

# CURĂȚAREA ȘLAMULUI PETROLIER DIN REZERVOARELE DE STOCARE ȚIȚEI CU AJUTORUL ROBOȚILOR

Prof. asoc. dr. ing. dipl. **Valentin-Paul TUDORACHE**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești; CONPET S.A.-Ploiești, Ploiești, România

**REZUMAT.** Șlamul obținut din rezervoarele de stocare a țițeiului este un deșeu semisolid. De fapt, este o emulsie complexă formată din numeroase hidrocarburi petroliere, apă și particule solide sau impurități minerale provenite din rocă. Șlamul petrolier este generat în timpul stocării producției de țiței, dar și în timpul transportului, depozitării, rafinării țițeiului. Prin natura sa -organică și anorganică, de culoare brun închis/negru și starea fizică de semifluid-este un deșeu foarte periculos, deoarece include multe substanțe otrăvitoare, precum: hidrocarburi aromatice policiclice, xilen, benzen, etil benzen, toluen, dar și metale grele. În această lucrare științifică se prezintă succint o tehnologie modernă de curățare a șlamului petrolier din rezervoarele de stocare țiței. Tehnologia, în prezent, este disponibilă pe piața globală și poate fi o recomandare pentru organizațiile din industria petrolieră.

**Cuvinte cheie:** șlam petrolier, rezervor, curățare rezervor, curățare manuală, curățare mecanizată, curățare automatizată, curățare robotizată, tehnologie modernă de curățare.

**ABSTRACT.** The sludge obtained from crude oil storage tanks is a semi-solid waste. It is actually a complex emulsion made up of numerous petroleum hydrocarbons, water and solid particles or mineral impurities from the rock. Oil sludge is generated during the storage of crude oil production, but also during the transportation, storage, refining of crude oil. Through its nature -organic and inorganic, dark brown/black in color and semi-fluid physical state- it is a very dangerous waste, as it includes many poisonous substances, such as: polycyclic aromatic hydrocarbons, xylene, benzene, ethyl benzene, toluene, but also metals heavy. A modern technology for cleaning oil sludge from crude oil storage tanks is briefly presented in this scientific paper. The technology is currently available on the global market and can be a recommendation for organizations in the oil industry.

**Keywords:** oil sludge, tank, tank cleaning, manual cleaning, mechanized cleaning, automated cleaning, robotic cleaning, modern cleaning technology.

## 1. INTRODUCERE

Este cunoscut faptul că țițeiul brut extras din zăcământ conține alături de hidrocarburi cantități variabile de apă cu săruri organice, dar și impurități minerale provenite din rocă, precum: nisip, argile, rocă sfărâmată. De asemenea, în țiței se găsesc componenți cu temperaturi de congelare ridicate și cu solubilitate limitată în masa de hidrocarburi lichide (*spre exemplu: parafine grele, asfaltene, carbene, carboizi, acizi asfaltogenici etc.*) care au tendința de a se separa din masa lichidă și de a îngloba impuritățile minerale. Astfel, în timp, la baza rezervorului se formează un strat semisolid care nu mai poate fi scurs, iar pe țevile serpentinei de încălzire din interiorul rezervorului se formează cruste constituite din impurități minerale înglobate în parafină și alte produse similare care copolimerizează sub influența temperaturii, aderând puternic la suprafața metalului. Aceste depuneri ce nu mai pot fi

scurse din rezervor poartă denumirea de *șlam petrolier*.

Prin definiție, *șlamul petrolier* este un deșeu periculos de natură organică și anorganică care se separă de țiței și se depune pe fundul rezervorului în urma procesului tehnologic de depozitare.

În ceea ce privește metodele sau tehnicile de curățarea șlamului petrolier, evident, sunt cunoscute mai multe tehnici de curățare a rezervoarelor de țiței, precum: curățarea manuală, curățarea mecanizată sau curățarea automatizată. [1],[2],[5],[6]

## 2. CARACTERISTICILE FIZICO-CHIMICE ALE ȘLAMULUI PETROLIER

Caracteristicile fizico-chimice ale șlamului petrolier sunt necesare pentru a determina procesul adecvat de tratare a deșeurilor, precum: îngroșarea, tratamentul termic, deshidratarea.

