

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

Cu drept de manuscris

C.Z.U: 624.131:624.137(478)(043.2)

**CÎRLAN ALEXANDRU**

**STUDIUL PROPRIETĂȚILOR REOLOGICE ALE SOLURILOR  
PENTRU EVALUAREA STĂRII DE TENSIUNE-DEFORMAȚIE  
A TERENURILOR DE FUNDAȚII**

**211.02 - Materiale de construcții, elemente și edificii**

Autoreferatul tezei de doctor

**CHIȘINĂU, 2019**

Teza a fost elaborată în cadrul Catedrei “Construcții și Mecanica Structurilor” actualmente Departamentul “Inginerie Civilă și Geodezie”, Universitatea Tehnică a Moldovei.

**Conducător științific:**

**POLCANOV Vladimir**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, specialitatea 05.23.01 – Elemente de construcții și edificii; 05.23.05 - Materiale și articole de construcții.

**Referenți oficiali:**

**GUGIUMAN Gheorghe**, doctor inginer, profesor universitar, Universitatea Tehnică Gh. Asachi, Iași, România;

**SÎRODOIEV Ghenadie**, doctor în științe geologico-mineralogice, conferențiar universitar, Academia de Științe a Moldovei.

**Componența Consiliului Științific Specializat:**

**BURTIEV Rașid**, dr. hab. în șt. fiz.-mat., cercet. șt., AȘM – **președinte CȘS**;

**GRAMA Vasile**, dr. în șt. tehn., conf. univ., UTM – **secretar științific al CȘS**;

**RUSU Ion**, dr. hab. în șt. tehn., prof. univ., UTM;

**ARAD Victor**, dr. ing., prof. univ., Universitatea din Petroșani, România;

**BOGDEVICI Oleg**, dr. șt. geol.-mineral., conf. univ., AȘM;

Sușinerea va avea loc la **15 martie 2019, ora 14:00**, în ședința Consiliului Științific Specializat D 211.02-11 din cadrul Universității Tehnice a Moldovei pe adresa **bl. Dacia 41, blocul de studii Nr. 10, aud. 113**, MD-2060, Chișinău, Republica Moldova.

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la biblioteca tehnico-științifică a Universității Tehnice a Moldovei și la pagina web a ANACEC ([www.cnaa.md](http://www.cnaa.md))

Autoreferatul a fost expediat la 08 februarie 2019.

Secretar științific al Consiliului Științific Specializat:

**GRAMA Vasile** dr. în șt. tehn., conf. univ. \_\_\_\_\_

Conducător științific:

**POLCANOV Vladimir**, dr. în șt. tehn., conf. univ. \_\_\_\_\_

Autor

**CÎRLAN Alexandru** \_\_\_\_\_

(© Cîrlan Alexandru, 2019)

## REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea temei** este determinată de necesitatea abordării problemei privind evaluarea și asigurarea stabilității de lungă durată a taluzurilor construcțiilor artificiale precum și a terenurilor de fundare a clădirilor și edificiilor.

Procesul de construcție în Republica Moldova este agravat în mare parte de caracterul reliefului, prezența zonelor afectate de procese periculoase, precum și a porțiunilor de versanți temporar stabili. Taierea versanților, solicitarea acestora ca urma a edificării construcțiilor, duce inevitabil la schimbarea stării de tensiune-deformație și ca rezultat la pierderea stabilității acestora. De regulă, pierderea stabilității versanților este asociată cu prejudicii considerabile pentru economia republicii. În același timp, limitarea teritoriului predestinat construcțiilor și tendința de a păstra terenurile agricole impun proiectanții să utilizeze versanții potențial alunecători în calitate de teren de construcție. În consecință, asigurarea condițiilor normale la edificare și exploatarea construcțiilor precum și a autostrăzilor necesită o evaluare fiabilă a gradului de stabilitate a versanților și taluzurilor de debleu.

Cercetările și monitorizările din ultimii ani a comportării construcțiilor și edificiilor în procesul de exploatare, au demonstrat faptul că abordarea tradițională privind evaluarea stabilității acestora precum și stabilirea pantei de proiect folosind “metodele clasice standard”, nu întotdeauna oferă rezultate satisfăcătoare, chiar și în cazul folosirii coeficienților de siguranță recomandați. Nu sunt rare cazurile când taluzurile debleurilor, în special cele realizate în roci argiloase și cu un coeficient de siguranță mai mare decât cel necesar, de fapt, se dovedesc a fi instabile. Instabilitatea acestora se manifestă prin dezvoltarea lentă a deformațiilor, cauzată de formarea fisurilor și doar după o anumită perioadă de timp urmată de o cedare bruscă. Această formă de pierdere a stabilității este rezultatul procesului de fluaj, și anume a manifestării proprietăților reologice ale pământurilor argiloase.

Ținând cont de cele menționate mai sus, studiul proprietăților reologice ale pământurilor pentru estimarea stării de tensiune-deformație este o problemă actuală ce necesită de a fi soluționată.

**Descrierea situației în domeniul de cercetare.** Studiul materialelor științifice la tema tezei și definirea ulterioară a obiectivelor cercetării, a necesitat de la autor studierea detaliată a bazelor teoretice stabilite de cercetătorii din Republica Moldova și de peste hotare.

Metodele utilizate pentru descrierea și determinarea parametrilor reologici sunt destul de diverse. La baza lor stau rezultatele cercetărilor efectuate de savanții sovietici: Vyalov S.S., Goldstein M.N., Zaretsky Yu.K., Maslov N.N., Meschan S.R., Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Stepanyan G.I., Florin V.A., Tsytovich N.A., precum și discipolii lor: Budin A.Ya., Dobrov E.M., Ziangyrov R.S., Kazarnovsky V.D., Karaulova Z.M., Lombardo V.N., Osipov V.I, Polcanov V.N, Sotnikov S.N., Timofeeva T.A., Turovskaya A.Ya., Shadunts K.Sh. ș.a. Cât privește savanții occidentali, pot fi evidențiați: Bishop A.W., Blondeau F., Cazagrande A., Comșa R.,

Constantinescu A., Henkel D.J., Manoliu I., Marinescu C., Matei L., Mușat V., Peterson R., Rădulescu D., Răileanu P., Saito U., Skempton A.W., Stănculescu I., Šuklje L., Terzaghi K. ș.a.

Analiza literaturii la tema tezei a constatat faptul că în pofida unei varietăți mari de lucrării științifice, cu referință la alunecările de teren din țară, numărul publicațiilor privind studiul proprietăților reologice ale argilei sarmațiene este limitat.

O contribuție semnificativă la studierea argilelor sarmațiene din Republica Moldova au avut: Abelev Yu.M., Anosova A.A., Bogdevici O.P., Vovc V.M., Ziangirov R.S., Clinova G.I., Longe O.K., Moniușco A.M., Olianschi I.I., Polcanov V.N., Robustova T.I., Sorocian E.A., Sîrodoeva N.G., Sîrodoev G.N., Timofeeva T.A. ș.a. Activitatea acestor cercetători a făcut posibilă soluționarea problemelor legate de stratigrafie, litologie, geneză, condițiile de formare și răspândire a argilelor sarmațiene. Sa constatat că aceste roci sunt adesea expuse pe versanți și pot provoca alunecări de teren. În același timp, ele servesc în calitate de teren de fundare pentru clădirile și construcțiile inginerești. Respectiv, cunoașterea naturii rezistenței argilelor sarmațiene este o sarcină ce necesită a fi soluționată.

**Scopul lucrării** constă în elaborarea unei metodologii de estimare a stării de tensiune-deformație a terenurilor de fundare pentru asigurarea stabilității de lungă durată a versanților, debleurilor precum și exploatarea fiabilă a terenurilor de fundare, ca rezultat a studierii proprietăților reologice ale pământurilor.

#### **Obiectivele lucrării:**

1. Studierea influenței proprietăților reologice ale pământurilor argiloase asupra pierderii stabilității taluzurilor debleurilor adânci realizate în stratul de pământ argilo-nisipos al versanților potențial alunecători de pe teritoriul Republicii Moldova;
2. Identificarea principalilor factori care determină parametrii rezistenței argilelor sarmațiene și stabilirea valorilor de calcul a parametrilor ce corespund rezistenței de lungă durată a pământurilor studiate;
3. Elaborarea unei metode simplificate, pe baza prelucrării și analizei rezultatelor determinării proprietăților reologice ale argilelor sarmațiene de pe teritoriul Republicii Moldova, care ar permite determinarea caracteristicilor reologice (pragul de fluaj) în condiții de producție fără a efectua investigații costisitoare de lungă durată;
4. Determinarea influenței deformațiilor de fluaj la pierderea stabilității taluzurilor debleurilor adânci și versanților care ating starea limită;
5. Determinarea intensității manifestării deformațiilor de fluaj în urma stabilirii valorilor coeficientului de vâscozitate al pământurilor argiloase;
6. Efectuarea unei analize comparative a metodelor numerice și analitice de determinare a stării de tensiune-deformație a terenurilor de fundare formate din pământuri argiloase cu scopul

selectării celei mai fiabile metode ce ar permite determinarea stabilității de lungă durată a taluzurilor debleurilor adânci;

7. Elaborarea unor recomandări pentru excavarea debleurilor adânci cu asigurarea stabilității de lungă durată a acestora.

**Metodologia cercetării științifice.** Pentru evaluarea STD a taluzurilor debleurilor, autorul a studiat și analizat experiența modelării atât din țară cât și de peste hotare. În teză a fost folosită o abordare complexă care ia în considerare diferite metode de evaluare a gradului de stabilitate de lungă durată pe baza unui studiu aprofundat al proprietăților reologice ale pământurilor argiloase și modelarea matematică folosind software PLAXIS.

Pentru analiza reologică au fost folosite metode de prelucrare statistică a datelor. În procesul de cercetare au fost folosite rezultatele investigațiilor de teren și de laborator. La baza cercetării teoretice au stat rezultatele activității cercetătorilor din țară și de peste hotare: monografiile, articole, materiale simpozioanelor.

Drept bază informativă a servit materiale de arhivă ale instituțiilor de proiectare, a fostei Catedre Geodezie, Cadastru și Geotehnică (actualmente Departamentul Inginerie Civilă și Geodezie) a UTM, actele normative și de instruire ale INCERCOM și IPDA.

**Importanța problemei științifice** este asociată cu elaborarea unei metode practice, ce ar permite de a ține cont de proprietățile reologice ale pământurilor argiloase la proiectarea taluzurilor gropilor adânci de fundație și realizarea debleurilor pe drumurile auto în vederea asigurării stabilității locale și de lungă durată. O astfel de metodă va ridica calitatea estimării stabilității, luând în considerare posibilitatea nu doar a diminuării rezistenței pământurilor, dar și a manifestării deformațiilor în fluaj.

**Noutatea și originalitatea științifică** constă în următoarele:

1. A fost studiată influența diferitor factori asupra rezistenței argilelor sarmațiene din R. Moldova.
2. A fost stabilită dependența rezistenței argilelor sarmațiene de gradul de tulburare a structurii acestora, consistență, rezistența reziduală; ecuațiile obținute pot fi utilizate pentru determinarea valorilor preliminare ale rezistenței de lungă durată și evaluarea capacității portante a terenului de fundare.
3. Au fost identificate condițiile și cauzele deformării taluzurilor debleurilor, realizate în stratul argilo-nisipos al depozitelor sarmațiene, și propuse secțiunile transversale care asigură stabilitatea de lungă durată a taluzurilor.
4. Au fost determinate caracteristicile reologice ale argilelor sarmațiene din Republica Moldova (pragul de curgere lentă și coeficientul de vâscozitate), care permit evaluarea posibilității dezvoltării deformațiilor de fluaj a taluzurilor debleurilor adânci și a intensității acestora.
5. A fost argumentată metoda simplificată de stabilire a caracteristicilor reologice și rezistenței de lungă durată a pământurilor argiloase.

