

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U: 624.131

**RÂȘCOVOI ALEXANDRU**

**STUDIUL DINAMICII DE CONSOLIDARE  
A PĂMÂNTURILOR SENSIBILE LA UMEZIRE PRIN  
EXECUTAREA COLOANELOR VERTICALE  
DE PĂMÂNT VIBROPRESATE**

**SPECIALITATEA 211.02 – MATERIALE DE CONSTRUCȚII,  
ELEMENTE ȘI EDIFICII**

Autoreferatul tezei de doctor în științe tehnice

**CHIȘINĂU, 2019**

Teza a fost elaborată în cadrul Departamentului ”Ingineria Civilă și Geodezia”,  
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău

**Conducător științific:**

**POLCANOV Vladimir**, doctor în tehnică, conferențiar universitar, specialitatea 211.02 –  
Materiale de construcții, elemente și edificii

**Referenți oficiali:**

**STARODUB Iurii**, doctor habilitat în științe fizico-matematice, profesor universitar,  
Universitatea de Stat a Securității Vitale din Livov, Ucraina

**BOGDEVICI Oleg**, doctor în științe geologo-mineralogice, conferențiar universitar, Institutul  
de Chimie al Academiei de Științe ale Moldovei

**Componența consiliului științific specializat:**

**RUSU Ion**, președinte, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, UTM

**TARANENCO Anatolie**, secretar științific, doctor în tehnică, conferențiar universitar, UTM

**BURTIEV Rașid**, doctor habilitat în științe fizico-matematice, conferențiar universitar, Institutul  
de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe ale Moldovei

**ARIASOVA Olga**, doctor habilitat în științe fizico-matematice, cercetător științific superior,  
Institutul de geofizică al Academiei Naționale de Știință a Ucrainei

**CIOBOTARU Valerian**, doctor în științe geologo-mineralogice, conferențiar universitar,  
Institutul de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe ale Moldovei

Susținerea tezei va avea loc la data de ”\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 la 11-00 pe adresa:  
MD 2060, mun. Chișinău, în ședința Consiliului științific specializat D 31.211.02-02 din cadrul  
Universității Tehnice a Moldovei, mun. Chișinău.

Teza de doctor în tehnică și autoreferatul pot fi consultate la biblioteca Universității  
Tehnice a Moldovei pe adresa: mun. Chișinău, str. Studentilor, nr. 11, bloc 5-519 și pe pagina  
web a ANACEC ([www.anacip.md](http://www.anacip.md)).

Autoreferatul a fost expediat la ”\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019

Secretarul științific al CȘS:

**TARANENCO Anatolie** dr. în teh., conf. univ. \_\_\_\_\_

Conducător științific:

**POLCANOV Vladimir** dr. în teh., conf. univ. \_\_\_\_\_

Autor:

**RÂȘCOVOI Alexandru** \_\_\_\_\_

## REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea temei.** Actualitatea problemei investigate este determinată de necesitatea de a rezolva cea mai importantă sarcină în domeniul construcției, și anume: realizarea clădirilor și edificiilor și asigurarea condițiilor de exploatare a acestora în cazul terenurilor de fundare sensibile la umezire.

Pe teritoriul Republicii Moldova aceste pământuri se răspândesc în mare măsură, iar limitarea teritoriului impune proiectanții să utilizeze pentru construcții terenuri de fundare constituite din pământuri de tip II de tasabilitate. Această situație este deosebit de relevantă pentru municipiul Chișinău și regiunile sudice ale republicii, unde grosimea stratului sensibil la umezire poate atinge 30 de metri și mai mult.

În aceste condiții, dezvoltarea unor metode fiabile și eficiente de eliminare a sensibilității la umezire este atribuită unei sarcini actuale, soluționarea reușită a cărei va determina costul construcției, atractivitatea investițională a acesteia, termenii de construcție și oportunitatea.

**Descrierea situației în domeniul de cercetare.** Subiectul, formularea științifică a problemei și definirea ulterioară a sarcinilor cercetării au impus autorul să studieze și să utilizeze patrimoniul teoretic al oamenilor de știință din țara noastră și din străinătate.

