

# EXPLOATAREA GAZELOR DE ȘIST PRIN FRACTURARE HIDRAULICĂ – O METODĂ CU POSIBILE EFECTE CATASTROFALE PE TERMEN MEDIU ȘI LUNG

Dr. Mircea Țicleanu, Radu Nicolescu, dr. Adriana Ion

Institutul Geologic al Romaniei

ABSTRACT. După utilizarea **metodei de fracturare hidraulică** pentru **exploatarea gazelor de șist** cea mai mare parte a **fluidelor de fracturare** (între 50 și 90 %, **ape cu aditivi nocivi**, deci ape contaminate), rămîne în subsolul zonelor exploatare, la adîncimi variabile, în funcție de fiecare zonă în parte. Exploatarea este cu atît mai avantajoasă cu cît cantitatea de **ape contaminate care revine la suprafață** (ca «**ape de circulație inversă**») este mai mică, dar efectele unei poluări viitoare sunt cu atît mai mari pentru o zonă exploatată cu cît **cantitatea de ape contaminate rămasă în subsol este mai mare**. Aceste fluide nocive sunt cantonate în rocile mamă care au fost afectate de fracturare, reprezentate cel mai adesea prin argilite bogate în materii organice. Ele pot ajunge însă la suprafață de-a lungul timpului, pe **termen mediu și lung**, pe **mai multe căi** și din  **motive diferite**. În acest context este important de precizat că fracturarea hidraulică  **perturbă**, inevitabil, **echilibrul dinamic** al rocilor aflate deasupra nivelelor de roci vizate de exploatare și în special echilibrul dinamic al rocilor **mai puțin consolidate** (în special nisipuri) sau al **rocilor carbonatice** (calcare, dolomite) aflate în stadii avansate de carstificare. Perturbarea echilibrului dinamic se datorează în principal numeroaselor **microseisme** generate de activitatea curentă de fracturare și fisurare hidraulică. Ulterior exploatării pot avea loc și fenomene de instabilitate la nivelul la suprafeței terenului **datorită marilor cantități de gaze** și de petrol **extrase din subsol**, fenomen cunoscut și în cazul exploatărilor clasice, convenționale, de petrol și gaze. Una din **căile de acces** spre suprafață a apelor contaminate poate fi legată de **sistemele de dislocații** (de falii) care afectează depozitele aflate peste stratele de roci supuse fracturării, sisteme uneori greu de pus în evidență, dar **nelipsite** chiar și în zonele de platformă în care sunt cantonate în general pachetele de roci vizate de exploatarea prin fracturare hidraulică. De-a lungul acestor falii apele contaminate, dar și metanul, pot ajunge, pe rînd, în **roci permeabile**, respectiv în **acvifere de adîncime** și ulterior în cele aflate mai aproape de suprafață, contaminînd în final **ape freatice** și apoi **rețele hidrografice de suprafață**. **Activitatea seismică naturală**, ulterioară exploatării, **poate facilita** accesul spre suprafață al apelor contaminate și al gazelor, mai ales în cazul unor seisme puternice sau foarte puternice. Astfel, într-un timp mai

mult sau mai puțin îndelungat, în fostele zone exploatare prin fracturare hidraulică de mare volum pot apărea **izvoare de ape contaminate** care vor pune direct sau indirect în pericol viața oamenilor de pe arii vaste, în situația în care este afectată și rețeaua hidrografică. La aceasta se poate adăuga transformarea unor foste sonde de exploatare prin metoda fracturării în surse de poluare cu lichid de fracturare și cu metan în urma deteriorării treptate a cimentului din coloanele de foraj. În termeni generali aceste exploatări pot pune efectiv în pericol pe termen lung **resursele naturale de ape potabile și industriale**, deci **resurse de natură strategică**, pe arii foarte extinse, resurse legate de acvifere, pânze freatice și ape de suprafață. În alte zone vizate de viitoare posibile exploatări de acest gen pericolele sunt și mai mari deoarece pot fi compromise, definitiv, **rezerve naturale valoroase de ape minerale** sau de **ape geotermale** (ca de exemplu în Depresiunea Pannonică). Nu trebuie omis nici faptul că în zonele exploatare prin fracturare hidraulică **nu va mai fi posibilă**, în viitor, **săparea altor sonde** al căror scop să fie cu totul diferit, mai ales dacă se ating adâncimile la care se află rocile mamă afectate de exploatare. În cazul în care astfel de noi sonde ar viza acvifere aflate în stratele de peste rocile exploatare este de presupus că vor exista situații în care aceste sonde să deschidă **acvifere deja poluate** între timp, fapt care va grăbi accesul apelor contaminate către suprafață. Din această perspectivă, la nivel și mai general, putem asimila **exploatarea agresivă a subsolului** prin metoda fracturării hidraulice de mare volum cu o **activitate de plantare în adâncime** a unor **bombe ecologice cu efect întârziat**, bombe care pot provoca în viitor cel puțin **catastrofe ecologice la nivel regional**.