6. A fost studiată influența proprietăților reologice ale argilelor sarmațiene asupra distribuției tensiunilor și a stabilității de lungă durată a taluzurilor debleurilor multistratificate ținând cont de caracteristicile geologice și parametrilor geometrici ai taluzurilor debleurilor.

**Valoarea aplicativă a rezultatelor cercetării** constă în posibilitatea implementării rezultatelor obținute la studierea versanților potențial alunecători, proiectarea și executarea debleurilor adânci, calculul STD a terenurilor de fundare a căror zonă activă este formată din argile sarmațiene și, de asemenea, evaluarea stabilității de lungă durată a taluzurilor, care urmează a fi construite, la executarea săpăturilor de mare adâncime.

Rezultatele obținute permit determinarea rezistenței argilelor studiate și vor face posibilă reducerea duratei investigațiilor, necesitatea efectuării unor încercări de lungă durată și costisitoare pentru determinarea parametrilor reologici.

Rezultatele obținute, concluziile făcute pe baza acestora și recomandările formulate vor permite anticiparea unei pre-posibile pierderi a stabilității taluzurilor debleurilor, elaborarea într-un timp scurt a unui set de măsuri anti-deformaționale cu caracter profilactic, prin urmare, reducerea resursele materiale, care vor fi canalizate pentru înlăturarea consecințelor eventualelor alunecări de teren.

**Fiabilitatea rezultatelor studiului** este justificată prin utilizarea corectă a bazelor teoretice ale geologiei inginerești, mecanicii pământurilor, teoriei elasticității, plasticității și teoriei fizico-tehnice a fluaului. Concluziile obținute sunt confirmate de convergența convingătoare a rezultatelor obținute din calcul cu datele observațiilor și investigațiilor de teren.

#### **Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere:**

1. Rezultatele studiului proprietăților reologice ale argilelor sarmațiene din Republica Moldova, inclusiv ecuațiile analitice și dependențele grafice, care permit determinarea rezistenței maxime, reziduale precum și pragului de curgere lentă;

2. Modelele mecanico-matematice ale debleurilor studiate realizate în stratul de pământ argilo-nisipos, schemele de calcul și soluțiile obținute folosind MEF, care determină poziția și forma celor mai periculoase suprafețe de alunecare; valoarea coeficientului de stabilitate; secțiuni transversale ale debleurilor cu stabilitate asigurată pentru o anumită perioadă de exploatare (de serviciu);

3. Rezultatele studiilor analitice, inclusiv dependențele grafice și analiza influenței caracteristicilor reologice asupra distribuției tensiunilor în stratul de pământ și în taluzul debleurilor;

4. Metoda de prognozare a stabilității de lungă durată a taluzul debleurilor, ce permite efectuarea unei evaluări rezonabile a pericolului de manifestare a deformațiilor de fluaj bazată pe analiza reologică;

5. Rezultatele calculelor efectuate și implementarea recomandărilor cercetării.

**Implementarea rezultatelor științificei.** Metoda propusă a fost utilizată pentru stabilirea secțiunilor de proiect a taluzurilor debleurilor la elaborarea proiectului de reconstrucție a drumului M21 (Chișinău-Dubăsari-Poltava), la calculul stabilității terasamentelor tronsonului drumului M5 km 182,0-182,4 și aprecierea stabilității pantei de pe str. V. Trandafirilor nr. 4 mun. Chișinău, în cadrul cărora au fost stabilite manifestări de alunecări de teren confirmate prin certificatele de confirmare a implementării rezultatelor oferite de "SIMBO-PROIECT" S.R.L. și INTEXNAUCA S.A.

**Aprobarea rezultatelor cercetării.** Rezultatele cercetărilor au fost raportate și aprobate la conferințe naționale și internaționale cu publicarea în lucrările acestora: Conferința științifică națională cu participare internațională "Mediul și dezvoltarea durabilă" Ediția a III-a, Chișinău, Republica Moldova, UST, 06-08 octombrie 2016; Conferința tehnico-științifică internațională "Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului", Ed. a 8-a, UTM, Chișinău, Republica Moldova, 17-19 noiembrie 2016; Международная научная конференция "Интеграция, партнёрство и инновации в строительной науке образовании", НИ МГСУ, Москва, Российская Федерация, 16-17 noiembrie 2016; Conferința tehnico-științifică a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților, UTM, Chișinău, Republica Moldova, 1-14 decembrie 2016.

**Publicații la tema tezei.** Rezultatele activității de cercetare au fost publicate în 8 lucrări științifice, printre care: 5 în reviste recomandate de ANACEC, 3 în materialele conferințelor naționale și internaționale, 2 articole fiind fără coautori.

**Volumul și structura tezei.** Teza include adnotări (în română, rusă și engleză), lista abrevierilor, lista semnelor convenționale, introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie (203 titluri) și 18 anexe. Conținutul de bază a tezei este expus pe 134 pagini conținând 32 figuri și 22 tabele.

**Cuvinte cheie:** teren de fundare, taluzuri de debleu, argile sarmațiene, rezistență, stabilitate, deformații de fluaj, reologie, metode de calcul, metoda elementelor finite, PLAXIS.

*Autorul aduce sincere mulțumiri conducătorului științific, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar Polcanov Vladimir, pentru îndrumarea în elaborarea tezei, realizarea cercetărilor și formare ca specialist.*

*De asemenea autorul aduce mulțumiri colegilor departamentului „Inginerie Civilă și Geodezie” din cadrul Universității Tehnice a Moldovei pentru ajutorul și sfaturile oferite în procesul de cercetare și elaborare a tezei, îndeosebi șefului departamentului, conf. univ. Taranenco Anatolie, conf. univ. Sârbu Teodor, lect. univ. Ceban Oleg ș.a.*

*Și nu în ultimul rând autorul aduce sincere mulțumiri familiei pentru susținerea de care a dat dovadă pe parcursul realizării tezei de doctor.*

## CONȚINUTUL TEZEI

**Capitolul 1. Abordări conceptuale privind studiul naturii fenomenelor reologice și calculul stării de tensiune-deformație a pământurilor de fundare.** În acest capitol a fost studiată literatura de specialitate ce a permis identificarea abordărilor clasice precum și a celor moderne privind rolul fenomenelor reologice la pierderea stabilității taluzurilor debleurilor adânci realizate în straturile de pământ argiloase.

Au fost analizate tipurile de manifestare a deformațiilor de fluaj [25, p. 159], ca urmare a apărut necesitatea delimitării mai multor concepte de rezistență a pământurilor argiloase și anume: “rezistența maximă (de vârf)”, “rezistența reziduală”, “limita rezistenței de lungă durată”, “rezistența de serviciu”, “pragul de curgere lentă (fluaj)” [3; 4; 5, 6; 9, p. 79-80; 10].

O contribuție semnificativă la studiul naturii fenomenelor reologice au avut-o atât savanții școlilor sovietice: Vyalov S.S. [12], Goldstein M.N. [13], Maslov N.N. [16, 17], Tsytovich N.A., Ter-Martirosyan Z.G. [10], precum și cei occidentali: Skempton A.W. [9], Terzaghi K., Šuklje L., Bishop A.W., Taylor D.W., Mitchell J.N. ș.a.

Au fost analizate modelele reologice ale pământurilor [12, p. 205-218], începând de la cele mai simple cum ar fi cele ale lui: Hooke, Newton, Saint-Venant, precum și cele compuse ale lui: Kelvin-Voigt, Maxwell, Hohenemser-Prager, Prandtl, Bingham, Shvedov ce descriu caracteristicile vâscoelastice, vâscoplastice, elasto-plastice ale pământurilor. De asemenea au fost analizate modele combinate: Poynting-Thomson, Lesersich, Jeffrey, Burgers; metodele ce descriu consolidarea pământului: Terzaghi-Gersevanov, Taylor, Anagnost, Tâng Thiên Ki, Gibson-Lo, Schiffman. Au fost evidențiate modelele care iau în calcul curgerea lentă la forfecare, cum ar fi cele ale lui: Vyalov, Goldshtein, Kisel, Fedder-Bredz; modelele mecanice ale pământurilor cu vâscozitate variabilă: Murayama-Shibata, Budin; precum și modele moderne: Ter-Martirosyan [25, p. 158-163], Christensen R.W., Hu H., Li J.S., Shao Y., Wang D., Zhang J.H., Zhao M.H.

Trebuie remarcat faptul că majoritatea modelelor testate sunt atribuite pământurilor care reflectă structura geologică a țărilor de origine a savanților, iar pentru unele modele complexe sunt necesare utilaje extrem de sensibile și sofisticate pentru a determina valorile tuturor parametrilor ce formează aceste modele, ce nu în toate cazurile este posibil. De aceea având în vedere că majoritatea pământurilor argiloase care formează versanții și taluzurile debleurilor de pe teritoriul Republicii Moldova corespund tipurilor de pământuri delimitate de Maslov, autorul a decis ca deciziile ulterioare să fie bazate pe modelul reologic al lui Maslov și teoria fizico-tehnică a fluajului [16, p. 97-103].

Deoarece valorile parametrilor reologici ai pământurilor, obținute experimental, depind în mare măsură de metodele și aparatele de încercare, sensibilitatea și precizia lor, au fost studiate și analizate metodele de laborator cât și cele de teren folosite pe larg în republică și peste hotare.



Pentru studierea pământurilor în condiții de laborator, în prezent sunt utilizate următoarele metode: compresiune monoxială, compresiune triaxială, forfecare monoplană, forfecare inelară, prin torsiune, forfecare multiplanară, "teste cu bile" (presarea cu bile într-o centrifugă), cu viscozimetru rotativ, aparat de teșire etc.

Ținând cont de conjunctura factorilor geo-politici, în Republica Moldova cele mai de folosite metode sunt cele elaborate de savanții sovietici și discipolii lor [16, 17, 18].

Astfel au fost analizate metodele de testare în regim de lungă durată a pământurilor cum ar fi: metoda "familiei de curbe" elaborată de Vyalova S.S, metodele propuse de Goldstein M.N. și discipolii săi bazate pe solicitarea probelor în aparatele de compresiune triaxială, metoda de testare la fluaj a pământurilor cu consistență plastic-curgătoare propusă de Sorokina G.V., metoda de testare a pământurilor argiloase la torsiune propusă de Meschyan S.R.

Printre metodele accelerate și simplificate au fost analizate cele propuse de Afanasyev B.G. și Pushkarev V.I. ce constă în determinarea rezistenței de lungă durată prin încercarea probelor în regim de fluaj-relaxare la comprimare monoaxială cu o presă dotată cu un dinamometru cu arc; metoda propusă de Popov A.Z. ce prevede utilizarea unei relații cantitative între parametrii de fluaj și cei de relaxare a tensiunilor în procesul de comprimare a pământului, metoda propusă de Badalian R.G. și Meschyan S.R. pentru studierea fluajului la acțiune vibrațională; metoda de studiere a proprietăților reologice ale pământurilor saturate, a nămolurilor și pastelor argiloase cu ajutorul reometrului.

Au fost analizate rezultatele cercetărilor de laborator obținute de Boley K. și Strokova L.A. folosind aparatul cu un singur plan de forfecare produs de Wille-Geotechnik cu înregistrare digitală a tensiunilor și deformațiilor, cele obținute de Mirsayapov I.T. și Koroleva I.V. în condițiile unei compresiuni triaxiale asimetrice a pământurilor argiloase etc.