# CURĂȚAREA ȘLAMULUI PETROLIER DIN REZERVOARELE DE ȚITEI CU AJUTORUL ROBOȚILOR

Tabelul 1. Informații privind parametrii fizico-chimici ai șlamului petrolier [3],[6]

Nr. crt.	Parametru	U.M.	Valoare	Observații
1	Punct de aprindere	°C	240- 260	-
2	Puterea calorică	kcal/m <sup>3</sup>	1031 - 9371	-
3	Densitatea, la 20°C	kg/m <sup>3</sup>	817,0 – 970,7	-
4	Punct de inflamare	°C	60 - 95	-
5	Solubilitatea în apă	mg/l	– în exces de apă formează un sistem polidispers heterogen	-
6	pH	-	6,4 – 8,1	-
7	Plumb	mg/kg	< 1 - 114	-
8	Difenili policlorurați	mg/kg	< 0,3 - 1	-
9	Trifenili policlorurati	mg/kg	< 100	-

În ceea ce privește parametrii fizico-chimici ai deșeurii, aceștia sunt: *punctul de aprindere, puterea calorică, densitatea, punctul de inflamare, solubilitatea în apă, difenili policlorurați, trifenili policlorurati*. Totodată, sunt utile și alte proprietăți, cum ar fi: pH-ul și plumbul. [3],[6]

În Tabelul 1 sunt prezentate informații referitoare la parametrii fizico-chimici ai șlamului petrolier.

În ceea ce privește compoziția deșeurii, informațiile asupra componentelor sunt următoarele:

- hidrocarburi (55 – 91 % m/m);
- sediment (0,5 – 10,8% m/m);
- apă (5 – 28,5% m/m).

## 3. REZERVOARE INDUSTRIALE PENTRU DEPOZITAREA ȚITEIULUI

În industria petrolieră, există diferite tipuri de rezervoare care stochează sau procesează fluide. În prezent, cele mai răspândite rezervoare sunt cele metalice.

Rezervoarele metalice pentru depozitarea hidrocarburilor lichide sunt recipiente cu capacități mai mari de 3 m<sup>3</sup>, de diferite forme și dimensiuni, executate dintr-o gamă variată de materiale, toate lucrând la presiunea atmosferică.

Datorită, însă, construcției simple și ieftine, rezervoarele cilindrice verticale sunt cele mai răspândite. În Figura 3.1. se reprezintă un depozit de rezervoare cu capacități cuprinse între 1.500 m<sup>3</sup> și 50.000 m<sup>3</sup>, de construcție metalică, cilindrice, amplasate vertical, suprateran, cu capac fix sau flotant, cu sistem de măsurare automată a cantității de țiței depozitat și, respectiv cu sistem pentru stingerea incendiilor.

Desigur, în funcție de poziția fundului față de suprafața pământului și de poziția nivelului maxim de lichid, rezervoarele metalice pot fi clasificate în:

- a) rezervoare supraterane (de suprafață);
- b) rezervoare subterane (semiîngropate sau îngropate);
- c) rezervoare cu capac flotant.



Fig. 3.1. Depozit de rezervoare pentru stocarea țițeiului[10].

*Rezervoarele cilindrice verticale supraterane* au fundul la suprafața pământului, așezate pe fundații din inele de beton sau pe platforme de nisip și pot fi construite cu acoperiș (capac) fix sau flotant.

*Rezervoarele cilindrice verticale subterane* au acoperișul fix și toate componentele sub nivelul natural al terenului. Acoperirea cu pământ a "boltei fosei" din beton armat, constituie o metodă curentă de protecție față de agresiunea exterioară termică sau mecanică, dat fiind faptul că acestea conțin produse inflamabile. În ceea ce privește grosimea stratului de acoperire, aceasta trebuie să fie de cel puțin 1 m.

*Rezervoarele cilindrice verticale cu capac flotant* (v. Fig. 3.2.). au acoperișul plutitor, prevăzut cu flotoare la suprafața lichidului depozitat (astfel, la creșterea volumului se ridică, iar la micșorarea volumului coboară), fiind un răspuns la necesitatea de a diminua, pe cât posibil, scăpările volatilelor pe timpul stocării (pierderile prin evaporarea fracțiilor ușoare).

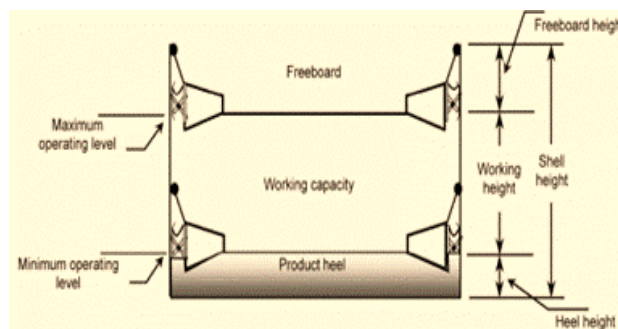


Fig. 3.2. Rezervor cilindric vertical cu capac flotant [6],[9] (schemă)

Unul dintre acestea este rezervorul de țiței, care poate fi văzut în Figura 3.3. (spre exemplu: rezervorul are o capacitate de 50.000 m<sup>3</sup>, este prevăzut cu un capac metalic flotant, are o înălțime de 18 m, diametrul de 60 m și o cuvă de 10.000 m<sup>2</sup>).

