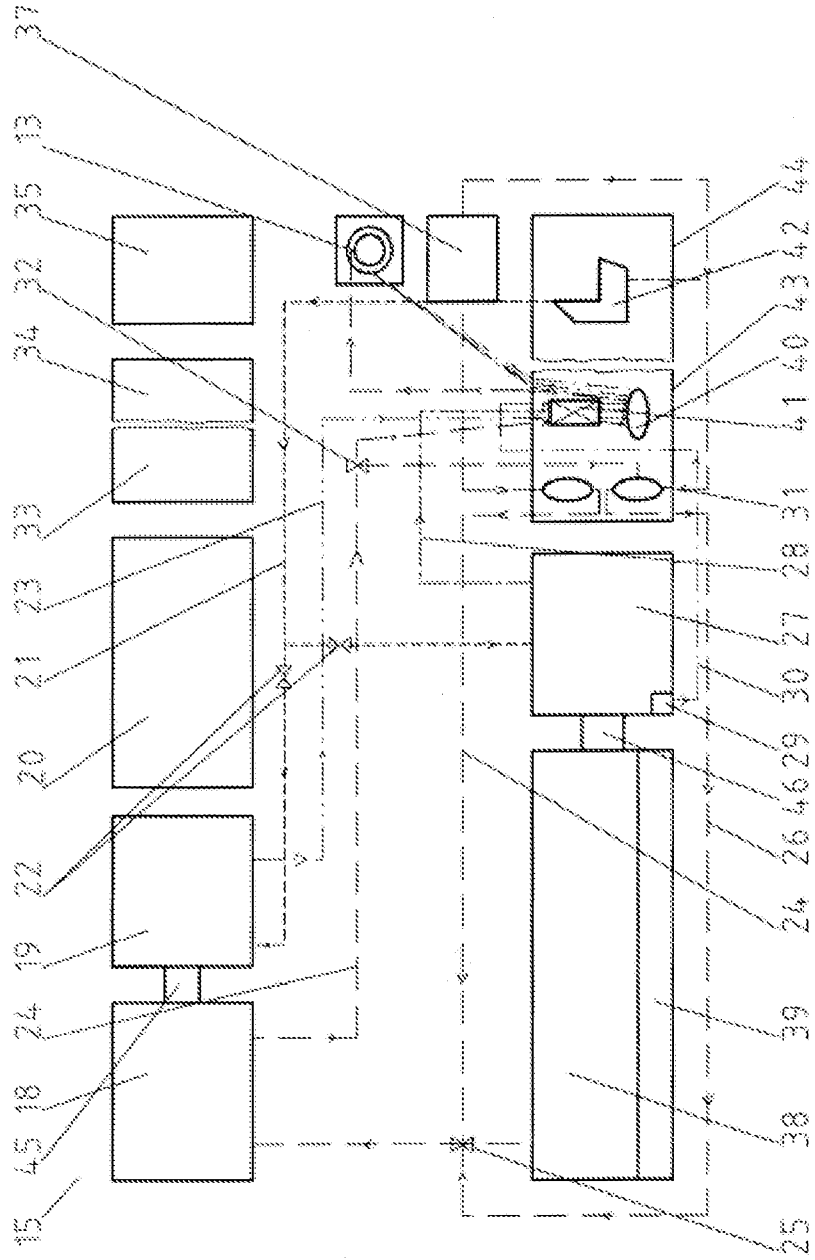
3 výkresy



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3