1. INTRODUCERE. Exploatarea gazelor de șist prin metoda fracturării hidraulice de mare volum este asociată tot mai des cu mari probleme de poluare a mediului înconjurător. Poluare a apelor cu metan și cu substanțe provenite din fluidele de fracturare, poluare a aerului și poluare a solului cu metale grele și substanțe radioactive. Din această cauză se impune cunoașterea cât mai bună a acestor realități nefaste, dar este necesară și **conturarea cât mai precisă** a unor **efecte negative potențiale**, deocamdată abia întrezărite. Din punct de vedere istoric acest tip de exploatare deja foarte controversat este ultimul într-un șir de intervenții antropice asupra unor depozite care conțin sub formă liberă sau captivă cantități de hidrocarburi (petrol și gaze) exploatabile economic. Într-o primă etapă, care nu s-a încheiat încă, au fost și sunt exploatare zăcăminte de hidrocarburi cantonate în roci poroase sau fisurate care s-au acumulat ca urmare a migrării lor prealabile. Intensitatea acestui tip de exploatare a crescut însă cu timpul odată cu ridicarea artificială a presiunii prin injectarea/reinjectarea apei de zăcămint,

dar s-a ajuns treptat și la fisurări hidraulice a unor rezervoare (roci) cu permeabilitate mai scăzută (de tipul gresiilor de exemplu). S-a trecut însă mai apoi la exploatarea resurselor de hidrocarburi rămase captive în depozite care pot fi considerate roci mamă (roci sursă) de petrol și gaze, depozite pelitice (**argilite**) cu conținuturi ridicate în **materii organice** (provenite din organisme fosile), care pot ajunge în cazuri excepționale la valori apropiate de 20% din masa rocii. O primă analiză cu caracter general privitoare la metoda exploatarei prin fracturare hidraulică de mare volum a unor argilite bogate în materii organice ne determină însă de la început să ne concentrăm atenția asupra **marilor cantități de ape reziduale** (ape contaminate) care rămân **captive** în subsolul zonelor exploatate și care pot reprezenta o importantă sursă de poluare, deosebit de periculoasă, pe termen mediu și lung, prin **posibila migrare spre suprafață** a acestor ape. Dacă în această analiză facem abstracție la un moment dat de aspectele de natură economică putem ajunge să privim acest ultim tip de exploatare (fracturarea hidraulică de mare volum) ca pe o **activitate susținută de poluare a subsolului** unor întinse zone ale planetei cu substanțe nocive care poate induce apoi, în timp, fenomene de poluare persistentă a unor acvifere, pânze freatice, rețele hidrografice și soluri pe arii vaste. Din această perspectivă metoda de exploatare a hidrocarburilor neconvenționale prin fracturare hidraulică de mare volum ne poate apărea ca o **metodă agresivă** în raport cu mediul geologic pe care îl afectează în diferite moduri. În acest context lucrarea de față, cu un grad ridicat de originalitate, reprezintă o primă încercare de prezentare a posibilelor riscuri majore care pot fi asociate pe viitor unei astfel de metode de exploatare. Înainte de a trece la analiza sumară a riscurilor pe termen lung se impune și consemnarea altor aspecte asociate acestei metode de exploatare de interes în acest context, consemnate în capitolele 2, 3 și 4 ale acestei lucrări.