În urma analizei metodelor de determinare a parametrilor reologici se poate observa o necesitate de îmbunătățire a acestora, deoarece în ultimii ani se atesta o modernizare a aparatelor de măsurat nu și a metodelor noi argumentate teoretic.

Un alt obiectiv al studiului literaturii de specialitate a fost analiza metodelor de evaluare cantitativă a stării de tensiune-deformație a masivului de pământ. Pentru evaluarea stabilității taluzurilor și versanților sunt folosite un șir de metode a echilibrului limită, eficiența cărora a fost demonstrată în timp, și anume: metoda suprafețelor circular-cilindrice, metoda forțelor orizontale a lui Maslov-Berer, metoda lui Shahuneants, Terzaghi, Bishop etc. Aceste metode pe lângă ipotezele care stau la baza lor, și anume: se admite o anumită formă a suprafeței de alunecare, tensiunile sunt înlocuite cu forțe, se folosește ipoteza corpului solid întărit, mai au un dezavantaj care constă în faptul că suprafața de alunecare se stabilește ipotetic până a începe calculele propriu-zise, iar apoi, prin iterații, se stabilește poziția critică a suprafeței de alunecare cu coeficientul de stabilitate minim.

Pentru evaluarea STD a taluzurilor și versanților tot mai des se folosesc programele de calcul bazate pe MEF, cum ar fi: subprograma OTKOS al pachetului software SCAD, softwarul PLAXIS 2D și 3D, GEO5, Phase2, FLAC etc. Fiecare din aceste programe de calcul au avantajele și dezavantaje lor. Pentru analiza posibilităților acestor software au fost analizate lucrările cercetătorilor: Ter-Martirosyan A.Z., Fawaz A., Farah E., Hagechade F., Bjerrum L., Lu Ning, Martin R. E., Rehwoldt E.B. etc., care au comparat și aplicat în practică aceste programe de calcul pentru soluționarea unor probleme de geotehnică reale.

Totuși, condițiile regionale a versanților, amplasarea taluzurilor debleurilor, litologia și alți factori pot crea dificultăți semnificative în utilizarea MEF impunând necesitatea unor calcule și studii suplimentare pentru identificarea soluției adecvate și fiabile.

**Capitolul 2. Identificarea naturii rezistenței pământurilor argiloase din Republica Moldova.** Acest capitol este destinat analizei rezultatelor cercetărilor teoretice și de laborator cu scopul determinării naturii rezistenței pământurilor argiloase.

Pentru realizarea obiectivelor propuse au fost analizată etapele de studiere a argilelor sarmațiene de pe actualul teritoriu al Republicii Moldova începând cu primele înregistrări documentate din lucrarea lui Cantemir D. "Descrierea Moldovei", urmate de studiului litologic și geologic realizat la mijlocul secolului XIX de Svinin P.P., Murchison R.R. ș.a., expedițiile Geolkomului și echipelor Universității de Stat din Moscova, din secolul al XIX-lea și XX; cercetările organizate de Academia de Științe a URSS, Universitatea din Odessa, Universitatea din Harkov, Institutul de Hidrometeorologie din Kiev pe malul stâng al râului Nistru în perioada 1918-1940; studiul sistematic și complex al resurselor naturale ale Moldovei din perioada 1945-1960; cercetările realizate în 1960 în cadrul ISP "Moldgiprostroy" de către Bauh E.I. și Kostik G.E. etc.

O deosebită atenție a fost acordată rezultatelor cercetătorilor contemporani care au studiat argilele sarmațiene din Republica Moldova printre care sunt: Bogdevici O.P., Charykova S.A., Moniușco A.M., Olianschi I.I. [19], Orlov S.S., Polcanov V.N. [11, 20, 24], Robustova T.I., Shchekochikhina E.V., Sîrodoev G.N., Sîrodoeva N.G., Timofeeva T.A. [11], Vovk V.M. ș.a.

Evaluarea STD a terenurilor de fundare, analiza și prognoza stabilității versanților în vederea efectuării MAD este imposibilă fără date veridice ale proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor ce formează acestea și identificarea legăturilor de modificare a acestora atât în timp cât și în spațiu.

Pentru studierea proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor alunecătoare din zona nordică și centrală a Republicii Moldova au fost analizate rezultatele încercărilor de laborator a patru versanților alunecători din regiunile: Telenești, Glodeni, Hîrbovăț și Edineț.

Pentru toți versanții studiați, în funcție de caracterul de dezagregare a argilelor alunecătoare, prezența zonelor cutate și a suprafețelor de alunecare, culoare, au fost distinse 2 straturi ale roci:

a) stratul de depozite deluvial-alunecătoare cu o grosime de 6-12m, formate din argile sarmațiene galbene-verzui, pestrițe, oolitice cu lentile și straturi subțiri de nisip, cu incluziuni de ghips și carbonați, prezența fisurilor adesea verticale, cu suprafețe de alunecare lucioase, rare, oblic orientate.

b) argile cenușii-verzui, cenușii-metalic, albastre-cenușii, adesea orizontal-stratificate, cu nisip și aleurite pe suprafețele de stratificare.

În cazul versantului din *or. Edineț* sa constatat că, pentru probele din stratul superior încercate în stare naturală, în lipsa zonelor cu rezistență redusă, pământul are o rezistență destul de mare: pentru  $p = 200$  kPa, rezistența medie la forfecare este  $S = 96$  kPa. Prezența fisurilor în masiv, modelată prin încercarea probelelor cu suprafață de forfecare pregătită, duce la o micșorare a rezistenței de aproximativ 1,6 ori –  $S = 62$  kPa. În cazul pătrunderii apei prin fisuri duce la o micșorare și mai mare a rezistenței la forfecare –  $S = 34$  kPa, de aproximativ 1,7 ori față de probele suprafață de forfecare neumezită și de 2,6 ori față de cele cu structură naturală. Pentru probele cu suprafață de forfecare pregătită după menținerea suplimentară în baie de nisip umed –  $S = 29$  kPa, deci rezistența sa micșorat de 3,3 ori în comparație cu rezistența probelor cu structură naturală.

În cazul versantului din *or. Telenesti* pentru probele cu structură naturală și  $p = 200$  kPa, rezistența la forfecare –  $S = 124$  kPa. În urma încercării la forfecare a probelor cu suprafață pregătită de forfecare, rezistența scade în jumătate –  $S = 63$  kPa. În caz de umezire a suprafeței de forfecare, rezistența scade până la  $S = 41$  kPa. Ținând cont de posibilitatea saturării complete a depozitelor alunecătoare se poate aștepta la o micșorare a rezistenței la forfecare până la minimum –  $S = 13$  kPa.

Pentru versantul din *or. Glodeni* se observă o dispersie considerabilă a valorilor rezistenței la forfecare (de la 325 până la 138kPa pentru  $p = 100$  kPa). S-a constatat că rezistența medie a stratului de argile pestrițe este de 1,5 ori mai mică decât cea a argilelor albastre-cenușii și, prin urmare, egale cu 153kPa și 223kPa. Prezența fisurilor reduce rezistența la forfecare de 2,3 ori. Umezirea suprafețelor fisurilor reduce suplimentar rezistența, apropiindu-se de valoarea minimă identice pentru cele două straturi –  $S = 55$  kPa. La saturarea completă a probelor de argilă galben-verzuie în baia de nisip și încercate cu plan de forfecare pregătit și umezit, rezistența la forfecare, în comparație cu starea naturală, sa redus de 7 ori –  $S = 23$  kPa.

Pentru versantul din *or. Hirbovăț*, pentru valori apropiate ale densității și umidității la o presiune  $p = 300$  kPa se observă o dispersie mare a valorilor rezistenței la forfecare: valori mai mici corespund stratului superior (145-180 kPa), valori mai mari (180-425 kPa) – stratului inferior. Rezistența argilelor cenușii, în urma efectuării încercărilor cu plan pregătit de forfecare, este practic identică cu a argilelor din stratul superior cu structură netulburată. În urma tulburării și umezirii suplimentare a probelor, rezistența pământurilor ambelor straturi se apropie de valori minime.

Pentru identificarea principalilor factori care determină rezistența la forfecare a pământurilor argiloase, a fost prelucrată selecția de rezultate a încercărilor probelor de argile neogene, preluate din zece zone afectate de alunecări de teren de pe teritoriul Republicii Moldova: Edineț, Telenești, Hîrbovăț, Glodeni, Ungheni, Cornești, Nisporeni, Răscrucea Orhei, Chișinău, drumul Ustia-Holercani. În selecție au fost incluse rezultatele încercărilor la forfecare directă a probelor cu structură naturală intactă, cu suprafață pregătită de forfecare precum și cu suprafață pregătită și umezită. În total au fost prelucrate peste 1300 de rezultate. Datele inițiale au fost divizate în două selecții, ce corespund stratului superior, deluvial supus alunecării, și inferior, reprezentat prin roci neogene din stratul de bază (virgin) [1].

În urma prelucrării datelor au fost obținute următoarele relații matematice, ce caracterizează rezistența la forfecare a pământurilor argiloase pentru straturile selectate:

1) pentru stratul superior

- *cu umiditate naturală:*

$$S_{pw} = e^{1,3102} \cdot S_r^{-0,9786} \cdot W_p^{-0,1795} \cdot p^{0,4214} \cdot e^{0,7241 \cdot X_1} \cdot e^{-0,3778 \cdot X_2} \quad (2.1)$$

- *umezite în „baie de nisip”:*

$$S_{pw} = e^{0,0320} \cdot \rho_w^{4,079} \cdot W_p^{0,8333} \cdot p^{0,3164} \cdot e^{0,6529 \cdot X_1} \cdot e^{-0,3009 \cdot X_2} \quad (2.2)$$

2) pentru stratul inferior

- *cu umiditate naturală:*

$$S_{pw} = e^{1,0506} \cdot \rho_{sc}^{1,184} \cdot S_r^{0,5584} \cdot W_L^{0,2619} \cdot p^{0,5643} \cdot e^{0,6847 \cdot X_1} \cdot e^{-0,3961 \cdot X_2} \quad (2.3)$$

- *umezite în „baie de nisip”:*

$$S_{pw} = e^{-1,4026} \cdot \rho_w^{2,786} \cdot I_p^{7,395} \cdot e^{-1,498 I_L} \cdot p^{0,2888} \cdot e^{0,477 \cdot X_1} \cdot e^{-0,4007 \cdot X_2} \quad (2.4)$$

unde:  $\rho_w$  – densitatea pământului în stare naturală,  $g/cm^3$ ;  $\rho_{sc}$  – densitatea scheletului,  $g/cm^3$ ;  $S_r$  – gradul de umiditate, *frac. unit.*;  $W_L$  – limita de curgere, *frac. unit.*;  $W_p$  – limita de plasticitate, *frac. unit.*;  $I_p$  – indicele de plasticitate, *frac. unit.*;  $I_L$  – consistența, *frac. unit.*;  $p$  – presiunea verticală,  $kPa$ ;  $e$  – constanta lui Euler,  $e = 2,718$ ;  $X_1$  – parametru ce caracterizează tulburarea structurii naturale;  $X_2$  – parametru ce răspunde de umezirea suprafeței de alunecare.

Exemple de interpretarea grafică a rezultatelor obținute cu relațiile matematice (2.1) și (2.2) sunt prezentate în Fig. 2.1-2.2. Valorile parametrilor de rezistență sunt prezentate în Tab. 2.1.

