

# Těžba břidlicového plynu hydraulickým štěpením

**Autor se v článku zaměřuje na problematiku těžby břidlicového plynu, detailně popisuje způsob těžby, zaměřuje se na hydraulické štěpení a otázky související s chemickými přísadami ve vodě, která se ke štěpení používá, možnou kontaminaci spodních vod, dále pak na výskyt mikrozemětření. V závěru se pak zaměřuje na alternativní pohled na možnost těžby břidlicového plynu v Česku, konkrétně v okolí Berouna.**

Největším zdrojem energie současnosti jsou fosilní paliva. Ačkoliv by bylo ideální mít dostatečné množství energie z obnovitelných zdrojů, současné technologie to neumožňují a udržení naší civilizace a stability je závislé na stále se zvyšujícím spalování fosilních paliv (zdroj: Čílek a Kašík, 2007). Z těchto fosilních paliv hraje největší roli ropa. Produkce ropy se ale blíží k bodu zlomu, t.j. k bodu, kdy již nebude možné zvýšit či udržet stávající úroveň těžby, a tudíž nastane globální pokles celosvětové produkce ropy, ačkoliv poptávka bude přetrvávat.

K bodu obratu v těžbě ropy musí dojít vzhledem k omezeným zdrojům, které lze čerpat. Obrat v těžbě ropy byl poprvé predikován pro těžbu v USA v roce 1956 (Hubbert, 1956) jako pokles těžby v kontinentalní části USA (tzv. „spodních“ 48 států) na roky 1965 až 1970. Tato předpověď ve své době vzbudila velký posměch, neboť se jednalo o dobu narůstající produkce. Těžba v USA kulminovala v roce 1971, kdy nastala první ropná krize a od té doby produkce v USA poklesla oproti vrcholu produkce v roce 1971 o cca 45 %. Hubbertova teorie a předpověď čerpatelnosti zdrojů je aplikovatelná na jakékoliv omezené oblasti a neobnovitelné zdroje. Jediné, co tuto předpověď může výrazně pozměnit, je objev nových zdrojů ropy nebo nové technologie těžby, které umožní významně zvýšit vytěžitelnost stávajících ložisek.

Podle mnohých odhadů (např. Liner 2008) by bod zlomu v celosvětové produkci ropy měl přijít do roku 2020. Je očekáváno, že tento zlom bude doprovázen velkými výkyvy v cenách ropy a obecnou nestabilitou. V současné době se zdá, že není možné objevit dostatečně velká nová ložiska ropy, která by tento zlom mohla oddálit, pokud by cena ropy zůstala na stávající úrovni (velikost zásob je do jisté míry závislá na ceně ropy, protože se dají používat dražší technologie). Je možné, že se povede rozvinout nekonvenční těžbu ropy (např. ropu z břidlic nebo tuhých písků), ale i ta se zatím rozvíjí velmi pomalu a ani v USA, kde je velmi rozšířena, zatím nedokázala výrazně ovlivnit klesající trend produkce.

Radikálně jiná je ale situace týkající se zemního plynu. Produkce zemního plynu v USA dosáhla maxima v roce 1974. Podobně jako u ropy od tohoto roku produkce klesala až do poloviny 80. let, kdy se začala těžit nekonvenční ložiska takzvaných těsných písků a uhelných slojí. Tato ložiska potřebují k ekonomické těžbě stimulaci, t.j. hydraulické štěpení z vertikálních vrtů. Na konci 90. let se k těsným pískům přidala také těžba z břidlic.

## Způsoby těžby

Těžba plynu z břidlic je umožněna spojením dvou nových technologií: horizontálního vrtání a hydraulického štěpení. Horizontální vrtání

umožňuje „levným“ způsobem provrtat rozsáhlé břidlicové desky a hydraulické štěpení umožňuje plyn uzavřený v břidlicích uvolnit do těchto vrtů. Díky nekonvenčním zdrojům a v posledním desetiletí zejména břidlicovému plynu produkce plynu v USA neustále narůstá a je nyní na cca 90% produkci z roku 1974, což je výrazný rozdíl oproti ropě. Současné předpoklady odhadují, že produkce plynu v USA překročí vrchol (konvenční těžby) v roce 2015 a bude dál narůstat. Břidlicový zemní plyn se navíc těží lokálně, a to i v okolí velkých aglomerací na východě, jihu i západě USA, čímž