Bazele fundamentale ale sarcinilor rezolvate prezintă rezultatele cercetărilor efectuate de oamenii de știință din țara noastră, care au studiat modelele de dezvoltare a proceselor de tasare suplimentară la umezire a pământurilor argiloase din Moldova: Bogdevici O.P., Vovk V.M., Gonciarova V.S., Costic G.E., Monyushko A.M., Olyansky Yu.I., Sorochan E.A. și alții.

Studiile celor mai mulți cercetători arată, că în zona dintre interfluviul Prut-Nistru straturile de loess lipsesc doar în luncile inundabile și în unele zone hidrografice ale Highlanului Central Moldovenesc. Aceasta înseamnă, că pământurile sensibile la umezire servesc fie ca temelie a fundațiilor de suprafață, fie ca factor determinant al modului de lucru a fundațiilor pe piloți.

Analiza pământurilor structural instabile, în special, analiza modificării proprietăților de deformare, de rezistență și de permeabilitate a pământurilor sensibile la umezire în funcție de regimul de umezire, a fost studiată de către oamenii de știință eminenți cum ar fi: M.Yu. Abelev, Yu.M. Abelev, V.P. Ananyev, M.N. Goldstein, N.I. Denisov, R.S. Ziangirov, A.P. Konovalov, V.I. Krutov, A.L. Kryzhanovsky, A.K. Larionov, A.V. Leonychev, A.A. Musaelian, A.A. Mustafayev și alții.

Cu toate acestea, o analiză a surselor bibliografice a demonstrat că, în pofida numărului semnificativ de lucrări științifice, care investighează subiectul pământurilor sensibile la umezire,

numărul publicațiilor privind studiul acestor pământuri în stare compactată este limitat.

De asemenea, a fost remarcată lipsa informației privind metode noi de eliminare a sensibilității la umezire. Aceasta este o confirmare suplimentară a relevanței dezvoltării metodelor noi de eliminare a tasabilității, în special în condițiile de amplasare densă a construcțiilor.

**Scopul lucrării:** elaborarea soluțiilor tehnice noi pentru eliminarea tasabilității pământurilor sensibile la umezire la edificarea construcțiilor în Republica Moldova.

**Obiectivele lucrării:** pentru a pune în aplicare scopul declarat, au fost identificate următoarele sarcini principale, care necesită soluționarea:

1. Analiza studiilor geotehnice ale pământurilor sensibile la umezire din Moldova;
2. Examinarea modalităților de bază pentru eliminarea tasabilității pământurilor;
3. Rezumarea experienței de edificare pe pământuri sensibile la umezire în Moldova: identificarea principalelor probleme și metode de executare a terenurilor de fundare și fundațiilor pe pământuri loessoide, determinarea cauzelor de deformare ale clădirilor amplasate pe pământuri sensibile la umezire;
4. Obținerea datelor noi, pe baza încercărilor de laborator, care descriu caracteristicile fizico-mecanice, de tasare și caracteristicile reologice ale pământurilor loessoide pentru șantierele de construcții, în cadrul dezvoltării dense a teritoriilor urbanizate și în condiții de "plasare liberă";
5. Evaluarea efectului compactării, realizate cu ajutorul unei instalații RG, asupra caracteristicilor de rezistență, de tasare, de deformare și reologice ale pământurilor studiate;
6. Studiarea microstructurii pământurilor sensibile la umezire și posibilă schimbare a acesteea după executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate;
7. Analizarea stării de tensiune-deformare a terenului de fundare, consolidat cu coloane verticale de pământ, utilizând o instalație RG: determinarea zonei de pământ compactat în jurul coloanei, ce influențează distribuția tensiunilor în stratul tasabil;
8. Argumentarea posibilității eliminării tasărilor terenului de fundare prin executarea coloanelor verticale de pământ, pe baza studiilor teoretice și experimentale, realizate cu ajutorul instalației RG de vibropresare.

**Metodologia cercetării științifice.** În procesul de elaborare a lucrării s-au folosit metode de cercetare în situ și de laborator, care au fost efectuate cu participarea personală a autorului. Bazele fundamentale ale studiilor teoretice constituie lucrările savanților din țară și străinătate: monografiile, articole, materiale de conferințe științifice, material periodice specializate, resurse Internet, teze.