2. CONTAMINĂRI CU FLUIDE DE FORAJ ÎN FAZA DE EXPLORARE. Atingerea obiectivului principal în faza de explorare (traversarea și probarea rocilor mamă) presupune și străbaterea rocilor aflate în acoperișul acestora. Cu acest prilej sunt forate și **roci permeabile slab consolidate** (nisipuri și gresii slab consolidate, pietrișuri, etc) în care se înregistrează în mod curent pierderi de fluid de foraj. Dacă în aceste roci sunt acumulate ape potabile, deci dacă sunt traversate acvifere tipice, este inevitabilă poluarea apelor acestora cu fluide de foraj. Mai grav este dacă sunt traversate **pachete de roci carbonatice** afectate de **goluri carstice**, caz în care pierderile de fluid de foraj sunt uneori considerabile. Dacă rocile carbonatice sunt și rezervoare de ape potabile atunci poluarea acestora cu fluide de foraj poate avea urmări destul de

importante. Este evident că poluarea este mai gravă în cazul acviferelor din nisipuri sau cantonate în roci carbonatice dată fiind circulația naturală în cazul acestora. De reținut că nivelul de poluare este cu atât mai important cu cât numărul de foraje de explorare este mai mare.

3. EFECTE NEGATIVE PE TERMEN SCURT INDUSE DE EXPLOATAREA PRIN FRACTURARE HIDRAULICĂ. Înainte de a trece la analiza posibilelor efecte nedorite pe termen mediu și lung pot fi trecute sumar în revistă unele efecte certe pe termen scurt care trebuie avute în vedere în acest context. Între acestea pot fi amintite: transformarea unor mai cantități de ape curate în fluide de fracturare toxice, distrugerea prin fracturare a argilitelor vizate de exploatare, îmbibarea acestora cu ape contaminate, perturbarea echilibrului dinamic al rocilor situate între suprafața terenului și stratele afectate de fracturare, poluarea cu metan a unor pânze freatice, dar și alte efecte nedorite asociate operațiunilor de exploatare prin fracturare hidraulică de mare volum.

3.1. TRANSFORMAREA UNOR MARI VOLUME DE APE POTABILE SAU INDUSTRIALE ÎN APE CONTAMINATE (FLUIDE DE FRACTURARE). Acțiunea propriu-zisă de fracturare este **precedată** de cea de **preparare a fluidelor de fracturare**. Acestea sunt constituite în proporție covârșitoare din ape curate în volume foarte mari extrase din râuri, din pânzele freatice sau din acviferele mai apropiate de suprafața terenului. Acestea sunt amestecate cu **nisip** (cca 5%) și **aditivi** care conferă **toxicitate** fluidelor de fracturare rezultate. Uneori aceste fluide sunt realizate și prin amestecul apelor curate cu **ape de refluxare**, obținute în urma unor procese de fracturare hidraulică anterioare, fapt ce le conferă un grad și mai ridicat de toxicitate. Deși aditivii sunt prezenți în cantități mici în raport cu volumul total al lichidului de fracturare, marea lor toxicitate (nocivitate) conferă fluidelor rezultate caracterul net de **ape contaminate**. Compoziția unui fluid de fracturare care include și ape refluxate din operațiuni anterioare constă în cca **80%** apă proaspătă, cca **14%** fluid reciclat, **5%** nisip și cca **0,75%** **aditivi**. Aceștia includ: soluții acide (cu HCl și alți acizi), reducători de fricțiune, agenți antibacterieni, inhibitori de crustă, inhibitori de coroziune și mulți alții. În plus apa reciclată conține gaze, substanțe rezultate din reacțiile lichidului de fracturare cu componenții din roca mamă și posibili ioni radioactivi proveniți din rocile fracturate.

3.2. ACTIUNEA DESCTRUCTIVĂ ASUPRA MEDIULUI GEOLOGIC (FRACTURAREA HIDRAULICĂ A ROCILOR MAMĂ DE PETROL ȘI GAZE). Introducerea în rocile mamă a unor cantități mari de fluide sub mare presiune conduce la

**fisurarea/fracturarea** artificială a acestora. **Echilibrul dinamic** al acestor roci este schimbat în mod brusc, iar caracteristicile **fizice** și **chimice** inițiale ale rocilor mamă sunt modificate. Alte schimbări de echilibru sunt datorate marilor cantități de gaze care părăsesc roca mamă fisurată (fracturată) și se îndreaptă spre suprafață prin intermediul sondelor de exploatare.