ložiska (včetně těch českých) a tedy nebyla „na očích“ běžným obyvatelům. Navíc hydraulické štěpení v hustě zastavěných aglomeracích se používá od 80. let minulého století pro získávání tzv. geotermální energie, kde se pomocí hydraulického štěpení vytvoří teplotní výměník, ve kterém se studená kapalina v hloubkách 4 až 5 km (pro tzv. Enhanced Geothermal Systems) ohřeje. Získané teplo se používá buď na výrobu elektřiny, nebo ohřev pro domácnosti. Teprve s příchodem břidlicového plynu se hydraulické štěpení dostalo do povědomí široké veřejnosti a bohužel sklízí i značně negativní



Obr. 1 – Letecký snímek hydraulické injektáže v USA, která trvá cca jeden maximálně dva týdny

odpadají obvyklé komplikace s transportem plynu na delší vzdálenosti.

Plyn představuje lákavou alternativu k drahé ropě, a to jak v pohonu aut, tak i v elektrárnách. Přechod elektráren z uhlí na zemní plyn znamená snížení emisí skleníkových plynů, neboť zemní plyn na stejné měrné teplo produkuje cca 50% CO<sub>2</sub>. Ve světle narůstajícího nedostatku dovážené představuje zemní plyn těžený z břidlic reálnou alternativu.

## Hydraulické štěpení

Tato technologie však není ani zdaleka tak novou, jak by se mohlo zdát. Hydraulické štěpení bylo poprvé úspěšně použito v roce 1947 a v ropném průmyslu se používá na oživení ložisek od roku 1949, tedy s touto metodou máme zkušenosti již nejméně 62 let. Většina aplikací hydraulického štěpení ale byla limitována na klasická ropná

reakce, ačkoliv je zde více než 60 let pozitivních zkušeností a empiricky ověřeného nízkého dopadu na životní prostředí.

Je zajímavé, že těžba z nekonvenčních zdrojů je do jisté míry umožněna inteligentními dotacemi do výzkumu v průmyslu, neboť vláda USA investovala v letech 1978 až 1992 137 milionů amerických dolarů do projektů, jako jsou např. „East Shale Project“ nebo „Massive Hydraulic Fracturing“. Tyto projekty umožnily rozvoj této technologie a na jejich konci byl objeven nový způsob těžby, například v roce 1986 se podařilo realizovat štěpení prvního horizontálního vrtu odděleného do několika sekcí, aby se zvětšil objem kontaktní hominy.

V současné době probíhá hydraulické štěpení s řádově miliony litrů injektované kapaliny (většinou voda smíchaná s pískem), jak je ukázáno na ilustrativním obrázku č. 1. Uprostřed obrázku 1 vidíte pumpu, které vtlačují/vhánějí vodu (připravenou



VÝROBCE ČERPADEL PRO ENERGETIKU, PRŮMYSL,  
VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A DALŠÍ OBORY.

DODÁVKY INVESTIČNÍCH CELKŮ NA "KLÍČ"

**SIGMA GROUP a.s., Jana Sigmunda 79, 783 50 Lutín**

tel.: 585 651 111, fax: 585 944 258, e-mail: info@sigmagroup.cz

držitel certifikátu EN ISO 9001:2008



Thermal Power Plant Tušimice 8 4x200MW  
Feed water pump station

### Zajišťujeme tyto činnosti a služby:

- konzultační a poradenská činnost
- zpracování nabídek a projektů
- dodávky čerpadel včetně příslušenství
- dodávky čerpacích stanic pro energetiku
- montáž a šéfmontáž
- uvádění do provozu, zkoušky
- opravy, servis
- zaškolení obsluhy



**www.sigma.cz**

## Napájecí čerpadlo nové generace : KNE 5.1

Čerpadlo bylo navrženo pro bloky s nadkritickými parametry páry. Konstruktivně se jedná o horizontální, vysokotlaké, vysokootáčkové, vícestupňové odstředivé čerpadlo barelového provedení.