În lucrare sunt rezumate și analizate materialele de arhivă ale institutelor de proiectare, Departamentului Construcții Civile și Geodezie a Universității Tehnice a Moldovei, literatura de reglementare și instruire, datele Biroului Național de Statistică, a Institutului Național pentru Cercetare Științifică în Construcții (INCERCOM), URBANPROIECT, informația analitică a companiei KIRSAN, ce constituie baza informativă a tezei.

**Importanța problemei științifice**, soluționate în cadrul studiului, constă în obținerea datelor noi, care caracterizează proprietățile pământurilor în limetele spațiilor libere și teritoriilor urbanizate, în condiții naturale și îmbunătățite după compactare prin executarea coloanelor verticale de pământ, realizate cu ajutorul instalației RG de vibropresare (RTG Rammtechnik GmbH).

**Noutatea și originalitatea științifică** a lucrării este dezvoltarea unei soluții eficiente de compactare a pământurilor sensibile la umezire folosind instalația RG de vibropresare și următoarele rezultate principale:

1. Obținerea datelor noi privind proprietățile pământurilor sensibile la umezire din Moldova;
2. Determinarea, în premieră, a valorilor pragului de fluaj al argilelor nisipoase tasabile, ce a permis evaluarea comportării pământului sub influența tensiunilor tangențiale, în condițiile unei posibile dezvoltări a deformațiilor de fluaj;
3. Studiarea cauzelor unei posibile diminuări a rezistenței pământurilor sensibile la umezire. S-a stabilit rolul umezirii suplimentare asupra valorii caracteristicilor de rezistență și a pragului de fluaj;
4. Utilizarea și argumentarea științifică a metodei de executare a coloanelor verticale de pământ vibropresate, în premieră, cu scopul eliminării proprietăților de tasare a pământurilor;
5. Evaluarea impactului compactării de adâncime asupra microstructurii pământurilor sensibile la umezire prin metoda decodificării imaginilor REM, care nu au fost utilizată anterior în Moldova;
6. Elaborarea tabelelor regionale ale caracteristicilor pământurilor sensibile la umezire din Moldova.

**Semnificația teoretică a rezultatelor obținute.** Studiile realizate au o contribuție clară la cunoașterea naturii pământurilor sensibile la umezire. Se dezvăluie rolul legăturilor rigide, ireversibile de coeziunea structurală și coeziunea de natură hidrocoloidală, determinând procesele de reducere a rezistenței în conformitate cu principiile de bază ale teoriei fizico-tehnice de fluaj.

A fost cercetat efectul compactării pământului, realizate prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate, asupra microstructurii pământului. A fost descrisă dinamica schimbărilor microstructurii pământului de la tip "schelet" până la tipul "matrice", cu formarea zonei de tranziție cu microstructura de tipul "schelet-matrice".

**Semnificația practică** a studiului constă în posibilitatea utilizării rezultatelor obținute pentru proiectarea și edificarea construcțiilor pe pământuri sensibile la umezire. Îmbunătățirea terenului de fundare cu ajutorul instalației RG presupune eliminarea completă a tasabilității până la adâncimea de 12-15 m, de asemenea, creșterea capacității portante a pământurilor temeliei și asigurarea lucrului fiabil al fundațiilor.

Explicitatea rezultatelor cercetării este fundamentată prin aplicarea principiilor teoretice și fundamentale ale geologiei inginerești, studiului pământurilor, mecanicii pământurilor, terenurilor de fundare și fundațiilor; confirmată prin utilizarea și analiza științifică a unui volum semnificativ de materiale, convergența convingătoare a rezultatelor cercetărilor teoretice și practice, precum și prin recenzii ale organizațiilor de proiectare și cercetare și de construcție din municipiul Chișinău.