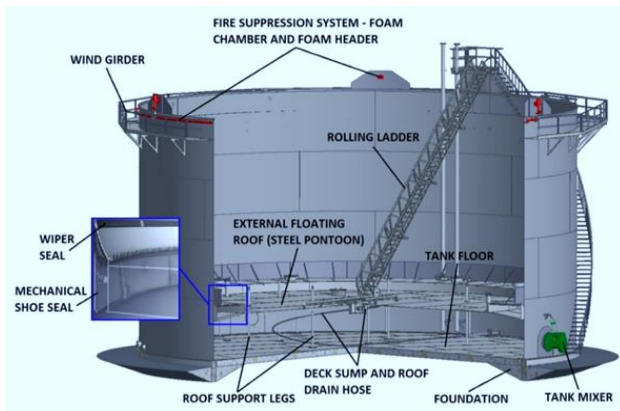


Fig. 3.3. Rezervor cilindric vertical cu capac flotant [10] [11] (imagine de ansamblu)

De menționat este faptul că, tipul rezervorului, dimensiunile și materialul variază în funcție de condițiile de depozitare a țițeiului (presiune, temperatură), de proprietățile țițeiului (compoziție, toxicitate) și, evident, de cantitatea de depozitare necesară (volumul de operare). Părțile sale principale sunt: carcasa, fundul, acoperișul (*fix sau plutitor*), duzele, conductele și instrumentele, sistemul dublu de etanșare, sistemul de protecție împotriva incendiilor, sistemul de protecție catodică și structurile din oțel pentru serviciul personalului. [1],[4],[6],[8]

#### 4. TIPURI DE ȘLAM PETROLIER

Șlamul petrolier, în general, variază în funcție de locul și modul de formare a zăcămintelor de hidrocarburi. Hidrocarburi sunt în principal alcani, cicloalcani și hidrocarburi aromatice. Prin urmare, în petrolul brut se găsesc patru tipuri principale de hidrocarburi:

- 1) parafine (15-60%);
- 2) naftene (30-60%);
- 3) aromatice (3-30%);
- 4) asfalt (restul).

Deci, șlamul petrolier variază în funcție de compoziția elementară a petrolului. Prin urmare, pe baza caracteristicilor fizico-chimice și a procentului fiecărei componente, șlamul poate fi: asfaltic, naftenic, naftenico-aromatic și parafinic.

În prezent, extragerea șlamului din rezervoarele de țiței se realizează manual și/sau mecanizat cu ajutorul unei pompe adecvate. Altfel, în cazul în care șlamul are diverse caracteristici care-l fac nepompabil (*de exemplu: vâscozitate mare*), este necesară intervenția

manuală - intervenția umană calificată (v. Fig. 1) - care, evident, implică costuri ridicate și o serie de riscuri, atât din punct de vedere al protecției muncii pentru personalul lucrător, cât și pentru echipament.



Fig. 4.1. Șlam petrolier pe fundul rezervorului de țiței (intervenție manuală) [6],[8]

Existența depunerilor mari de șlam în rezervoarele de țiței conduc la următoarele efecte negative:

- a. introducerea unor erori de măsurare a cantității de țiței recepționate;
- b. antrenarea impurităților în fluxul de țiței ce intră în desalinatoare;
- c. pătrunderea impurităților solide în echipamentul de schimb de căldură;
- d. micșorarea coeficientului de transfer de căldură a serpentinei din interiorul rezervorului;
- e. reducerea temperaturii în rezervor, micșorarea vitezei de decantare și a cantității de impurități decantate;
- f. blocarea unor spații mari de depozitare prin reducerea capacității utile a rezervoarelor.