Rozsah provozních otáček	2200+5500 min <sup>-1</sup>	při otáčkách 5500 min <sup>-1</sup>
Počet stupňů čerpadla	3+6	3+6
Optimální provozní průtok	145 l/s	345 l/s
Dopravní výška	385+770 m	2400+4800 m



v malém umělém jezírku v levé části mýtiny) do vrtu, jenž má průměr řádově 10 až 20 cm. Voda má za úkol pod tlakem rozštěpit břidlici v okolí dolní části vrtu a vytvořit tak systém puklin, kterými plyn může proudit do vrtu. Písek pak má udržet tyto pukliny otevřené i po skončení štěpení. Další případné chemické přísady mají umožnit snadnější štěpení, proudění vody a písku či zajistit delší trvanlivost vrtu. Alternativa k hydraulickému štěpení je štěpení stlačeným dusíkem, který je (z cca 80 %) součástí naší atmosféry. V tomto smyslu používání některých chemických přísad do štěpících kapalin není nutnou podmínkou štěpení a do jisté míry je přežitkem z používání v klasických (ropných) ložiscích, kde se štěpí vysoce propustná hornina a hlavním limitujícím faktorem je únik kapaliny z fraktury do horniny. Je nutné si ale připomenout, že za více než 60 let štěpení v klasických reservoárech není popsán a zdokumentován jediný případ znečištění povrchových vod v důsledku hydraulického štěpení, natož pak poškození zdraví lidí hydraulickým štěpením. Kéž by většina jiných průmyslových aktivit byla tak bezpečná.

### Chemické látky

Chemické látky, které se staly tak žhavým tématem a jedním z hlavních argumentů proti hydraulickému štěpení, tvoří v současné praxi a při štěpení vodou cca 0,5 % celkového injektovaného objemu, což při objemu jednoho miliónu litrů představuje 5 000 litrů chemických látek, tj. asi 5 tun. Složení těchto přísad se liší společností od společnosti, ale obecně zhruba jedna polovina těchto chemických látek je zdraví škodlivá a druhá polovina neškodná. Velmi rozumným požadavkem je zveřejnění seznamu všech chemických přísad a jejich koncentrací od těžařů podobně, jak je nyní uzákoněno v USA novým regulačním zákonem. Ještě přísnějším, ale stále možným požadavkem by mohlo být nepoužívání některých zdraví škodlivých přísad v injektážích úplně. Většina hydraulických štěpení v geotermálních oblastech požívá velmi málo chemických přísad.

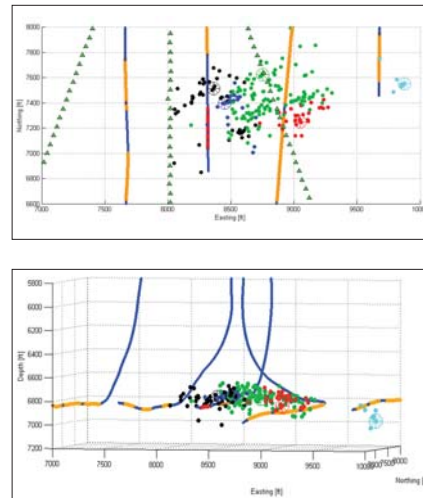
Zdaleka největším a nejreálnějším problémem je kapalina, která po hydraulickém štěpení břidlic (nebo těsných písků) vyteče zpět vrtem ven (t.j. injektážní kapalina nezůstane v hornině, ale je vytlačena z velké části zpět na povrch). Čím déle je tato kapalina v hornině, tím více minerálů se v ní rozpustí a koncentrace rozpuštěných solí se oproti koncentraci v injektáži znásobí cca čtyřnásobně. Tedy z hlediska rozpuštěných solí je štěpící kapalina mnohem čistší než voda v samotné hornině. Takto „ušpiněná voda“ se musí buď čistit, aby se znovu mohla použít na další štěpení, nebo se musí injektovat do hlubších propustných horninových formací, z nichž nebude kontaminovaná voda unikat do povrchových vod. Také tyto injektáže „špinavé vody“ nejsou novinkou, ale jsou používány nejméně od 60. let minulého století bez jediného publikovaného případu znečištění povrchových únikem z injektážní vrstvy.