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

1. Rezultatele studiilor noi privind proprietățile fizico-mecanice și reologice ale pământurilor sensibile la umezire, inclusiv ecuațiile analitice și dependențele grafice;
2. Analiza dinamicii modificării caracteristicilor de rezistență, deformative și reologice ale pământurilor, ca urmare a compactării stratului tasabil cu utilizarea instalației RG;
3. Tabelele cu valorile caracteristicilor de rezistență și deformare ale pământurilor tasabile în stare naturală și compactată cu ajutorul instalației de vibropresare, alcătuite pe baza studiilor experimentale;
4. Evaluarea efectului compactării de adâncime asupra microstructurii pământurilor sensibile la umezire prin metoda interpretării imaginilor SEM;
5. Recomandările privind utilizarea coloanelor verticale de pământ vibropresate, executate cu ajutorul instalației RG, pentru eliminarea tasabilității pământurilor și pentru exploatarea fiabilă a fundațiilor, amplasate în stratul tasabil.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Soluția tehnică propusă pentru eliminarea tasabilității pământurilor prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate cu ajutorul instalației RG, a fost aplicată pentru îmbunătățirea terenului de fundare a clădirilor rezidențiale din municipiul Chișinău (în sectoarele Centru și Botanica).

Tabelele, elaborate de către autor, cu valorile caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor sensibile la umezire sunt acceptate spre utilizare de către proiectanții Institutului Incercom.

**Aprobarea rezultatelor cercetărilor.** Principalele prevederi ale tezei au fost prezentate la conferințele științifice internaționale, printre care: "Mediul și dezvoltarea durabilă", Chișinău, 2016; "Problemele actuale ale construcției și amenajării teritoriului" Chișinău, 2016; IPICSE 2018 "Integrarea, parteneriatul și inovarea în domeniul științei și educației în construcții" Moscova, 2018; "Prioritățile cercetării științifice: valoare teoretică și practică", Polonia, 2018. Rezultatele obținute au fost prezentate spre dezbateri în cadrul Departamentului de minerit, topografie și construcții al Facultății de minerit al Universității din Petroșani, 2018.

**Contribuția personală a autorului se manifestă prin:**

- realizarea cercetărilor experimentale și teoretice ale pământurilor sensibile la umezire în Moldova;
- identificarea cauzelor deformării terenurilor de fundare și fundațiilor clădirilor de locuit în mun. Chișinău, amplasate pe pământuri sensibile la umezire, pe baza unor studii geologice detaliate și a evaluării STD utilizând MEF, implementată în pachetul software PLAXIS;
- studiul cauzelor reducerii rezistenței pământurilor sensibile la umezire folosind teoria "densitate-umiditate" și teoria fizico-tehnică de fluaj prof. N.N. Maslov;
- dezvoltarea și realizarea cercetărilor programate a pământurilor sensibile la umezire, compactate prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate, cu ajutorul instalației RG;
- evaluarea efectului compactării asupra proprietăților de rezistență, de deformare și reologice ale pământurilor studiate;
- evaluarea impactului compactării de adâncime asupra microstructurii pământurilor sensibile la umezire prin metoda decodificării imaginilor SEM;
- alcătuirea tabelelor regionale cu valorile caracteristicilor de rezistență și deformare.

**Publicații la tema tezei.** Principalele prevederi ale tezei sunt reflectate în 7 lucrări științifice, dintre care 3 articole au fost publicate în reviste licențiate de categoria C, 4 - în reviste internaționale.

**Structura și volumul lucrării.** Teza este compusă din adnotări (română, rusă și engleză), introducere, trei capitole, concluzii generale, recomandări, bibliografie (180 titluri). Conținutul de bază al tezei este expus pe 118 pagini. Materialul ilustrativ conține 12 tabele, 49 de figuri, 10 anexe.

**Cuvinte-cheie:** tasare, pământuri sensibile la umezire, eliminarea tasabilității, proprietățile fizico-mecanice, microstructură, coloane verticale de pământ vibropresate.

**Mulțumiri:** conducătorului științific dr. teh. V. Polcanov, dr. hab. teh. I. Rusu, dr. teh. A. Taranenco și, de asemenea, colegilor departamentului ”Inginerie Civilă și Goedezie”.

## CONȚINUTUL TEZEI

**Introducerea** justifică relevanța subiectului, reflectă gradul de cercetare științifică a problemei, formulează scopul și obiectivele cercetării, valoarea științifică și semnificația practică a rezultatelor obținute.