3.3. SATURAREA ROCILOR MAMĂ FRACTURATE CU APE CONTAMINATE (CREAREA UNOR ACVIFERE ANTROPICE ATIPICE CU CONȚINUT TOXIC). Cea mai mare parte a fluidului de fracturare rămîne în subsol după încheierea operațiunilor de exploatare și doar o parte a acestora este recuperată sub forma **apelor de refluxare**. În general în subsol rămîne cca **50-80%** din întreaga cantitate de lichid utilizată, dar se poate ajunge pînă la un procent de **90%**. Fluidele de fracturare rămîn captive în interiorul rocii mamă afectată de **procesele antropice de fisurare și fracturare**, dar pot fi antrenate și pe unele falii care traversează și sisturile și care preexistă acțiunii de fisurare/fracturare antropică. Dacă pentru activitățile de exploatare este ideal ca la suprafață să revină cantități cît mai mici de fluide, pentru zona exploatată va exista un risc cu atît mai mare ca apele contaminate să revină în viitor către nivelele superficiale ale cuverturii sedimentare. Fluidele de fracturare/fisurare rămase captive în subsolul zonelor exploatate alcătuiesc în acest caz un fel de **acvifere antropice de tip fisural** ce conțin **ape contaminate**, considerate mai active din punct de vedere chimic, deci mai corozive decît apele obișnuite, dar în plus aflate sub presiune. Compoziția lor chimică diferă de la zonă la zonă în funcție de compoziția chimică inițială a fluidului de fracturare, dar și de chimismul formațiunilor geologice afectate de aceste operațiuni tehnologice.

3.4. PERTURBAREA ECHILIBRULUI DINAMIC AL DEPOZITELOR SITUATE ÎNTRE ROCILE MAMĂ FRACTURATE ȘI SUPRAFAȚĂ. **Microseismele** asociate activității de fracturare hidraulică sau celei de injectare în subsol a apelor reziduale revenite la suprafață pot duce la **modificarea echilibrului dinamic** al depozitelor aflate între roca mamă exploatată și suprafața terenului. Cele mai afectate vor fi depozitele aflate în **echilibru dinamic precar** și **cele mai puțin plastice**. Stratele de nisipuri și de gresii slab consolidate pot fi cele mai expuse, dar și rocile **carbonatice** afectate de fenomene avansate de carstificare. Este evident că în zonele mai sensibile din punct de vedere seismic efectele microseismelor antropice pot fi mai importante, iar magnitudinea acestor microseisme poate fi mai mare decît aceea care s-ar înregistra în zone aseismice sau cu nivel de seismicitate foarte scăzut. În acest context este posibil ca depozitele aflate între roca mamă fisurată/fracturată și suprafața terenului să fie supuse și ele unui proces

mai slab de fisurare și chiar de fracturare, mai ales în cazul rocilor lipsite de plasticitate (calcare, gresii bine consolidate, etc). În cazuri extreme se poate vorbi chiar de **creșterea gradului de fisurare** sau/și de **fracturare** al acestei categorii de depozite.

3.5. POLUAREA CU METAN A ACVIFERELOR. Este deja cunoscut că în apropierea sondelor de exploatare a gazelor de șist în unele zone din Statele Unite (ex. North Dakota) cantitățile de metan conținute de acvifere sunt uneori foarte mari în raport cu limitele admisibile. Această realitate a condus la dezbateri care au impus sintagma «**methane pollution**» necesară desemnării cât mai realiste a acestui tip particular de poluare. Este cert că în SUA exploatarea formațiunilor Marcellus și Utica a condus la **contaminarea cu metan** a unor acvifere (Osborn et al., 2011). În apropierea sondelor aflate în activitate concentrațiile de metan în aceste ape erau de cca 17 ori mai mari în comparație cu zonele învecinate, neafectate de exploatare. De reținut însă aici că metanul în sine nu este toxic, dar poate fi **un puternic exploziv** în concentrații mai mari. Uneori cantitățile prea mari de gaze rezultate prin exploatare nu permit captarea acestora în totalitate și se ajunge la o puternică poluare a aerului prin **arderea gazului în exces** chiar la nivelul sondelor în exploatare. Rezultă însă cu acest prilej și o gamă largă de alte substanțe poluante între care pot fi enumerate hidrogenul sulfurat, benzenul și benzenul etilic, formaldehida, acroleina, propilenul, toluenul, xilinul, unele hidrocarburi policiclice aromate, etc (Heinberg, 2013).