### Mikrozemětřesení

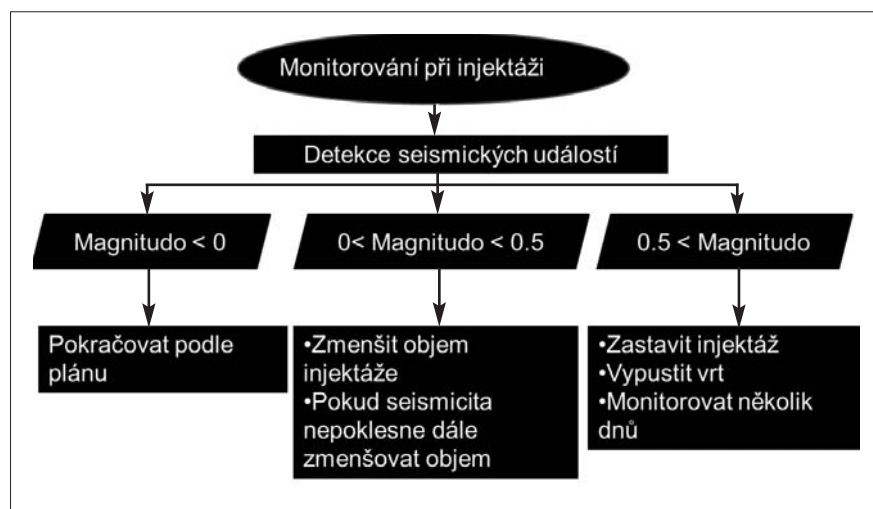
Injektáže kapalin do hornin obecně zvyšují tlak kapaliny v hornině a tím mění napětí v horninách.

Tato změna způsobuje nepatrná zemětřesení, která signalizují, kam až injektážní (štěpící) kapaliny v hornině dosahují. Toho se v průmyslu využívá k mapování rozštěpení a optimalizaci těžby. Tato metoda se nazývá mikroseismické monitorování, protože se při něm mapují malá mikrozemětřesení, která nejsou na povrchu znatelná. Obrázek 2 ilustruje příklad mapy ohnisek těchto malých zemětřesení a ukazuje, že fluida pronikají až do vzdálenosti 400+ m horizontálně, zatímco ve vertikálním směru zůstávají v rozštěpených vrstvách. Omezení výskytu mikrozemětřesení v horizontální rovině je dáno vrstvami s rozdílnou kompozicí (ve vertikálním směru v sedimentech), napětím v hornině a orientací přirozených puklin.

Výjimečně může při hydraulickém štěpení vzniknout zemětřesení vnímané na povrchu. Nejčastěji jsou taková zemětřesení vyvolána při štěpení pro geotermální energii, protože se štěpí velmi tvrdá hornina (většinou žula) ve velkých hloubkách (většinou kolem 5 km pro EGS, zatímco



Obr. 2 – Mapa ohnisek mikroseismických jevů způsobených hydraulickým štěpením. Horní panel ukazuje pohled z boku, spodní panel pohled z vrchu. Mikroseismické jevy zůstávají v horizontálních vrstvách.



Obr. 3 – Systém zamezující vznik pocíitelných zemětřesení v důsledku hydraulického štěpení.

břidlice se štěpí většinou v hloubkách 2-4 km). Asi nejznámější případ pocíitelného zemětřesení se stal v Bazileji ve Švýcarsku v roce 2006 (např. Dyer, 2008). Zde štěpení způsobilo zemětřesení o (lokálním) magnitudu 3,4 (Magnitudo odpovídá dekadickému logaritmu energie uvolněné během zemětřesení, nikoliv účinkům zemětřesení na povrchu). Pro zajímavost jsou taková zemětřesení často pozorována v západních Čechách, kde se vyskytují v hloubkách okolo 8 až 12 km a žádné škody nezpůsobují. V Basileji však zemětřesení bylo v hloubce 4,7 km a i toto malé zemětřesení způsobilo drobné škody na některých budovách, proto proto byl geotermální projekt ukončen.

Podobně, ale 44× menší zemětřesení (magnitudo 2,3) bylo pravděpodobně způsobeno hydraulickým štěpením břidlice nedaleko města Blackpool ve Velké Británii. V roce 2011 toto zemětřesení vyvolalo značnou reakci veřejnosti a těžařská společnost si objednala a zaplatila vědeckou studii zemětřesení, která pak byla recenzována nezávislými odborníky pod dohledem Ministerstva energie a klimatických (DECC) - této vědecké studii jsem se účastnil. Výsledkem studie

je strategie k předcházení těmto znatelným zemětřesením. Zjistilo se totiž, že největší zemětřesení jsou vyvolána až po ukončení injektáže, ale že menší otřesy je možné zaznamenat již v průběhu injektáže. Z toho důvodu se využívá seismické monitorování před a v průběhu injektáže, což umožňuje zastavení nebo omezení injektáže, jsou-li detekovány abnormální seismické jevy v jejím průběhu. Této metodě se říká „metoda semaforu“ a současný návrh implementace této metody ve Velké Británii je ilustrován v obrázku 3. I takto malé zemětřesení je ale výjimečně velké pro maloobjemové (cca 6 000 000 litrů) štěpení v břidlicích a podobná zemětřesení jsou známa na méně než jednom z 10 000 vrtů.