În **Capitolul 1. ”Concepte moderne privind tasarea pământurilor și construcția pe aceste terenuri”**, pe baza unor studii teoretice, sunt dezvăluite abordări moderne privind rolul fenomenelor de tasare asupra condițiilor de lucru ale terenurilor de fundare, fundațiilor și suprastructurilor.

Analiza surselor bibliografice și a materialelor de arhivă, realizată de către autor, a demonstrat că edificarea construcțiilor pe pământurile sensibile la umezire se realizează cu succes în ansamblu pe republică. Cu toate acestea, au existat o serie de cazuri, în care au fost constatate deformații semnificative inacceptabile ale clădirilor și structurilor [5, 14].

Cauza acestor constatări consistă nu numai în proprietățile specifice ale pământurilor loessoide în general, dar și în caracteristicile lor regionale.

Un studiu detaliat al rocilor loessoide în R. Moldova a început la sfârșitul anilor '50 secolului XX. Printre primile studii trebuie menționată lucrarea lui V. F. Kraev [10], în care s-au studiat proprietățile teritoriului malului drept al Transnistriei de Jos.

La începutul anilor '60 subiectul unui studiu regional și integrat al rocilor loessoide a fost introdus în planul științific al Institutului de Geofizică și Geologie al AȘM. În perioada 1963-1970 V.S. Gonciarov a lucrat asupra unui capitol.

Pentru cercetările realizate de autor, este important de menționat, că grosimea stratului de pământ sensibil la umezire, conform V.S. Goncharov, poate varia de la 1 la 25 m [7].

În baza cercetărilor efectuate în perioada 1965-1975, G.E. Kostik a elaborat teza de doctor, dedicată prognozării tasărilor rocilor loessoide, prin metoda analogiilor geologo-inginerești [9].

Cel mai important eveniment din studiul rocilor de loess pe teritoriul Moldovei a fost lansarea în 1992 a monografiei Iu.I. Olyansky [15], bazate pe cercetări anterioare și teza de doctor.



Rezultatele obținute de Iu.I. Olyansky, a fost prima încercare de a rezuma toate informațiile nesistematizate privind pământurile loessoide.

Pentru autorul acestei lucrări, informația că "rocile de loess acoperă aproximativ 60% din teritoriul zonei nordice a republicii și mai mult de 90% din sud și se află în zona de construcție industrială și civilă intensă" este foarte semnificativă [15, p. 3].

Cercetările ulterioare ale lui Iu.I. Olyansky și ale elevilor săi sunt dedicate legiților de dezvoltare a tasărilor, prognozării inundațiilor teritoriilor formate din roci loessoide și posibilele modificări ale proprietăților pământurilor sensibile la umezire, ca urmare a compactării post-tasare.

Luând în considerare problemele studiului privind pământurile sensibile la umezire din regiune, trebuie evidențiate numeroasele lucrări ale cercetătorilor din România: Antonescu I., Burlacu C., Coșovliu O., Dianu V., Dimofte D., Dobrescu C., Dron A., Enculescu P., Enică S., Istrate M., Necula C. și alții [1-4].

Una dintre direcțiile moderne de cercetare privind particularitățile comportării pământurilor sensibile la umezire sub sarcină este studiul microstructurii lor [6, 8, 20].

Începutul unor astfel de cercetări este atribuit mijlocului anilor '50 secolul XX. Utilizarea microscopiei electronice raster (SEM) în Rusia în 1969, a făcut posibilă începerea cercetărilor privind studiul cantitativ al microstructurii pământurilor argiloase. Fondatorii acestor lucrări sunt considerați V.I. Osipova, N.A. Rumyantsev, V.N. Sokolova [16].

Determinarea relațiilor cantitative dintre parametrii microstructurii pământurilor argiloase deschide noi oportunități fundamentale pentru a studia legițile și dinamica modificării rezistenței și deformabilității a pământurilor sensibile la umezire în stare naturală și după compactarea de adâncime realizată prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate.