3.6. ALTE FORME SIGURE DE POLUARE PE TERMEN SCURT. În afara celor menționate mai sus mai pot fi amintite și alte forme sigure de poluare, deja înregistrate și analizate sub diferite aspecte. Între acestea se numără **accidentele** legate de manipularea și tratarea apelor reziduale și **deversările intenționate** ale apelor contaminate netratate sau tratate necorespunzător în ape curgătoare. Uneori poluarea aerului și a solului s-a realizat prin **pulverizarea în atmosferă** a acestor fluide nocive, situație agravată în cazul în care acestea conțin **metale grele** sau **elemente radioactive**. Mai pot fi amintite aici **distrugerile de infrastructură** prin transporturi de mare tonaj, **poluarea fonică** asociată etapelor de exploatare, **scoaterea din circuitul agricol** a unor importante suprafețe de teren arabil, **distrugerile provocate locuințelor** din localități învecinate datorită microseismelor provocate de fracturările hidraulice, etc. Aici pot fi amintite și **efectele microseismelor** legate de activitatea de **reinjectare în subsol a apelor reziduale** care nu mai sunt refolosite în rețeta unor noi fluide de fracturare și care nu sunt destinate procesului de decontaminare.

4. CREAREA DE ZONE INABORDABILE SAU DE MARE RISC PENTRU EXPLORĂRI VIITOARE ÎN ALTE SCOPURI. Un alt dezavantaj major indus de utilizarea metodei de fracturare hidraulică este reprezentat de transformarea, involuntară, a ariilor exploatare pe această cale în **zone inabordabile** sau **de mare risc** pentru **explorări ulterioare** cu foraje al căror obiectiv să fie diferit de cel legat de exploatarea gazelor de șist. Este evident că traversarea de către viitoare foraje a nivelelor cu fluide de fracturare rămase în subsol ar prezenta mari riscuri de contaminare a fluidelor de foraj. Dacă ținta unor viitoare foraje s-ar afla în depozitele situate peste rocile afectate de fracturări hidraulice poate exista totuși riscul ca unele dintre aceste depozite să fie deja poluate cu lichide de fracturare migrate între timp spre suprafața terenului. În cazuri extreme pot fi atinse acvifere deja contaminate de ape reziduale migrate, vizate ca obiectiv principal al unor astfel de explorări cu foraje.

5. POSIBILE EFECTE POLUANTE PE TERMEN MEDIU ȘI LUNG. Este neîndoielnic că acviferele antropice de tip fisural îmbibate cu ape contaminate care rămân în subsol ca urmare a exploatării prin metoda fracturării hidraulice pot reprezenta **potențiale surse de poluare** într-un viitor mai mult sau mai puțin îndepărtat. Posibilele efecte poluante pe termen mediu și lung pot fi datorate fie migrării spre suprafață a apelor contaminate **de-a lungul planelor de falie** care traversează depozitele de peste rocile afectate de fracturarea hidraulică, fie prin migrarea acestor ape reziduale **de-a lungul coloanelor de sondă** degradate în timp. Efectele posibile pot fi următoarele: poluarea acviferelor de adâncime, poluarea pânzelor freatice și poluarea rețelelor hidrografice din aria fostelor exploatări.

5.1. MIGRAREA APELOR CONTAMINATE PRIN INTERMEDIUL SISTEMELOR DE FALII ALE FOSTELOR ZONE EXPLOATATE. Cele mai favorabile situații pentru astfel de posibile migrări de fluide toxice sunt legate evident de **sistemele de dislocații** (falii) care afectează depozitele aflate peste nivelele cu ape contaminate. De-a lungul planelor de falie fluidele de fracturare **pot urca lent spre suprafață și pot impregna pe rînd** roci permeabile sau fisurate traversate de aceste dislocații. Migrația spre suprafață poate fi încetinită sau oprită doar de pachetele mai groase de roci impermeabile și plastice de tipul argilelor, dar aceste ecrane protectoare nu pot fi imaginate ca sigure. Această migrație este facilitată și de **sistemele de fisuri** care afectează depozitele aflate peste fostele nivele exploatare, legate mai ales de rocile mai dure (de tipul gresiilor) sau de cele care au caverne sau goluri carstice. De amintit aici că și în zonele de platformă depozitele necutate sau slab ondulate ale cuverturilor sedimentare antrenate în

exploatarea gazelor de șist sunt afectate de dislocații evidente, chiar dacă acestea sunt reprezentate de falii cu sărituri nu prea mari. Până și depozitele cele mai noi, respectiv pliocene, sunt afectate de aceste dislocații și adesea chiar și depozitele cuaternare sunt faliat. Imaginea idilică a unei cuveruri sedimentare de platformă neafectată de sisteme diferite de falieri este foarte departe de realitate.