Abych shrnul uvedené body, pravděpodobnost znečištění povrchových vod průsakem injektovaných kapalin je velmi malá a máme více než 60 let zkušeností bez jediného popsání případu. Kapaliny, které se vrátí na povrch po štěpení, jsou znečištěné a musí se buď čistit, nebo injektovat do bezpečných úložišť. Nad tímto procesem je nezbytný dohled, ale při dodržení technologických postupů nehrozí ekologické škody. Reálným,

i když velice málo pravděpodobným nebezpečím je vyvolání malých seismických jevů. Jejich velikost je kontrolovatelná metodou semaforu.

### Situace v Česku

V Čechách vzniklo několik protestních petic proti hydraulickému štěpení. Tyto petice většinou neuvádějí konkrétní důvody, proč by se nemělo štěpit, a proto se zde pokusím odborně opakovat jen petici, která obsahuje konkrétní argumenty. Jde o „Odborné vyjádření k zamýšlenému průzkumu na břidlicový plyn v území Berounka“. Petice uvádí pět bodů (důvodů), proč nelze metodu štěpení aplikovat na Berounsku. Dovolím si zde ke každému bodu navrhnout alternativní postoj, buď vyvracející námitku (např. hustota zalidnění) nebo navrhnout opatření, která sice těžbu prodraží, ale umožní kontrolu potenciačních vlivů na životní prostředí.

- Bod č. 1 – úspěšnost štěpení nemožná: úspěšnost, či neúspěšnost hydraulického štěpení na Berounsku není možné v současné situaci posoudit, nemáme dostatek dat. Data mohou být získána z průzkumného vrtu a pak může být rozhodnuto. Obecně jsou vrty vápenci možné, dokonce většina těžby na světě probíhá v současné době z vápenců. Štěpící fluida (dávám přednost českému slovu kapalina) je možné udržet pod kontrolou. Konkrétní kontrolou je sledování injektážního tlaku. Pokud by došlo k vertikálnímu úniku těchto kapalin, tlak poklesne a proces štěpení okamžitě skončí a začne intenzivní čerpání štěpící kapaliny na povrch. Je také možné omezit injektáž kapalinu jen na stlačený dusík.
- Bod č. 2 – znečištění povrchových vod: je možné požadovat omezení injektáže jen v hloubkách pod 1 kilometr. Maximální vertikální růst štěpení popsany v literatuře je do 500 m. Dále je možné požadovat mikroseismické monitorování, které by v reálném čase informovalo těžaře o eventuálním vertikálním postupu kapalin, pokud by k němu došlo. O podobném omezení nyní uvažuje francouzská vláda.
- Bod č. 3 – nebezpečné složení štěpících kapalin: Je možné zakázat použití jedovatých či

jinak nebezpečných látek. Také je možné požadovat odběr vzorků vody ze studní před a po hydraulickém štěpení a porovnáním zjistit, zda kapalina proniká do vod ve studních. Opět je možné štěpit dusíkem.

- Bod č. 4 – nemělo by se těžit v CHKO: Souhlasím s tím, že CHKO by měla být vyňata z oblasti pro těžbu. Pokud je ale CHKO tak citlivá že jediný průzkumný vrt by ji zničil, bylo by také nutně omezit používání motorových vozidel, která používají naftu nebo benzín, také by nad CHKO neměla přelétat letadla, která by mohla spadnout a nenávratně zničit tuto unikátní krajinu.
- Bod č. 5 – oblast je hustě osídlená: průměrná hustota osídlení nemá vliv na úspěšnost hydraulického štěpení. Okres Beroun má sedmkrát nižší hustotu obyvatel než např. Tarrant County ve státě Texas, USA. V Tarrant County je více než 5 000 vrtů na břidlicový plyn (břidlice Barnett).