Tabelul 2.1 Valorile medii statistice ale parametrilor rezistenței la forfecare în condiții de reducere a acestora

№ ord.	Umiditatea	Condițiile efectuării încercărilor la forfecare	Tipul argilelor			
			pestrițe		orizontal stratificate	
			Valorile parametrilor rezistenței			
			$C, kPa$	$\varphi, grade$	$C, kPa$	$\varphi, grade$
1	Naturală	Probe cu structură naturală	44	13	90	19
2		Probe cu plan pregătit	20	8	22	17
3		Probe cu plan pregătit și umezit	14	6	15	9
4	După umezirea în „baia cu nisip”	Probe cu structură naturală	26	6	39	6
5		Probe cu plan pregătit	12	3	20	4
6		Probe cu plan pregătit și umezit	10	3	11	4

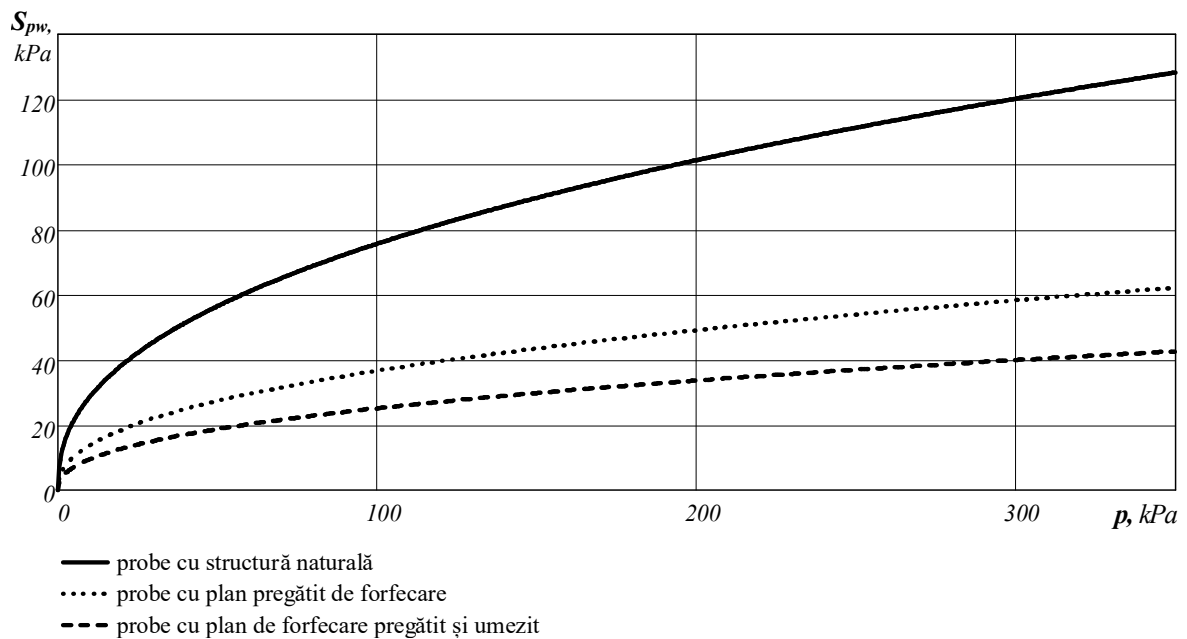


Fig. 2.1. Interpretarea grafică a rezultatelor obținute cu ajutorul relației matematice pentru rezistența la forfecare a pământurilor argiloase în funcție de sarcina normală, conform rezultatelor regresiei matematice, pentru probele stratului superior cu umiditate naturală.

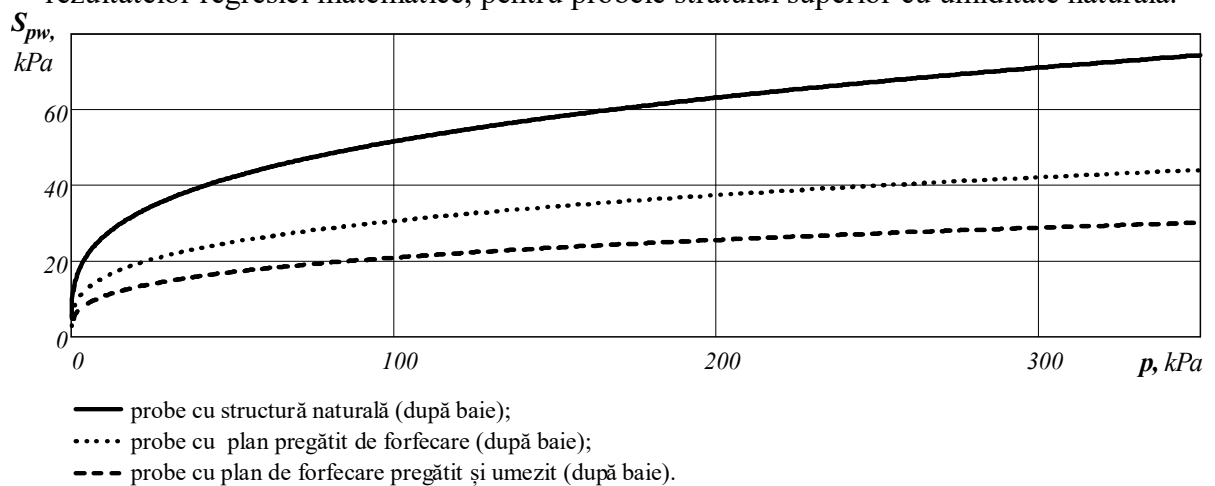


Fig. 2.2. Interpretarea grafică a rezultatelor obținute cu ajutorul relației matematice pentru rezistența la forfecare a pământurilor argiloase în funcție de sarcina normală, conform rezultatelor analizei corelare-regresie, pentru probele stratului superior umezite în “baie de nisip”

**Capitolul 3. Studiile experimental-teoretice ale proprietăților reologice ale pământurilor argiloase din Republica Moldova.** În acest capitol sunt prezentate rezultatele studierii proprietăților reologice ale argilelor sarmațiene care formează majoritatea versanților din centrul și nordul Republicii Moldova. Trebuie remarcat faptul că, în prezent, există un cerc foarte restrâns de specialiști care se ocupă de studierea proprietăților reologice ale pământurilor argiloase din Republica Moldova, în esență, ei sunt reprezentanți ai școlii lui Maslov N.N.: Kazarnovsky V.D., Dobrov E.Sh., Polcanov V.N. și Popovschi V.O.

Analizând pământurile argiloase din punct de vedere al comportării acestora pe versanți și terasamente, este important de a evalua proprietățile lor nu doar în stare naturală, la momentul studierii, dar și posibilitatea prognozării modificării acestora în procesul edificării, și mai ales, cel de exploatare a clădirilor și structurilor. Obținerea unor valori fiabile ale caracteristicilor reologice ale pământurilor este una din problemele majore în procesul determinării STD a terenului de fundare, deoarece anume aceste valori definesc condițiile de comportare a pământurilor la solicitări.

În conformitate cu teoria compactității-umidității, relația generală pentru determinarea rezistenței la forfecare are forma:

$$S_{pw} = p \cdot tg \varphi_w + \Sigma_w + C_c, \quad (3.1)$$

Ținând cont de faptul că în condiții constante de solicitare externă, forța de frecare  $p \cdot tg \varphi_w$ , unghiul de frecare internă  $\varphi_w$  rămân constante; coeziunea  $\Sigma_w$  de natură hidrocoloidală cu caracter reversibil rămâne neschimbată în timp, dar poate să se micșoreze la acțiunea sarcinilor exterioare, ceea ce duce la manifestarea deformațiilor de fluaj; legăturile rigide ireversibile ale coeziunii structurale  $C_c$ , chiar și lipsa unei solicitări exterioare, dar în cazul valorilor critice ale deformațiilor  $\gamma_{cr}$  pot fi distruse și pe măsură ce cresc deformațiile pot fi reduse până la zero, putem spune că trecerea pământurilor argiloase în stadiul de fluaj este posibilă numai atunci când tensiunea de forfecare  $\tau$  aplicată pământului depășește o anumită valoare limită  $\tau_{lim}$  numită "prag de fluaj" și determinată cu relația [8, 16]:

$$\tau > \tau_{lim} > p \cdot tg \varphi_w + C_c, \quad (3.2)$$

În urma analizei rezultatelor încercărilor de lungă durată realizate pentru probelor din argilă sarmațiană de consistență tare și vârtoasă folosind metoda "cu viteză constantă" elaborată de Karaulova Z.M. s-a constatat că pentru grupurile de argile studiate le sunt caracteristice valori mari ale forțelor critice de forfecare și a pragului de fluaj [8]. Explicația acestui fapt, evident, trebuie căutată în particularitățile de formare a argilelor și în prezența în cadrul acestora a particulelor fine și a celor de nisip prăfos pe suprafețele de contact dintre straturile de sedimentare. Efortul critic de forfecare în cazul încercării argilelor plastic consistente poate fi de 2 ori mai mic decât în cazul argilelor tari.

Analiza rezultatelor experimentale a arătat că creșterea sarcinii normale pentru aceste probe, în intervalul de tensiuni studiat, influențează intensitatea dezvoltării deformațiilor de fluaj. Această dependență este liniară pentru intervalul de valori relativ mici ale tensiunilor de forfecare  $\tau$ . La atingerea unei anumite valori ale tensiunilor  $\tau$ , această dependență devine neliniară, indicând asupra unui pericol de distrugere a probei.

Au fost procesate rezultatele încercărilor la forfecare de lungă durată pentru construirea curbele de fluaj, construite pentru prima dată de Diasamidze O.G și analizate cele trei tipuri de fluaj.

De asemenea în acest capitol au fost studiate proprietăților fizico-mecanice și reologice ale pământurilor pentru 3 sectoare alunecătoare: "Km-ul 4 drumului regional G69 Ustia-Holercani" [8], "Răscrucea Orhei" [23], " Km 80 al drumului republican R1 Chișinău-Ungheni". Pentru fiecare dintre aceste sectoare a fost realizată o scurtă descriere geologică și geomorfologică cu stabilirea parametrilor de rezistență și a celor reologici.

Ținând cont de valorile de calcul stabilite ale consistenței pământului în limitele straturilor analizate și ecuațiile generalizate propuse de autorul acestei teze, valorile coeziunii și unghiul de frecare internă corespunzătoare pragului de fluaj se presupun a fi egale cu:

- 1) Pentru stratul superior (argile pestrițe, oolitice, tulburate):

$$C_{\text{lim}} = 40 \text{ kPa}; \phi_{\text{lim}} = 7^\circ;$$

- 2) Pentru stratul inferior (argile cenușii, orizontal stratificate)

$$C_{\text{lim}} = 75 \text{ kPa}; \phi_{\text{lim}} = 11^\circ;$$

- 3) Pentru zonele vulnerabile (cu rezistență redusă)

$$C_{\text{lim}} = 9 \text{ kPa}; \phi_{\text{lim}} = 5^\circ;$$

Rezultatele prezentate mai sus sunt atribuite argilelor sarmațiene. De asemenea, partea superioară a stratului în care sunt executate debleurile pot fi întâlnite și alte tipuri de pământuri argiloase, cum ar fi argilele nisipoase. Autorul a decis de a efectua unele experimente, cu scop de verificare, pentru determinarea pragului de fluaj și a acestor tipuri de pământuri argiloase. Unele rezultatele a încercărilor sunt prezentate în Fig. 3.1.

În baza graficelor obținute au fost determinate și valorile coeficientul de vâscozitate: pentru pământul în stare plastic consistentă ( $I_L=0,43$ ) –  $\eta = 3,07 \cdot 10^9 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ; iar pentru cea plastic vârtoasă ( $I_L=0,21$ ) –  $\eta = 9,51 \cdot 10^9 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ . Pentru obținerea unor ecuații de uz larg, sunt necesare încercări suplimentare pentru cât mai multe grupuri de pământuri argiloase.