5.2. MIGRAREA APELOR CONTAMINATE DE-A LUNGUL COLOANELOR DE SONDĂ. O altă posibilă cale importantă de migrare spre suprafață a fluidelor contaminate este legată de **coloanele cimentate ale fostelor sonde de exploatare** prin fracturare hidrolică. Degradarea în timp a cimentului, facilitată uneori și de imperfecțiuni inițiale de cimentare, asociată cu fisurări ale cimentului provocate de șocuri naturale (cutremure), ulterioare exploatării, poate conduce în timp la transformarea treptată a unora dintre fostele sonde de exploatare în **surse antropice de ape contaminate**. În acest sens la nivelul formațiunii Marcellus din Pennsylvania au fost avute în vedere și unele **erori de construcție** (montare) a sondelor care ar putea facilita de asemenea mecanismul de migrare a fluidelor contaminate spre suprafață (Ingraffea A. R., 2012).

5.3. POLUAREA ACVIFERELOR DE ADÎNCIME. O primă etapă importantă de poluare a depozitelor aflate peste nivelele de roci afectate de fracturarea hidrolică este aceea de îmbibare a unor acvifere aflate la diferite adâncimi cu fluide de fracturare migrate spre suprafață. Pe planele de falieri sau de-a lungul coloanelor fostelor sonde poate avea loc migrarea lentă a apelor contaminate care pot atinge, pe rând, acvifere reprezentate prin roci permeabile (nisipuri, gresii) sau prin roci fisurate sau cu caverne și goluri carstice (în special calcare). Este evident că cele mai expuse roci de acest tip sunt cele aflate mai aproape de nivelele care au fost supuse fracturării, în timp ce acviferele aflate mai aproape de suprafața terenului sunt mai puțin expuse. Gradul de poluare a acviferelor aflate între rocile fracturate hidrolic și suprafață depinde evident de proprietățile lor fizice, respectiv de particularitățile litologice și structurale ale fiecărei zone în parte.

5.4. POLUAREA APELOR FREATICE. În timp ceva mai îndelungat și cu cantități mai reduse de ape reziduale se poate imagina și poluarea depozitelor permeabile îmbibate cu ape potabile aflate în apropierea suprafeței terenului (peste primul nivel impermeabil din subsol), ape care alimentează în mod obișnuit izvoarele și fântânile. Este vorba în acest caz mai ales de depozite poroase cu permeabilitate mare de tipul nisipurilor grosiere și pietrișurilor. Poluarea



acestora ar fi însă cu mult mai gravă deoarece acest tip de acvifere este utilizat în mod curent pentru alimentarea cu apă potabilă sau în agricultură. Pânzele freatice contaminate pot alimenta astfel izvoare naturale și prin acestea chiar și unele segmente importante ale unor rețele hidrografice.

5.5. POLUAREA REȚELEI HIDROGRAFICE DIN ARIA FOSTELOR EXPLOATĂRI. În cazul în care acviferele de adâncime sau pânzele freatice contaminate ajung să alimenteze punctiform ape curgătoare se poate ajunge la extinderea poluării cu ape reziduale la nivelul unor segmente importante ale unor rețele hidrografice. Apele poluate apărute astfel în diferite puncte ale unui bazin hidrografic pot trece în mare parte în rețeaua hidrografică a unui râu, **în aval de punctele de urgență** a apelor contaminate. Este evident că gradul de poluare va fi din ce în ce mai redus către aval, datorită diluării treptate a apelor ca urmare a creșterii debitelor, dar aceste ape pot la rândul lor să alimenteze spre aval pânze freatice și acvifere de adâncime al căror grad de poluare poate crește în timp datorită unui aport constant de ape contaminate. Un astfel de tip de poluare se poate manifesta și prin creșterea cantității de particule solide suspendate, dar și printr-un aport posibil de elemente radioactive rezultate din amestecul fluidelor de fracturare cu substanțele (organice în speță) ale rocilor atacate prin fracturare hidrolică.