Trebuie remarcat faptul că în Moldova studiul microstructurii a fost efectuat de un șir foarte restrâns de specialiști: Iu.I. Olyansky [14, 15] studiul pământurilor sensibile la umezire și N.G.Syrodoeva [22] - studiul argilelor sarmatice alunecătoare.

Rezultatele obținute de acești savanți reflectă specificul rocilor sensibile la umezire și rocilor argiloase de structură naturală. Studii, privind dinamica modificării microstructurii pământurilor sensibile la umezire sub influența compactării, nu au fost efectuate.

De asemenea, primul capitol conține materiale de cercetare, care determină necesitatea implementării măsurilor de prevenire a tasărilor neuniforme și metode de eliminare a acestora.

Studiile efectuate de autor au arătat că, în majoritatea cazurilor, la stabilirea metodei și solu-

ției tehnice pentru eliminarea tasabilității la umezire, a fost ignorată posibilitatea unor tasări în partea inferioară a stratului tasabil.

Pentru identificarea cauzelor dezvoltării deformațiilor neuniforme ale clădirilor și edificiilor autorul acestui studiu a sistematizat metodele tradiționale utilizate în țara noastră pentru eliminarea tasabilității, precum și tipurile de fundații adoptate la edificarea pe pământuri de tipul I și II de tasabilitate.

Analiza efectuată a arătat, că în ultimii ani în republică nu s-a acordat o atenție suficientă bazelor teoretice ale edificării pe pământuri sensibile la umezire, precum și elaborării de noi metode de pregătire a terenului de fundare.

Apariția deformațiilor complexe la infiltrarea apei în pământurile sensibile la umezire și ca rezultat avarierea clădirilor, confirmă cele menționate mai sus.

În condițiile create, autorul a analizat posibilitatea îmbunătățirii caracteristicilor de rezistență și de deformare a terenului de fundare prin compactarea de adâncime a pământurilor sensibile la umezire cu ajutorul instalației RG [17].

**Capitolul 2 ”Studiul proprietăților fizico-mecanice, reologice și de tasare a pământurilor loessoide în R. Moldova și influența lor asupra modului de lucru al terenurilor de fundare”** este dedicat rezultatelor cercetărilor teoretice și de laborator, care urmăresc continuarea studierii noțiunii de tasare a rocilor loessoide. În acest capitol sunt prezentate rezultatele unor studii noi privind proprietățile fizico-mecanice și reologice ale pământurilor sensibile la umezire, realizate personal de către autor sau cu participarea sa.

Necesitatea cercetării și alegerea metodologiei, au fost bazate pe analiza cauzelor de deformare a terenurilor de fundare și fundațiilor clădirilor de locuit în mun. Chișinău, amplasate pe pământuri sensibile la umezire.

Calculul și studiul detaliat au fost efectuate pentru 3 clădiri de locuit. Pentru identificarea cauzelor de deformare neuniformă a pământurilor terenului de fundare a blocului doi a clădirii de locuit cu 10 etaje pe str. Dumeniuc, mun. Chișinău, a fost utilizată MEF.

Pământurile apăsamentului casei de locuit sunt reprezentate, în principal, de argile nisipoase, și mai rar de nisipuri argiloase. Tipul terenului tasabil - II (doi). Grosimea stratului tasabil este mai mare de 16,0 m.

Fundația este realizată sub forma radierului general din beton armat monolit. Ca teren de fundare servește perna de pământ, realizată din argilă nisipoasă, cu grosimea de 4,9 m.

În iunie 2010 au fost observate deformații neuniforme în axele 7-12. Tasarea în colțurile clădirii a fost: în axele 12-B – 94 mm; 12-D – 110mm. Ridicarea bazei în colțul clădirii de-a lungul axei 7 a ajuns la 55 mm. Deformațiile produse au condus la stoparea procesului de construcție.

Pe parcursul studierii proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor, a fost stabilită o scădere a densității pernei de pământ, în primul rând în partea superioară a acesteia până la o adâncime de 2,5-3,0 m. Principalul motiv al modificării caracteristicilor pernei de pământ a fost umezirea suplimentară din precipitații și topirii zăpezii.