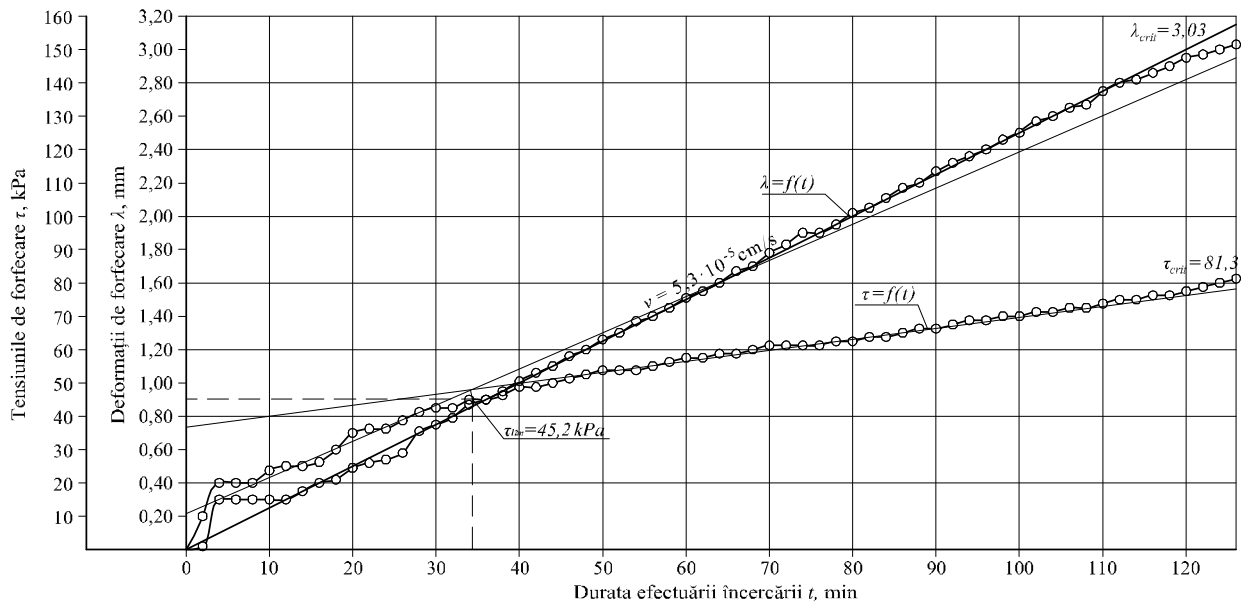


Fig. 3.1 Determinarea pragului de fluaj pe baza încercărilor „cu viteză constantă de forfecare”.  
Argile nisipoase cuaternare plastic consistente.

Determinarea pragului de fluaj pe baza încercărilor de lungă durată este destul de îndelungată și presupune necesitatea unor măsuri speciale pentru a menține starea naturală de compactitate-umiditate a probelor testate. Astfel s-a încercat să se stabilească valoarea pragului de fluaj pe baza încercărilor de forfecare rapidă a probelor cu structură natural intactă și a celor cu suprafață pregătită de forfecare.

În calitate de date inițiale au servit rezultatele obținute în urma prelucrării selecției formate anterior pentru determinarea factorilor care influențează asupra rezistenței la forfecare a argilelor sarmațiene.

În rezultat, au fost obținute următoarele ecuații care caracterizează pragul de fluaj:

1) pentru stratul superior:

- *cu umiditate naturală:*

$$\tau_{lim} = \sigma \cdot tg13^{\circ} + 24, kPa; \quad \tau_{lim} = 0,231\sigma + 24, kPa ;$$

- *după umezirea suplimentară în "baia de nisip":*

$$\tau_{lim} = \sigma \cdot tg6^{\circ} + 14, kPa; \quad \tau_{lim} = 0,105\sigma + 14, kPa ;$$

2) pentru stratul superior

- *cu umiditate naturală*

$$\tau_{lim} = \sigma \cdot tg19^{\circ} + 68, kPa; \quad \tau_{lim} = 0,344\sigma + 68, kPa ;$$

- *după umezirea suplimentară în "baia de nisip":*

$$\tau_{lim} = \sigma \cdot tg13^{\circ} + 24, kPa; \quad \tau_{lim} = 0,231\sigma + 24, kPa .$$

Analiza comparativă a valorilor obținute cu rezultatele obținute de alți cercetători a arătat un grad ridicat de convergență. Discrepanțele observate pot fi explicate prin numărul mic de încercări de lungă durată și prin particularitățile argilelor sarmațiene investigate.



**Capitolul 4. Evaluarea capacității portante a terenurilor de fundare cu evidența proprietățile reologice ale pământurilor.** Obiectivul cercetărilor efectuate în acest capitol a fost identificarea cauzelor deformării taluzurilor debleurilor pe mai multe tronsoane ale drumului magistral M21, studierea proprietățile reologice ale pământurilor argiloase ce formează taluzurile, pentru trasarea secțiunilor transversale cu stabilitate asigurată necesare pentru reconstrucția planificată a drumului [2, 21].

Inițial, au fost studiate particularitățile geologico-inginerești ale sectorului studiat. Sa stabilit că pe taluzul debleurilor, sunt expuse straturile argilo-nisipoase de vârstă sarmațiană și cuaternară, puternic carbonatate, argile nisipoase grele roșu-maronii și argile slabe. Pe unele porțiuni în stratul sarmațian pot fi identificate cornișe de calcar și gresie. În multe cazuri, partea superioară și de mijloc a taluzurilor debleurilor sunt formate din nisipuri siltice cu un unghi natural de înclinare de aproximativ 25-30°. Deformații vizibile pe aceste sectoare nu au fost observate. Din cauza complexității situației de facies, depozitele argiloase sarmațiene sunt marcate de o eterogenitate bine pronunțată. În același timp, în stratul argilos sunt observate lentile groase de nisip și nisip argilos saturat, iar în stratul de nisip pot fi întâlnite fâșii de argilă. Acestor straturi de argilă, care adesea se află în partea inferioară a debleurilor, în urma investigațiilor, au fost observate deformații active de alunecare, care se manifestă adesea sub formă de alunecări cu caracter de curgere plastică. În partea superioară, unde structura geologică este formată de argile nisipoase roșu-brune grele și galben-pal carbonatate, acestea din urmă sunt implicate în procesul de deformare activă. Ca urmare, pe aceste sectoare pot fi observate cornișe abrupte, practic verticale cu o înălțime de 10 - 12 m sau mai mare. Mai jos, în rocile argiloase, deformațiile se manifestă preponderent sub formă de curgere plastică.

De asemenea, au fost trasate schematic secțiunile transversale ale taluzurilor la etapa actuală, cu indicarea structurii geologice a acestora. Secțiunile obținute au fost comparate cu cele de proiect. Astfel s-a stabilit că cauza principală a deformațiilor este înălțimea considerabilă a taluzurilor, care, la etapa de proiectare, a fost stabilită fără a ține cont de proprietățile reologice ale pământurilor argiloase din zonele descrise, ce au dus la dezvoltarea deformațiilor de fluaj și micșorarea rezistenței în timp a pământurilor argiloase ca rezultat a acțiunii concomitente și a mai multor factori nefavorabili, preponderent dezagregării și umidității sporite în perioada precipitațiilor atmosferice maxime.

Pentru stabilirea rolului precipitațiilor abundente, precum și celor provenite din topirea zăpezii au fost selectate și analizate datele a 18 stații meteorologice din Republica Moldova pentru perioada 2007-2016. Folosind programului de prelucrare matematică MathCAD au fost prelucrate aproximativ 6480 de rezultate ale măsurătorilor, obținând graficele precipitațiilor lunare, pe anotimpuri și diferite perioade ale anului. Analiza lor arată că, cantitatea maximă de precipitații cade în perioada de vară, cu toate acestea, aversele de ploaie au un caracter scurt și nu pot cauza o majorare

substanțială a umidității pământurilor pe adâncime. Mai periculoasă este acumularea umidității în perioada de iarnă-primăvară, când cantitatea sumară de precipitații crește substanțial cu pătrunderea ulterioară până la o adâncime de peste 2,5 m. Observațiile arată că activizarea deformațiilor pe taluzurile debleurilor se observă anume în perioada de primăvară a anului, pentru starea plastic consistentă și plastic moale a pământurilor. Acțiunea repetată de umezire și uscare a pământului influențează asupra valorilor caracteristicilor reologice, rezistenței de lungă durată și celei reziduale.

Studiul pământurilor ce formează debleul cu pichetul 14406÷14409 a fost efectuat în scopul justificării valorilor de calcul ale parametrilor de rezistență necesare pentru asigurarea stabilității de lungă durată a taluzurilor la reconstrucția drumului. În condiții de laborator, a fost efectuat un ciclu complet de investigații necesare pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor.

Potrivit investigațiilor de teren și prelucrării preliminare a rezultatelor încercărilor de laborator, au fost delimitate patru EGI corespunzător adâncimii de poziționare: 1-3, 3-7, 7-15, mai mult de 15 m. Din totalul de 71 de încercări la forfecare, au fost efectuate 26 cu structură naturală intactă, 27 cu suprafață pregătită de forfecare și 18 cu suprafață de forfecare pregătită și umezită. Rezultatele încercărilor sunt prezentate în Tab 4.1 și 4.2.

Tabelul 4.1. Rezultatele determinării parametrilor de rezistență a pământurilor studiate

Condițiile de efectuare a încercării la forfecare	Adâncimea preluării monolitului <i>h</i> , m	Ecuația rezistenței $S = tg \varphi \cdot \sigma + C$ , kPa	Parametrii de rezistență			Note
			$\varphi$ , grade	$tg \varphi$	<i>C</i> , kPa	
Probe cu structură naturală intactă	1-3	$S = 0,23\sigma + 130$	13	0,23	130	
	6	$S = 0,23\sigma + 50$	13	0,23	50	
	7-15	$S = 0,29\sigma + 100$	16	0,29	100	
	>15	$S = 0,36\sigma + 120$	20	0,36	120	
Probe cu plan pregătit de forfecare	1-3	$S = 0,27\sigma + 80$	15	0,27	80	
	6	$S = 0,25\sigma + 50$	14	0,25	50	
	7-15	$S = 0,37\sigma + 50$	15	0,37	50	
	> 15	$S = 0,29\sigma + 50$	16	0,29	50	
Probe cu plan de forfecare pregătit și umezit	1-3	$S = 0,23\sigma + 30$	13	0,23	30	
	6	încercări nu au fost efectuate				proba s-a distrus după forfecarea repetată
	7-15	$S = 0,18\sigma + 20$	10	0,18	20	
	> 15	$S = 0,18\sigma + 20$	10	0,18	20	

Rezultatele încercărilor confirmă concluziile unor savanți că, pentru umiditate naturală în intervalul de consistență tare, preponderent se manifestată factorul de discreție care reflectă particularitățile structurale și texturale ale pământului și gradul de distrugere a legăturilor structurale ca rezultat a prezenței zonelor cu rezistență redusă, care determină natura de deformarea a argilelor rigide și prevalează față de influența densității, umidității și consistenței asupra rezistenței la forfecare.