6. POSIBILUL ROL MAJOR AL CUTREMURELOR FOARTE PUTERNICE ÎN ACCELERAREA PROCESULUI DE MIGRARE A APELOR CONTAMINATE. Dacă în mod obișnuit ne imaginăm că apele contaminate rămase la diferite adâncimi în subsolul zonelor exploatate au șanse mici de a ajunge la suprafața terenului sau că migrarea acestora este foarte lentă cu totul altfel pot sta lucrurile în cazul unor **șocuri seismice foarte puternice**. Grăbirea migrației apelor contaminate poate fi oricum facilitată de cutremurele de mai mică intensitate sau de intensitate mare, dar în cazul unor seisme cu magnitudine foarte mare șansele ca apele contaminate să atingă nivele superioare cresc foarte mult. În situații cu totul excepționale de natură seismică se poate ajunge la creșterea gradului de fisurare a depozitelor care se interpun între nivelul rocilor fracturate și îmbibate cu fluide toxice și suprafața terenului. Pot fi de asemenea activate falii mai vechi care străbat aceste depozite sau pot să apară și linii noi de falieri. Dacă fluidele de fracturare s-ar afla în stare destul de avansată de migrare spre suprafață atunci efectul șocurilor puternice de tip seismic ar fi și mai evident. În acest sens ne putem imagina situații dramatice în care efectele devastatoare ale unor șocuri seismice deosebit de

puternice (repetate la intervale de timp de sute sau mii de ani) se pot asocia cu contaminări rapide ale unor acvifere, pânze freatice și sectoare ale unor bazine hidrografice. În situații extreme pot fi imaginate și fenomene de apariție a unor ape contaminate de-a lungul unor aliniamente tectonice care să afecteze vizibil suprafața terenului pe arii destul de largi.

7. PERSPECTIVA “HEREDEA” ASUPRA NATURII EXPLOATĂRILOR DE GAZE DE ȘIST. Analizând toate datele de care a dispus pînă la un moment dat asupra exploatării gazelor de șist un geofizician român, **Nicolae Heredea**, ajunge la concluzia că este vorba în acest caz, de fapt, de o acțiune premeditată de provocare a unor reacții geochimice antropice astfel încît gazul principal rezultat (metanul) este în realitate de natură **abiotică**. Deci așa numitele «**gaze de șist**» nu sunt de fapt gaze naturale combustibile. Fiind astfel vorba despre **gaze antropice abiotice** (deci care au rezultat prin intervenția omului asupra argilitelor) este greșit să numim obținerea lor «**exploatare**» deoarece ne aflăm de fapt în fața unui proces de «**fabricare in situ**». În realitate au loc deci «**reacții chimice producătoare de hidrocarburi gazoase**». În acest context prin sondele de explorare se pot face teste, greu sau imposibil de controlat, de «fabricare» de gaze combustibile pentru verificarea rețetelor de soluții chimice. Mai concret se poate spune că argilitele (șisturile, shales) reprezintă de fapt **materia primă**, în timp ce apa și aditivii au rol de **reactiv chimic**, între acestea avînd astfel loc reacții chimice. Are loc deci, din punct de vedere legal, un **act de poluare** deoarece se introduce direct în mediu o substanță (din această perspectivă un «poluant») care modifică echilibrul constituienților acestuia. Este astfel creat în natură, in situ, în subsol, un «**reactor chimic**». Câmpul de reacție chimică va avea o dezvoltare spațială controlată de **direcțiile de minimă rezistență** și de **distribuția spațială a substanțelor** care reacționează cu amestecul chimic introdus cu ajutorul sondelor. Termenul de “fracturare hidraulică” maschează astfel o realitate cu totul diferită în raport cu tipul de exploatare care ne este în mod concret prezentat, fiind vorba de fapt despre adevărate “**fabrice de gaze**”, foarte rentabile din variate motive, respectiv despre “**reactoare chimice**” care, în număr mare, pot alcătui un adevărat “**combinat chimic**” uriaș, liber, neîngrădit, nesecurizat, cu procese de producție libere, nesecurizate, necontrolate. După o astfel de “exploatare” în subsol nu mai rămîne nimic natural. Rocile inițiale nu mai sunt roci ci **deșeuri amestecate cu noxe lichide**. «Rămîne un uriaș depozit de deșeuri ale umanității, cantonate în mediul geologic, distrus total, necontrolat și necontrolabil de către om». În acest context “**migrația geochimică în timp geologic**” a gazelor “fabricate” și a «noxele fluide» este

**inevitabilă.** În totalitate consecințele nefaste ale unui astfel de tip de “exploatare” sunt numeroase și cel mai adesea grave, iar uneori pot fi chiar catastrofale.