Având în vedere efectele negative enumerate, mai sus, o tehnologie modernă și eficientă de curățare a rezervoarelor de țiței, fără intrarea omului în rezervor, ar putea fi curățarea cu ajutorul roboților (curățarea robotizată). [6]

#### 5. CURĂȚAREA ROBOTIZATĂ

În context global, curățarea robotizată este o tehnologie modernă care, în ultimii ani, a fost aplicată în industria petrolului pentru curățarea rezervoarelor, vaselor cilindrice, batalurilor etc.. Această tehnologie înlocuiește munca umană de curățare și nu necesită prezența permanentă a personalului lucrător specializat în spații închise (spre exemplu, în rezervor), deoarece echipamentul este manevrat din exterior. Sistemul robotizat de curățare este de obicei detașabil și adăpostește echipamentele necesare în containere (trei semiremorci). Astfel, întreg echipamentul este ușor de transportat cu autocamionul și, prin urmare, robotul este manevrat să intre în interiorul rezervorului

## CURĂȚAREA ȘLAMULUI PETROLIER DIN REZERVOARELE DE ȚITEI CU AJUTORUL ROBOȚILOR

efectuând operațiunea de curățare – deci, este folosit pentru spargerea și îndepărtarea șlamului petrolier de pe fundul rezervorului (v. Fig. 5.1 și Fig. 5.2).

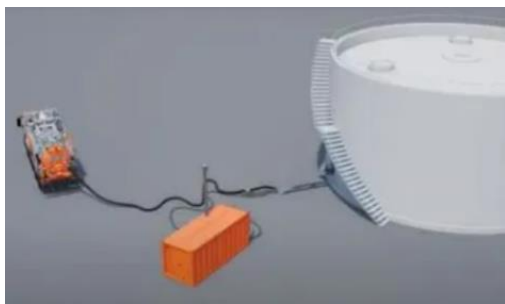


Fig. 5.1. Curățarea robotizată [11] (imagine de ansamblu).

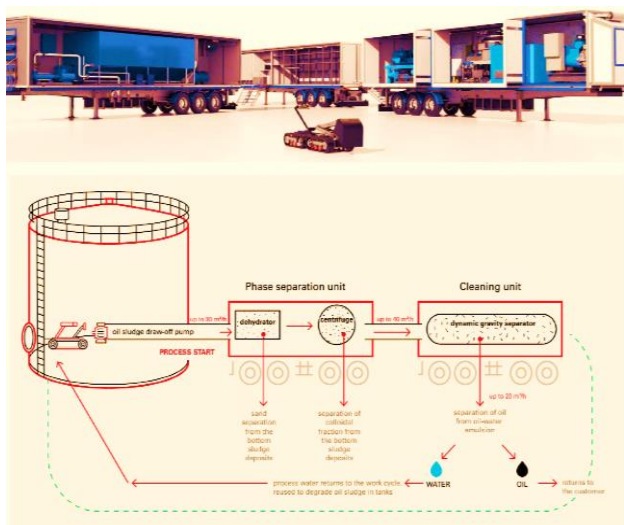


Fig. 5.2. Curățarea robotizată [10],[11] (schema procesului).

În ceea ce privește componentele de bază ale robotului, aceste sunt următoarele: motor hidraulic, cilindru, detector de gaz, cutie de jonctiune antiexplozie, supapă solenoidală de control al debitului, lampă infraroșu antiexplozie, rezistență la explozie/aprindere praf cameră, combustibil de tip antideflamant, ștergătoare, jet de apă, cameră video și cuvă.

**Mod de operare.** După instalare, robotul este pregătit pe o rampă pentru a intra prin gura de vizitare în rezervor, se deplasează pe fundul rezervorului pentru a începe operațiunea de curățarea șlamului petrolier (v. Fig. 5.3). Sistemul este complet automatizat. Astfel, din exterior, de la un panou de comandă la distanță existent în primul container, întreaga operațiune de curățare este executată și monitorizată de un operator specializat și cu experiență (v. Fig. 5.4). Totul se face în circuit închis, iar reziduurile sunt colectate într-un rezervor aflat în al doilea container.



Fig. 5.2. Pregătire proces de curățare [9],[11] (imagine foto și dimensiuni).

Dimensiunile constructive ale robotului prezentat în Fig. 5.2. sunt următoarele:

- lungimea:  $L = 1100 \text{ mm}$ ;
- lățimea:  $l = 400 \text{ mm}$ ;
- înălțimea:  $h = 450 \text{ mm}$ ;
- înălțimea cu camera ridicată:  $h_1 = 960 \text{ mm}$ ;
- diametrul:  $D = 18 \text{ inch (457,2 mm)}$ ;
- greutatea:  $G = 250 \text{ mm}$ .

Un robot de curățarea șlamului petrolier din rezervoarele de stocare țitei asigură calitate, durabilitate, eficiență, siguranță și ușurință optimă în utilizare.



Fig. 5.4. Execuție și monitorizare proces de curățare (imagine foto).