### Závěr

Česko potřebuje zemní plyn a v následujících 20 letech je velmi pravděpodobné, že se tato potřeba bude zvyšovat. Většina našeho zemního plynu je transportována tisíce kilometrů převážně ze vzdálených oblastí Ruska. Každá těžba má limitovaný dopad na krajinu. Spoléhat se dlouhodobě na to, že Rusko bude těžit, důsledky těžby nechat dopadat na svou krajinu a vyvážit svoje vlastní energetické suroviny, je nezodpovědné. Spotřebovávat zemní plyn a spoléhat na dovoz je exportování našich vlastních problémů mimo naše hranice. Břidlicový plyn je možné těžit lokálně s omezeným dopadem na životní prostředí v oblastech, kde se také spotřebovává. Spoléhat se na vlastní zdroje je morální a odpovědný přístup, spoléhat na to, že jiní budou spotřebovávat vlastní zdroje a omezovat malebnost jejich přírody je nezodpovědný hazard. Drahý zemní plyn v ČR vede k přechodu na tuhá paliva i v oblastech, kde je zemní plyn zaveden lokálními plynovody. Mnoho českých vesnic má dnes horší ovzduší v zimě i díky spalování nekvalitních tuhých paliv. Je smutné, že všechny petice a prohlášení, které jsem

četl, pouze uvádějí, co nechtějí, ale nenabízejí alternativu. Odmítání technologie hydraulického štěpení a zastrasování obyvatelstva nepřesnými informacemi není dobré z ekonomického ani ekologického hlediska. Je nutné racionálně diskutovat o reálných nebezpečích a tato omezit prováděcími předpisy, jako je vzorkování studní v okolí vrtů, testování těsnosti vrtů nebo mikro-seismické monitorování. Břidlicový plyn je možné těžit bezpečně s ekologickými omezeními ve vyspělé zemi, jako je Česká republika.

*Pozn. Příspěvek byl sepsán pro sborník „Břidlicový plyn - energetická revoluce? Sborník CEP c.99/2012. Praha, Centrum pro ekonomiku a politiku 2012.*

**Leo Eisner,**  
**Ústav Struktury a mechaniky hornin,**  
**Akademie Věd České republiky**

### Zdroje informací:

- Budil P., Mikuláš R., Žák K., Manda Š., Frýda J., Štorch P., Verner K., Slavík L., Kříž J., Kraft P., Turek V., Fakta O., Valent M., Hladil J., Kůkal Z., Tasáryová Z., Bokr P., Babuška V., Stejnová M., Janoušek V., Koptíková L., 2012, Odborné vyjádření k zamýšlenému průzkumu na „břidlicový plyn“ v průzkumném území Berounka: Na www stránkách paleontologie Přírodovědecké fakulty UK.
- Cílek V. a Kašík M., 2007, Nejistý plamen: nakladatelství Dokořán, Praha, Česká republika.
- Dyer B. C., U. Schanz, F. Ladner, M. O. Haring, a T. Spillman, 2008, Microseismic imaging of a geothermal reservoir stimulation: The Leading Edge, 27(7), str. 856-869.
- Hubbert M.K., 1956, Nuclear energy and fossil fuels: předneseno na konferenci American Petroleum Institute, San Antonio, Texas, USA, publikace č. 95.
- Liner C.L., 2008, To peak or not to peak: The Leading Edge, 27(5), str. 610-612

### Shale gas extraction by hydraulic fracturing

*The author in the article focuses on the issue of shale gas extraction, describing in detail the extraction method, focusing on hydraulic fracturing (fracking) and questions relating to chemical additives in water used to fracture the shale, possible groundwater contamination, as well as the occurrence of a micro-earthquake. Lastly, it discusses an alternative view of the possibility of shale gas extraction in the Czech Republic, specifically around Beroun.*

### Добыча сланцевого газа при помощи гидравлического расщепления

*Автор статьи обращает внимание на проблематику добычи сланцевого газа, детально описывает способ добычи, гидравлическое расщепление и вопросы, связанные с химическими добавками в воде, которая для расщепления используется. Автор обращает внимание на вопросы возможной контаминации подземных вод и на возникновение микроземлетрясений. В заключении обращает внимание на альтернативный взгляд возможности добычи сланцевого газа в Чехии в районе Бероуна.*