Tabelul 4.2. Rezultatele determinării parametrilor de rezistență a pământurilor studiate după umezire suplimentară

Condițiile de efectuare a încercării la forfecare	Adâncimea preluării monolitului $h$ , m	Indicele de lichiditate $I_L$	Ecuația rezistenței $S = tg \varphi \cdot \sigma + C$ , kPa	Parametrii de rezistență			Note
				$\varphi$ , grade	$tg \varphi$	$C$ , kPa	
Probe cu structură naturală intactă	1-3	0,38	$S = 0,23\sigma + 20$	13	0,23	20	umezire în condiții de umflare liberă
	3-15	0,17	$S = 0,29\sigma + 44$	16	0,29	44	
	>15	0,27	$S = 0,30\sigma + 50$	17	0,30	50	
Probe cu plan pregătit de forfecare	1-3	0,38	$S = 0,23\sigma + 10$	13	0,23	10	
	3-15	0,17	$S = 0,29\sigma + 10$	16	0,29	10	
	>15	0,27	$S = 0,19\sigma + 10$	11	0,19	10	
Probe cu plan de forfecare pregătit și umezit	1-3	Nu a fost determinat	$S = 0,16\sigma + 10$	9	0,16	10	
	7-15		$S = 0,21\sigma + 9$	12	0,21	9	
	>15		$S = 0,14\sigma + 8$	8	0,14	8	

Factorul consistenței care reflectă rolul coeziunii structurale în coeziunea totală și coeficientul de vâscozitate, încep să se manifeste la trecerea probelor din stare tare în plastic vârtoasă și plastic consistentă și determină într-o mare măsură natura deformațiilor argilelor plastice.

Studiul parametrilor rezistenței permite, la această etapă, pentru excavarea debleurilor de a fi recomandate următoarele valori aproximative de calcul [22]:

- fără a ține cont de factorul de timp și prezența zonelor cu rezistență redusă cu posibila reducere a coeziunii ca rezultat al umezirii suplimentare: pentru adâncimea  $h \leq 15$  m –  $\varphi = 16^\circ$ ,  $C = 44$  kPa; pentru  $h > 15$  m –  $\varphi = 16^\circ$ ,  $C_w = \Sigma_w + 1/2 C_c = 85$  kPa;

- ținând cont de factorul de timp: pentru adâncimea  $h \leq 15$  m –  $\varphi = 16^\circ$ ,  $\Sigma_w = 20$  kPa; pentru  $h > 15$  m –  $\varphi = 10^\circ$ ,  $\Sigma_w = 9$  kPa.

De asemenea, au fost efectuat o serie de investigații de teren pe tronsonul de drum între pichetele 1398+700 și 1446+000, pe baza rezultatelor cărora a fost elaborată schema drumului cu indicarea sectoarelor deformatate și propusă o tipizare a debleurilor după structura lor geologică.

Pentru debleurile a căror structură geologică a fost cunoscută, folosind metoda  $Fp$ , au fost construite profilurile cu pantă echilibrată (cu un coeficient de siguranță a stabilității  $K = 1,2$ ), ținând cont de caracteristicile reologice ale pământurilor argiloase obținute anterior în cadrul studiului.

Un al obiectiv al acestui capitol a fost compararea rezultatele obținute prin metodele clasice, recomandate de normativele de calcul, și cele obținute folosind programul de calcul PLAXIS, bazat pe metoda reducerii parametrilor rezistenței ( $\phi/c$  reduction) [15, 21]. Pentru comparare au fost alese următoarele metode analitice: metoda suprafețelor de rupere circular-cilindrice, metoda forțelor orizontale a lui Maslov-Berer și metoda "Fp" (pantei echilibrate) a lui Maslov N.N., iar în calitate de date inițiale au fost folosite rezultatele investigațiilor prezentate anterior. Unele rezultate sunt prezentate în Tab 4.3.

Tabelul 4.3. Rezultatele determinării coeficientului de stabilitate a taluzului debleului pe tronsonul drumului auto M21 pichet 1445+00

Modul de încercare la forfecare	Adâncimea de preluare a monolitului $h$ , m	Densitatea pământului în stare naturală $\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	Parametrii de rezistență		Valoarea coeficientului de stabilitate obținut cu metoda			
			$\varphi$ , grad	$C$ , kPa	supraf. cilindrice	Maslov (Fp)	Maslov-Berer	PLAXIS
Forfecarea probelor cu structură naturală intactă	1-3	1,89	13	130	2,868	2,462	2,462	2,889
	6	1,86	13	50				
	7-15	1,93	16	100				
	> 15	1,93	20	120				
Forfecarea probelor cu plan pregătit de forfecare	1-3	1,89	15	80	1,647	1,676	1,479	1,711
	6	1,86	14	50				
	7-15	1,93	15	50				
	> 15	1,93	16	50				
Forfecarea probelor cu plan de forfecare pregătit și umezit	1-3	1,89	13	30	0,824	0,822	0,842	0,849
	6	1,86	13	30				
	7-15	1,93	10	20				
	> 15	1,93	10	20				

Diferența dintre valorile coeficienților de stabilitate pentru cele 8 taluzuri de debleu, determinați prin diferite metode, a fost nesemnificativă și în majoritatea cazurilor nu a depășit 10-15%, ceea ce duce la concluzia că programele de calcul elaborate pe baza metodei elementelor finite la baza căror pentru determinarea stabilității taluzurilor se folosește metoda “*phi/c reduction*”, pot fi folosite pentru verificarea rezultatelor obținute prin metodele clasice sau chiar înlocui acestea în cazul problemelor mai complicate.

Folosind programul PLAXIS, au fost efectuate calcule pentru determinarea valorilor parametrilor de rezistență a pământurilor argiloase la care taluzurile celor 8 debleuri de pe drumul M21 își pierd stabilitatea [21]. În calculul au fost folosite caracteristicile fizico-mecanice recomandate de normelor de proiectoare în vigoare. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tab. 4.4. și parțial în Fig. 4.1.

Tabelul 4.4 Valorile coeficientului de stabilitate a taluzurilor debleurilor și parametrii rezistenței pământurilor

№	Pichetajul taluzurilor debleurilor	Coeficientul de stabilitate pentru valorile normate ale parametrilor de rezistență	Parametrii de rezistență a pământurilor argiloase			
			valori normate		La pierderea stabilității $K \approx 1$	
			$C$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\varphi$ (grade)	$C_{ref}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\varphi$ (grade)
1	14375÷14379	1,40	57	18	32	9
2	14406÷14410	1,89			19	6
3	14358÷14365	1,48			30	9,5
4	14368÷14371	2,80			20,1	6,4
5	14406÷14410	1,49			23,7	7,5
6	14358÷14365	1,11			32,4	10,2
7	14388÷14395	1,12			35,6	11,3
8	14348÷14351	3,21			14,3	4,5

Analiza rezultatelor arată o discrepanță dintre valorile coeficienților de stabilitate determinați cu valorile normate ale parametrilor de rezistență, și starea reală a debleurilor. Pentru debleurile deformate (determinat în urma investigațiilor vizuale de teren), au fost obținute valori relativ mari ale coeficientului de stabilitate. Acest lucru se explică prin faptul că parametrii de rezistență ale pământurilor argiloase, ce formează taluzurile debleurilor, au fost adoptați mult prea mari și în consecință, la proiectarea taluzurilor nu s-a ținut cont de posibila micșorare a rezistenței în timp.

Valorile obținute ale coeziunii  $C$  și a unghiului de frecare internă  $\varphi$  sunt mult mai mici decât cele propuse de normele de proiectare. Pentru condițiile analizate, aceste valori corespund rezultatelor încercărilor la forfecare pentru probele cu plan pregătit precum și celor cu plan de forfecare pregătit și umezit, obținute de autor anterior.

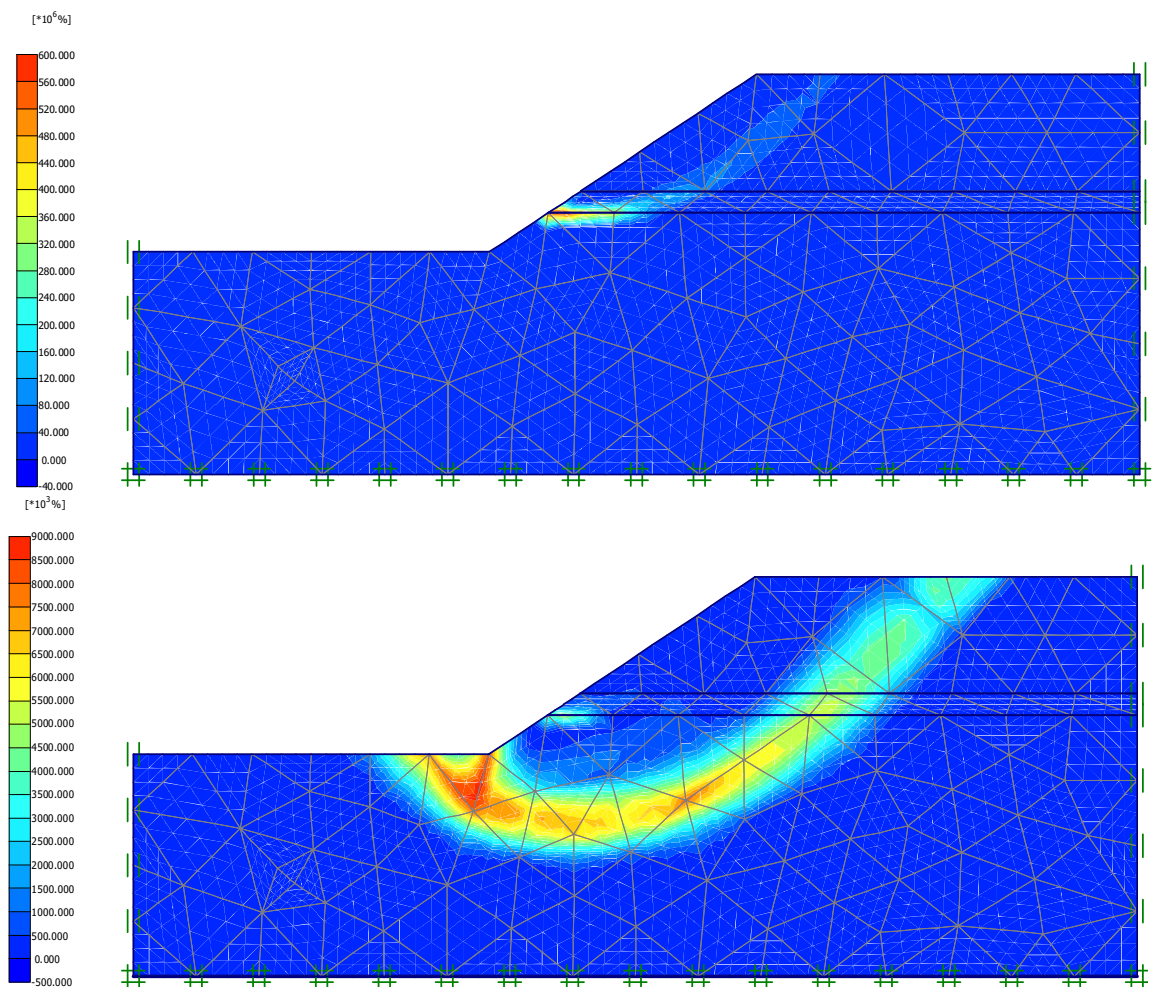


Fig. 4.1. Rezultatele calcului stabilității taluzului debleului, pichet nr. 14406÷14410 cu software-ul PLAXIS: a) izosuprafețele planului de alunecare pentru caracteristicile fizico-mecanice ale pământurilor adoptate conform СНиП 2.02.01-83; b) idem, după micșorarea caracteristicile fizico-mecanice ale argilelor până la valorile ce corespund condiției  $K_{stab} \approx 1$

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Rezultatele cercetării efectuate permit a formula următoarele **concluzii**:

1. Analiza situației actuale a dezvăluit un șir de cazuri de deformare a taluzurilor debleurilor și pierderea stabilității versanților. Studiarea documentației de proiect (de arhivă) și analiza condițiilor geologico-inginerești au arătat că la executarea debleurilor și evaluarea STD a terenului de fundare nu sa luat în considerare particularitățile reologice ale argilelor sarmatice alunecătoare de pe teritoriul Republicii Moldova, și anume posibilitatea reducerii rezistenței lor ca rezultat a acțiunii diferitor factori, și în primul rând în procesul dezvoltării deformațiilor de fluaj și reducerea coeziunii structurale caracteristică pământurilor argiloase studiate [21, 22, 23].