Cazul prezentat a deformațiilor neuniforme ale clădirii pe str. Dumeniuc este, în opinia autorului, un exemplu clar de subestimare a proprietăților de tasare a pământului la etapa de proiectare și construcție.

Pentru a evalua impactul modificării proprietăților pământurilor sensibile la umezire asupra modului de lucru al fundației a fost efectuată o modelare a stării de tensiune-deformare.

La efectuarea modelării geotehnice prioritatea a fost acordată pachetului software PLAXIS, destinat rezolvării problemelor de așa gen [23].

În cadrul tezei a fost rezolvată o problemă de test, care a făcut posibilă evaluarea eficacității eliminării proprietăților de tasare a terenului de fundare, prin executarea unei pernei de pământ.

Schema executării terenului de fundare sub radierul general este prezentată în Figura 1.

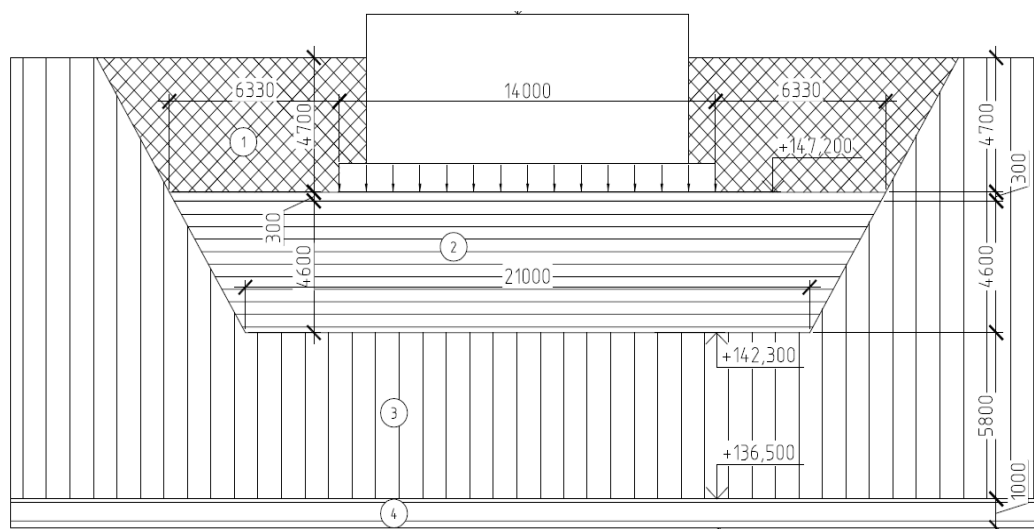


Fig. 1. Schema executării terenului de fundare sub radierul general

Câmpul de tensiuni din masivul pământului a fost determinat prin rezolvarea unei probleme bilaterale de deformare plană, folosind elemente finite de formă triunghiulară. Structura rețelei de elemente finite utilizată în calcule este prezentată în Figura 2.

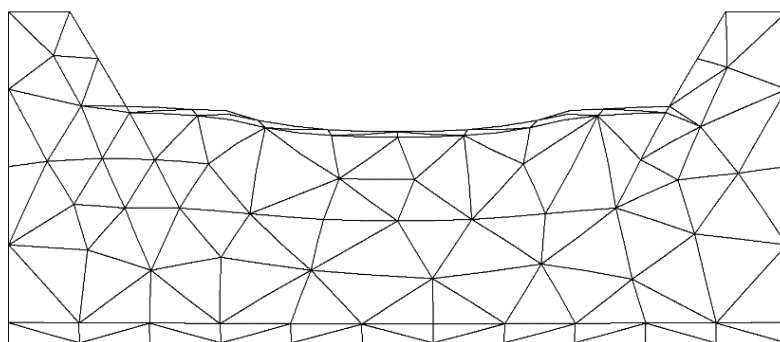


Fig. 2. Discretizarea zonei active în elemente finite

În rezultatul modelării, au fost obținute graficele deplasărilor verticale, prezentate în figura 3.