8. CONCLUZII. Exploatarea gazelor de șist prin fracturare hidraulică de mare volum este neîndoielnic o **formă agresivă de intervenție antropică** asupra mediului geologic care poate avea urmări grave sau chiar catastrofale mai ales pe termen mediu sau lung.

În afara contaminărilor posibile legate de etapa de explorare și a diferitelor moduri de **poluare pe termen scurt** a apei, aerului și solului din vecinătatea zonelor exploatare, această metodă de „**regim tehnologic incorect**” (în termeni clasici de exploatare a zăcămintelor convenționale de petrol și gaze) presupune neapărat și următoarele efecte sigure nedorite:

- **transformarea** unor **mari cantități** de ape curate (potabile sau industriale) în ape nocive, contaminate (prin alcătuirea fluidului de fracturare), pierdute definitiv;

- **distrugerea** unor **segmente distincte** ale mediului geologic (prin fracturarea rocilor vizate ca obiectiv al exploatării);

- **formarea** unor **acvifere antropice de tip fisural** cantonate în rocile supuse fracturării, îmbibate cu fluidele de fracturare și cu substanțele rezultate din reacția acestora cu mediul;

- **perturbarea echilibrului dinamic** al depozitelor aflate între nivelele de argilite fracturate și suprafața terenului (cu efecte mai importante asupra rocilor poroase – nisipuri, gresii sau cu caverne și goluri carstice – calcare, dolomite);

- **transformarea** fostelor zone exploatare în **arii interzise** în viitor altor intenții de explorare, cu obiective complet diferite, chiar dacă ar viza ținte aflate peste nivelul argilitelor exploatare prin fracturare hidraulică;

- **pe termen mediu sau lung** migrația geochimică (pe sisteme de falii sau fisuri sau/și de-a lungul coloanelor cu izolația deteriorată a fostelor sonde exploatare) poate duce, pe rînd, la **poluarea** (contaminarea) **unor acvifere**, a **pânzei freatice** și în final a **rețelelor hidrografice**, deci implicit și a **solului**, pe arii relativ mari. Un astfel de proces poate fi **favorizat** de suita de cutremure naturale obișnuite, ulterioare exploatării, și poate fi **accelerat** în cazul unor seisme de magnitudini neobișnuit de mari, posibile de-a lungul unor perioade mai mari de timp.

BIBLIOGRAFIE

Bamberger O. – **Impacts of Gas Drilling on Human and Animal Health**. New Solutions 22, no 1, 51-77, 2012.

Heinberg R. – **Snake Oil. How Tracking's False Promise of Plenty Imperials Our Future** (Romanian version). Post Carbon Institute. Editura Logos, 161 p., 2013.

Heredea N. – About the shale gas (in Romanian – **Despre gazele de șist**). Unpublished text, 22 p., 2014.

Howarth R. W., Santoro R. and Ingraffea A. – **Methane and the Greenhouse-Gas Footprint of Natural Gas from Shale Formations**. Climatic Change, 106, no 4, 679-690, 2011.

Laurenzi J. I., Jersey G. R. – **Life Cycle Greenhouse Gas Emissions and Freshwater Consumption of Marcellus Shale Gas**. Environmental Science and Technology 47, no 9, 4896-4903, 2013.

Osborn S. G., Vengosh A., Warner N. R., Jackson R. B. – **Methane contamination of drinking water accompanying gas well drilling and hydraulic fracturing**. Proceedings of the National Academy of Sciences vol.108, no 20, 8172-8176, 2011.

Tollefson J. I. – **Methane Leaks Erode Green Credentials of Natural Gas**. Nature 493, 2013.

Text publicat în limba engleză în „**Conference Proceedings, volume I (ECOLOGY & ENVIRONMENTAL PROTECTION) – 14<sup>th</sup> GeoConference on ECOLOGY, ECONOMICS, EDUCATION AND LEGISLATION of the INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC GEOCONFERANCES, 17 – 26 June 2014, Bulgaria, p. 299 – 306**”.