2. Rezistența pământurilor argiloase pe versanții alunecători depinde de gradul de umezire și deformare a acestora, determinate în mare măsură de stadiul de formare a versantului. Pe versanții aflați în stadiul de echilibru limită, rezistența medie a depozitelor deluvial-alunecătoare ce formează stratul superior (tulburat) este mult mai mică decât în cazul versanților care încă nu au atins etapa de echilibru limită. Valorile parametrilor rezistenței propuse de autor pot fi folosite pentru determinarea pantei versanților naturali și taluzul debleurilor ce ar asigura stabilitatea de lungă durată a acestora [1, 21, 22].

3. În rezultatul efectuării cercetărilor, au fost soluționate un șir de probleme teoretice și practice privind studierea rezistenței și proprietăților reologice ale argilelor sarmațiene de pe teritoriul Republicii Moldova. A fost propusă și științific argumentată metoda de determinare rapidă a "pragului de fluaj" a pământurilor argiloase, iar pentru evaluarea *preliminară* a stabilității de lungă durată a taluzului debleurilor realizate pe versanții alunecători pot fi recomandate relațiile matematice obținute de autor [1].

4. Rezultatele calculelor pentru evaluarea stabilității taluzurilor debleurilor adânci, excavate pe versanții care au ajuns practic la starea de echilibru limită, indică faptul că caracteristicile de rezistență la momentul formării alunecărilor de teren ( $K_y=1,0$ ) scade până la valorile minime apropiate de rezistența reziduală [2, 21].

5. Au fost determinate valorile coeficientului de vâscozitate – indicele principal care determină dezvoltarea sau amortizarea deformațiilor de fluaj. A fost determinat faptul că valoarea coeficientului de vâscozitate depinde de consistența pământului. Odată cu creșterea indicelui de lichiditate, coeficientul de vâscozitate scade brusc.

6. Analiza comparativă a rezultatelor obținute cu ajutorul metodelor inginerești clasice și metoda numerică de reducere a parametrilor de rezistență ( $\phi/c$  reduction) pe baza căruia funcționează complexul software PLAXIS a stabilit că, valorile obținute ale coeficientului de stabilitate nu depind atât de metoda folosită cât de valorile parametrilor de rezistență folosiți în calcul, analiza condițiilor

geomorfologice, geologice și hidrogeologice, a proceselor fizico-geologice și a fenomenelor periculoase care se dezvoltă pe versanți. Totuși programul PLAXIS oferă posibilitatea rezolvării rapide a unor probleme mult mai complexe precum și a celor spațiale [2, 21].

7. Pe baza rezultatelor studierii rezistenței și caracteristicilor reologice ale pământurilor argiloase, au fost determinate valorile de calcul a parametrilor de rezistență ce permit excavarea debleurilor luând în considerare factorul de timp și asigurând stabilitatea de lungă durată a taluzului debleurilor. Folosind metodele de modelare matematică, au fost studiate legitățile formării zonei deplasărilor de alunecare, care determină grosimea stratului de pământ implicat în procesul de alunecare [1].

Rezultatele cercetării și concluziilor obținute, permit formularea următoarele **recomandări**:

1. La stabilirea valorilor de calcul a rezistenței argilelor sarmațiene de pe teritoriul Republicii Moldova, trebuie luată în considerare prezența zonelor naturale cu rezistență redusă și a suprafețelor de alunecare. Această circumstanță este strâns legată cu faptul că efectul tulburării structurii argilelor prevalează asupra influenței compactității-umidității. Astfel, înainte de prelucrarea datelor experimentale, este necesar, în funcție de obiectivele stabilite, pregătirea unei selecții, ce ar lua în considerare caracteristicile structurale ale argilelor studiate [1, 7, 8].

2. Pentru a lua în considerare principalii factori care influențează asupra rezistenței la forfecare a pământurilor argiloase, poate fi folosit complexul de programe oferit de conf. univ. Sârbu Teodor și adaptat de autor pentru studierea argilelor sarmațiene. O caracteristică importantă a metodei este posibilitatea folosirii celor mai informative componente și excluderea celor ne semnificative, ceea ce simplifică interpretarea rezultatelor [1].

3. Valorile statistice medii ale caracteristicilor de rezistență ale pământurilor, obținute de autor în cazul micșorării acestora pot fi utilizate pentru o evaluare preliminară a capacității portante a terenurilor de fundare. Acest lucru poate fi foarte util la etapa de luare a deciziilor de proiectare, deoarece va economisi resurse materiale semnificative și va evita erorile mari în evaluarea stabilității de lungă durată a taluzului debleurilor și a versantului în întregime [1].

4. La realizarea săpăturilor adânci în argilele sarmațiene, proiectanții trebuie să țină cont de posibilitatea reducerii coeziunii structurale rigide  $C_c$  în cazul dezvoltării deformațiilor de fluaj. În acest caz, la evaluarea capacității portante a terenului de fundare, această parte a coeziunii totale  $C_w$  trebuie exclusă. Coeziunea de natură hidrocoloidală  $\Sigma_w$  va fi determinată de valoarea și intensitatea deformațiilor de fluaj admisibile în raport cu construcția proiectată: taluz de debleu, clădire cu rigiditatea dată, amplasată pe versant etc.

5. Se recomandă soluționarea problemei privind posibila manifestare a deformațiilor de fluaj prin compararea tensiunilor tangențiale  $\tau$  care apar în masivul de pământ cu valoarea pragului de

fluj  $\tau_{lim}$ . Pentru prognoza dezvoltării deformațiilor de fluj a versanților și taluzurilor debleurilor, pot fi utilizate ecuațiile pragului de fluj în funcție de consistență, obținută.

6. Valorile pragului de fluj pot fi determinate folosind metoda propusă de autor pentru prelucrarea datelor încercărilor la forfecare cu suprafață pregătită. Acest lucru va permite evitarea efectuării unor experimente de lungă durată în cazurile în care apare necesitatea prognozării deformațiilor de fluj [1].

7. Studiul efectuat pe tronsonul drumului auto M21 a făcut posibilă tipizarea debleurilor în funcție de structura lor geologică și stabilirea pantei de proiect, ce asigură stabilitatea acestora pe termen lung. O astfel de abordare poate fi recomandată și pentru alte sectoare sau tronsoane aflate în stare de echilibru limită [22].

8. Pentru determinarea coeficienților de stabilitate a taluzurilor debleurilor adânci și a versanților naturali, metodele echilibrului limită, care au devenit "tradiționale", ar trebui utilizate pentru verificarea rezultatelor calculelor obținute cu ajutorul MEF și a sistemelor software moderne. Pentru determinarea coeficientului de stabilitate folosind software PLAXIS, poate fi utilizată "metoda reducerii caracteristicilor de rezistență a pământului" (phi/c reduction) [2, 21].

Cercetările efectuate se referă la o anumită categorie de sarcini, soluționarea cărora va contribui la adoptarea unor soluții de proiect mai fiabile în procesul explorării teritoriilor potențial periculoase. În același timp, potrivit autorului, cercetarea științifică trebuie continuată pentru soluționarea altor sarcini la fel de importante:

- În primul rând trebuie create baze de date precum și o bază comună pentru tehnologiile geo-informaționale specializate;
- Trebuie extinse investigațiile de monitorizare;
- O îmbunătățire ulterioară necesită metodele modelării numerice a versanților naturali și a taluzurilor debleurilor;
- Etapa finală a cercetărilor trebuie să fie elaborarea și aprobarea documentelor normative regionale.



## BIBLIOGRAFIE

1. **Cîrlan A.** Cu privire la alegerea indicatorilor de rezistență a pământurilor pentru evaluarea capacității portante a terenului de fundație. In: Meridian Ingineresc, 2016, №.1, p. 42-45. ISSN 1683-853X.
2. **Cîrlan A.** Cu privire la evaluarea gradului de stabilitate a debleurilor folosind programul de calcul Plaxis. In: Culegeri de articole a conferinței tehnico-științifice internaționale “Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului”. Chișinău: CEP USM, 2016, vol. 3, p. 83-88. ISBN 978-9975-71-850-9
3. Cristescu S.L., Ștefănică M., Marin M. Reologia pământurilor. Timișoara: Politehnica, 2015. 546 p. ISBN 978-606-554-893-0
4. Kayyal M.K., Wright S.G. Investigation of long-term strength properties of Paris and Beaumont clays in earth embankment. Research report 1195-2F. Texas: Center for Transportation Research The University of Texas at Austin, 1991, 134 p.
5. Landslides and Engineered Slopes. From the Past to the Future. Proceedings of the tenth international symposium on landslides and engineered slopes, Xi'an, China. London: Taylor & Francis Group „A BALKEMA BOOK”, 2008, vol. 1. 2178 p. ISBN 978-0-415-41196-7
6. Marinescu C. Asigurarea stabilității terasamentelor și versanților. Concepții și soluții moderne. București: Editura Tehnică, 1988, vol. I. 355p.
7. Polcanov V., **Cîrlan A.**, Ceban O., Funieru N. Influence of soil properties anisotropy on the bearing capacity of the foundation ground. In: Meridian Ingineresc, 2015, №.4, p. 40-43. ISSN 1683-853X
8. Polcanov V., **Cîrlan A.** Determinarea caracteristicilor reologice ale pământurilor argiloase din Moldova pentru evaluarea stării de tensiune-deformație a terenurilor de fundație. In: Meridian Ingineresc. 2015, №.1, p. 26-29. ISSN 1683-853X
9. Skempton A.W. Long-term stability of clay slopes. In: Geotechnique. London, 1964, vol. 14, p. 77-101.
10. Ter-Martirosyan Z.G. Rheological parameters of soils and design of foundations. News Delhi: Oxford and JHB Publishing co. PVT.LTD, 1992, 194 p. ISBN-13: 978-9054102113
11. Timofeyeva T.A., Polcanov V.N. On the long term stability of natural and cutting slopes in Moldova. In: Proceedings of the seventh international symposium on landslides. Trondheim: A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1996, vol. 2, p. 1387-1390.
12. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. Москва: Высш. шк., 1978. 448 с.
13. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Черненко Н.Б. О длительной прочности глинистого грунта в массиве на оползневых склонах. В: Основания, фундаменты и механика грунтов, 1978, № 5, с. 16-19.