## 6. CONCLUZII

Curățarea periodică a rezervoarelor de stocare țitei este esențială pentru menținerea calității absolute a produsului din interior, respectiv a standardelor de sănătate și siguranță.

Curățarea șlamului petrolier din rezervoarele de stocare țitei cu ajutorul roboților (curățarea robotizată) este mai puțin costisitoare decât curățarea manuală și automată.

Echipamentul este instalat în trei semiremorci și este transportat cu camionul. Poate fi instalat pe orice teren datorită sistemului său hidraulic flexibil. Instalarea are loc într-un timp foarte scurt (3–5 ore) și nu necesită folosirea altor utilaje, precum macarale.

Sistemele și roboții funcționează în condiții extreme, sunt rezistenți la deșeuri periculoase și substanțe chimice.

Ca o concluzie generală, *curățarea robotizată*, pe lângă faptul că este o tehnologie modernă, este atât de eficientă încât până și cele mai dificile părți din interiorul rezervorului pot fi curățate, elimină necesitatea pătrunderii omului în spații închise, reduce costul de transport și riscul pentru personalul lucrător și crește siguranța generală. Este o tehnologie foarte prietenoasă cu mediul înconjurător.

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Antonescu, N.N., ș.a., *Fabricarea, exploatarea, mentenanța și asigurarea calității echipamentelor petroliere*, Editura Universității din Ploiești, 2004, Ploiești, România.
- [2] Buliga, Gh., *Reper istorice ale industriei românești de petrol: 1857-2007*, Editura SIPG, 2007, București, România.
- [3] Oroveanu, T., Stan, Al., V. Talle, V., *Transportul Petrolului*, Edit. Tehnică, 1985, București, România.
- [4] Rașeev, D., ș.a., *Tehnologia fabricării și reparării utilajului tehnologic*, Edit. Didactică și Tehnică, 1983, București, România.
- [5] Soare, Al., *Transportul și depozitarea fluidelor. Volumul 1* Editura Universității din Ploiești, 2002, Ploiești, România.
- [6] Tudorache, V. P., *Research on optimization of the National System of Pipeline Crude Oil Transportation in Romania*, Thesis of Doctorate, UPG-Ploiesti, 2014, Ploiești, România.
- [7] Tudorache, V.P., ș.a., *Maintenance of the Romanian National Transportation System of Crude Oil and Natural Gas*, 2013, Procedia Engineering, DAAAM International Vienna, 2013, Viena, Austria.
- [8] Tudorache, V. P., ș.a., *Elements for the preventing and combating corrosion to cylindrical metal tank for destined storage of liquid hydrocarbons*; EMERG 3, Edit. AGIR, 2021, București, România.
- [9] \*\*\* [https://petrowiki.spe.org/Floating\\_roof\\_tanks](https://petrowiki.spe.org/Floating_roof_tanks)
- [10] \*\*\* <https://robotics.koks.com>
- [11] \*\*\* [www.google.com](http://www.google.com)

---

### Despre autor

Dr. ing. dipl. **Valentin-Paul TUDORACHE**

Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești; CONPET S.A.-Ploiești, Ploiești, România

Absolvent al Universității Petrol-Gaze din Ploiești, Facultatea Forajul Sondelor și Exploatarea Zăcămintelor, 1996. A continuat cu studiile aprofundate, studiile masterale și studiile academice postuniversitare obținând diploma MBA la I.N.D.E. / Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești și la Universitatea "PARIS XII - EST" CRETEIL Val-de-Marne din Paris. În perioada 1998-1999 a colaborat ca asistent universitar la Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești. Și-a susținut public Teza de doctorat cu titlul "RESEARCH ON OPTIMIZATION OF THE NATIONAL SYSTEM OF PIPELINE CRUDE OIL TRANSPORTATION IN ROMANIA" obținând titlul științific de DOCTOR în științe ingineresti, domeniul: mine, petrol și gaze, cu distincția: MAGNA CUM LAUDE, în anul 2014. Din anul 2000 lucrează ca inginer la CONPET S.A.-Ploiești, iar din anul universitar 2014-2015 este cadru didactic asociat la Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești – Facultatea de Ingineria Petrolului și Gazelor și Facultatea de Științe Economice. A publicat -ca autor și coautor- peste 100 de articole în reviste și volume de specialitate românești și din străinătate. Este membru în asociații profesionale de prestigiu, naționale și internaționale. În prezent, este membru în Adunarea Generală și Președinte Sucursala Prahova a AGIR (Asociația Generală a Inginerilor din România).