14. Караулова З.М., Руденко В.И. К вопросу об учете реологических свойств глинистых грунтов при оценке степени устойчивости склонов и откосов В: Труды СОЮЗДОРНИИ, 1980, с. 120 -125
15. Леханова К.В., Новодзинский А.Л. Сравнение численных и аналитических методов расчета устойчивости грунтовых откосов. В: Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2011, № 1, с. 45–50.
16. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними) Москва: Стройиздат, 1977. 320 с.
17. Маслов Н.Н. Физико-техническая теория ползучести глинистых грунтов в практике строительства. Москва: Стройиздат, 1984. 176 с.
18. Месчан С. Р. Экспериментальные основы реологии глинистых грунтов. Ереван: Гитутюн, 2008. 807 с.
19. Монюшко А.М., Олянский Ю.И. Инженерно-геологические особенности сарматмеотических глин Молдовы. Кишинев: Штиинца, 1991. 173 с.
20. Полканов В.Н. Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. Кишинэу: Editura "Tehnica – UTM", 2013. 176 с. ISBN 978-9975-45-252-6
21. **Кырлан А.В.** Определение прочностных характеристик глинистых грунтов для обеспечения устойчивости откосов выемок с помощью программного комплекса PLAXIS. In: Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, 2016, N2, p. 15-20. ISSN 1857-0046.
22. Полканов В.Н., **Кырлан А.В.** Обеспечение устойчивости откосов выемок на основе изучения реологических свойств глинистых грунтов. In: Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională “Mediul și dezvoltarea durabilă”, Ed. a 3-a. Chișinău: US Tiraspol, 2016, p. 48-52. ISBN 978-9975-76-170-3
23. Полканов В.Н., **Кырлан А.В.**, Поповский В.О. К вопросу о механизме развития оползневого процесса (на примере участка “Оргеевская развязка” автодороги Брест-Кишинэу-Одесса). В: Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов Международной научной конференции. Москва: МГСУ, 2016. с. 960-965. ISBN 978-5-7264-1451-5.
24. Полканов В.Н., **Кырлан А.В.**, Чебан О.С., Фуниеру Н.Г. К вопросу изучения длительной прочности неоген-четвертичных глинистых грунтов Молдовы. In: Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, 2016, N1, p. 5-14. ISSN 1857-0046.
25. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. Учебное пособие. Москва: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. 488 с.

## ADNOTARE

la teza pentru obținerea titlului de doctor în tehnică  
**„Studiul proprietăților reologice ale solurilor pentru evaluarea stării de tensiune-deformație a terenurilor de fundații”**  
**CÎRLAN Alexandru, Chișinău, 2019**

Specialitatea: 211.02 – Materiale de construcții, elemente și edificii

**Structura lucrării:** introducere, patru capitole, concluzii și recomandări, bibliografie (203 surse). Conținutul este expus pe 134 pagini text de bază; conține 22 tabele (fără anexe), 32 figuri, 18 anexe. Rezultatele cercetării sunt publicate în 8 lucrări științifice.

**Cuvinte cheie:** teren de fundare, taluzuri de debleu, argile sarmațiene, rezistență, stabilitate, deformații de fluaj, reologie, metode de calcul, metoda elementelor finite, PLAXIS.

**Domeniul de studiu:** taluzuri de debleu și teren de fundare a construcțiilor și edificiilor, amplasate pe versanți alunecători, terenuri potențial alunecare.

**Scopul lucrării:** dezvoltarea unei metode de evaluare a stării de tensiune-deformație pentru asigurarea stabilității de lungă durată a taluzurilor de debleu și lucrul fiabil a terenurilor de fundare, bazată pe studiul proprietăților reologice ale pământurilor.

**Obiectivele lucrării** sunt determinate de scopul principal al studiului și vizează: determinarea rolului proprietăților reologice ale pământurilor argiloase la posibila pierdere a stabilității taluzurilor debleurilor adânci; identificarea factorilor de bază care determină caracteristicile de rezistență a argilelor sarmațiene; stabilirea rolului deformațiilor de curgere lentă asupra pierderii stabilității taluzurilor debleurilor adânci.

**Noutatea și originalitatea științifică a lucrării.** Sa studiat influența diferitor factori asupra rezistenței pământurilor argilo-nisipoase de origine sarmațiană din Republica Moldova, cu stabilirea influenței gradul de tulburare a structurii naturale, consistenței, rezistenței reziduale asupra rezistenței acestora; au fost determinate caracteristicile reologice ale argilelor sarmațiene și influența acestora asupra stării de tensiune-deformație a taluzurilor debleurilor multistratificate; au fost determinate condițiile și cauzele deformării taluzurilor de debleu, săpate în aceste straturi de pământ.

**Importanța problemei științifice constă în:** elaborarea unei metode, care va permite evidența proprietățile reologice ale pământurilor argiloase la proiectarea taluzurilor gropilor de fundare adânci și taluzurilor debleurilor drumurile, pentru asigurarea stabilității locale și de lungă durată, precum și îmbunătățirea prognozei stabilității acestora.

**Semnificația teoretică și valoarea aplicativă:** constă în posibilitatea utilizării rezultatelor obținute pentru folosirea versanților alunecători în calitate de teren de construcție, proiectarea și realizarea debleurilor adânci, determinarea stării de tensiune-deformație a terenului de fundare, zona activă a cărora este formată din argile sarmațiene, precum și evaluarea stabilității de lungă durată a taluzurilor care urmează a fi realizate, cu excavarea gropilor de fundare adânci și dezvoltarea unui set de măsuri de profilaxie. Ecuațiile obținute pentru determinarea rezistenței argilelor vor permite reducerea duratei investigațiilor.

**Implementarea rezultatelor științifice:** Metoda propusă a fost utilizată pentru stabilirea secțiunilor de proiect a taluzurilor debleurilor la elaborarea proiectului de reconstrucție a drumului M21 (Chișinău-Dubăsari-Poltava) precum și la calculul stabilității terasamentelor tronsonului drumului M5 km 182,0-182,4 și aprecierea stabilității pantei de pe str. V. Trandafirilor nr.4 mun. Chișinău, în cadrul cărora au fost stabilite manifestări de alunecări de teren.

## АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание учёной степени доктора технических наук  
**„Исследование реологических свойств грунтов для оценки напряженно-деформированное состояние основания”**  
**КЫРЛАН Александру, Кишинэу, 2019**

Специальность: 211.02 – Строительные материалы, элементы и сооружения

**Структура диссертации:** введение, четыре главы, выводы и рекомендации, библиография (203 источников). Содержание изложено на 134 страницах основного текста; содержит 22 таблицы (без учёта приложений), 32 рисунков, 18 приложений. Результаты исследования опубликованы в 8 научных работах.

**Ключевые слова:** основания, откосы выемок, сарматские глины, прочность, устойчивость, деформации ползучести, реология, методы расчётов, метод конечных элементов, PLAXIS.

**Область исследования:** откосы выемок и основания фундаментов зданий и сооружений, размещённых на оползневых склонах, оползнеопасные территории.

**Цель исследования:** разработка методики оценки напряженно-деформированное состояние основания, для обеспечения длительной устойчивости откосов выемок и надёжной работы оснований фундаментов, на основе исследования реологических свойств грунтов.

**Задачи** определены главной целью исследования и направлены на: изучение роли реологических свойств глинистых грунтов в нарушении устойчивости откосов глубоких выемок; выявление основных факторов, определяющих прочностные свойства сарматских глин; установление роли деформации ползучести в нарушении устойчивости откосов глубоких выемок.

**Научная новизна и оригинальность работы.** Изучено влияние различных факторов на прочность песчано-глинистой толще сарматских отложений Р. Молдовы, с установлением зависимости прочности от степени нарушения естественной структуры, консистенции, остаточной прочности; определены реологические характеристики сарматских глин и их влияние на напряженно-деформированное состояние многослойных откосов выемок, обоснован упрощённый метод установления реологических характеристик и длительной прочности; выявлены условия и причины деформаций откосов выемок, раскрываемых в этой толще.

**Важность научной проблемы состоит в:** разработке методики, позволяющая учесть реологические свойства глинистых грунтов при проектировании откосов глубоких котлованов и раскрытии выемок на транспортных магистралях с целью обеспечения локальной и длительной устойчивости и повышения обоснованности прогноза устойчивости.

**Теоретическая значимость и практическая ценность** заключается в возможности использования полученных результатов при освоении оползнеопасных склонов, проектировании и строительстве глубоких выемок, расчёте напряженно-деформированное состояние основания, сложенного в активной зоне сарматскими глинами, а также для оценки длительной устойчивости откосов, подлежащих застройке, при отрывке глубоких котлованов и разработке комплекса профилактических противодеформационных мероприятий. Полученные зависимости, определяющие прочность глин, позволят сократить продолжительность изысканий.

**Внедрение научных результатов.** Предложенная методика использовалась при назначении проектных профилей откосов выемок при разработке проекта реконструкции автодороги М21 Кишинэу-Полтава, а также для расчета устойчивости откоса выемки на участке дороги М5 км 182,0-182,4 и оценки устойчивости склона на ул. В. Трандафирилор, 4, муниципий Кишинэу, на которых наблюдались признаки оползневых деформаций.

## ANNOTATION

To the thesis for obtaining the PhD degree in technical sciences  
**„Investigation of the rheological properties of soils for the assessment the base stress-strain state”**  
**CIRLAN Alexandru, Chisinau, 2019**

Specialty: 211.02 – Building materials, elements and buildings

**Thesis structure:** Introduction, four chapters, conclusions and recommendations, bibliography (203 sources). The content is presented on 134 pages of the main text; 22 tables (excluding appendix), 32 figures, 18 appendices. The results of research are published in 8 scientific papers.

**Key words:** foundation ground, excavation slopes, sarmatian clays, strength, stability, creep deformations, rheology, calculation methods, finite element method, PLAXIS.

**Area of research:** excavations slopes and buildings and structures foundations located on landslide slopes, landslide areas.

**Aim of the research:** development a method for assessing the stress-strain state of the base, to ensure long-term stability of excavations slopes and reliable work of foundations, based on the study of rheological properties of soils.

**Objectives** are determined by the main objective of the study and are aimed at: studying the possible role of the rheological properties of clay soils in the loss of excavation slopes stability; identification of the main factors that determine the strength properties of Sarmatian clay; establishing the role of creep deformation on stability loss of deep excavation slopes;

**Scientific novelty and originality.** The influence of various factors on the resistance of the Sarmatian clay-sandy soil from Republic of Moldova was studied, determining the influence of the degree of disruption of the natural structure, consistency, residual resistance on their resistance; the rheological characteristics of the Sarmatian clays and their influence on the stress-strain state of the slopes of the multilayer slopes of excavations were determined; the conditions and causes of the deformation of the excavation slopes executed in these soil layers were determined.

**The importance of the scientific problem consists of developing** a method that allows to take into account the rheological properties of clay soils to design the slopes of deep excavations and the pits on transport highways in order to ensure local and long-term stability and increase the validity of stability prognoses.

**Theoretical significance and applicative value of the thesis** lies in possibility of using the obtained results for development of landslide slopes, for designing and constructing of deep excavations, for calculating of stress-strain state of the base composed in the active zone by Sarmatian clays, and also in assessing the long-term stability of the slopes that should be built up, for excavation of foundation pit and development the complex of preventive anti-deformational measures. The resulting dependences, determining the strength of clays, will shorten the duration of experiments.

**Implementation of the scientific results** The proposed method was used to design the excavation slopes for reconstruction project of M21 road (Chisinau-Dubasari-Poltava), and calculation the slopes stability of 182,0-182,4 km section of M5 road and appreciation of slope stability on V. Trandafirilor Street, no. 4, mun. Chisinau, affected by landslides.

**CÎRLAN ALEXANDRU**

**STUDIUL PROPRIETĂȚILOR REOLOGICE ALE SOLURILOR  
PENTRU EVALUAREA STĂRII DE TENSIUNE-DEFORMAȚIE  
A TERENURILOR DE FUNDAȚII**

**211.02 - Materiale de construcții, elemente și edificii**

Autoreferatul tezei de doctor

---

Aprobat spre tipar: 29.01.2019

Formatul hârtiei 60x80 1/16

Hârtie ofset. Tipar RISO.

Tiraj 50ex.

Coli de tipar: 2,0

Comanda nr. 10

---

UTM, 2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare, 168

Editura "Tehnica UTM",

MD 2045, mun. Chișinău, str. Studenților 9/9