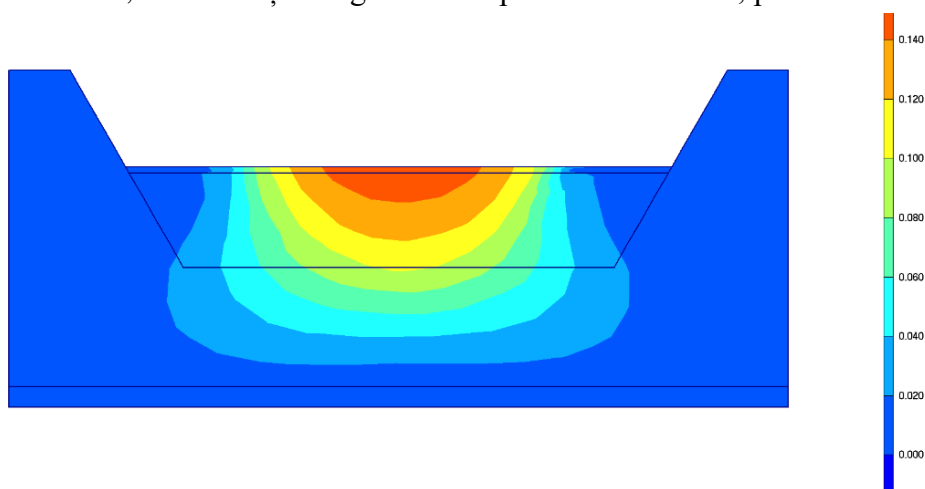


Fig. 3. Modelarea în pachetul software PLAXIS.

Graficul deplasărilor verticale.

Rezultatele studiului au arătat, că soluțiile constructive de proiectare adoptate, în unele cazuri nu asigură evitarea deformațiilor inacceptabile ale terenurilor de fundare, precum și ale clădirilor și edificiilor în întregime.

Pernele de pământ cu o grosime mai mare de 3,0 ÷ 3,5 m (uneori până la 5,0 m), utilizate pentru eliminarea tasărilor, nu pot garanta funcționarea fiabilă a fundațiilor.

Ținând cont de cele menționate, a fost identificată necesitatea de a studia proprietățile pământurilor loessoide și de a dezvolta noi soluții tehnice pentru eliminarea tasabilității, ceea ce ar exclude complet formarea fenomenelor nedorite și chiar posibilitatea apariției tasărilor suplimentare, ca urmare a unei umeziri accidentare a terenului de fundare.

La etapa preliminară, au fost analizate rezultatele cercetărilor efectuate de V.S. Gonciarov, G.E. Kostik, Iu.I. Olyansky în perioada anilor 1970-2000.

Rezultatele obținute de acești savanți au fost completate de cercetările practice ale autorului.

Acest lucru a făcut posibilă efectuarea unei analize comparative a modificărilor în timp a anumitor caracteristici ale proprietăților fizico-mecanice și obținerea valorilor indicilor de calcul, pentru rezolvarea problemelor ulterioare privind studiul tasabilității.

Indicii proprietăților fizice ale pământurilor au fost determinați prin metode standard și parțial sunt prezentați în Tabelul 1.

Tabelul 1. Indicii proprietăților fizice ale argilelor nisipoase

Regiunea republicii	Densitatea specifică $\rho_s, \text{g/cm}^3$	Densitatea $\rho, \text{g/cm}^3$	Umiditatea $w, \%$	Indicele de plasticitate $I_p, \%$	Indicele de consistență $I_L, \%$
Nord	2,69	$\frac{1,95}{1,65 \div 2,10}$	$\frac{25}{15 \div 40}$	$\frac{14}{7 \div 17}$	$\frac{0,2}{-0,5 \div 0,7}$
Centru	2,72	$\frac{1,95}{1,5 \div 2,2}$	$\frac{15}{5 \div 25}$	$\frac{14}{10 \div 17}$	$\frac{0}{-0,5 \div 0,4}$
Sud	2,70	$\frac{2,00}{1,7 \div 2,2}$	$\frac{15}{5 \div 20}$	$\frac{10}{8 \div 17}$	$\frac{-0,1}{-0,6 \div 0,3}$

Proprietățile de rezistență au fost studiate în aparatul de forfecare directă. Rezultatele, parțial, sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Indicii proprietăților de rezistență ale argilelor nisipoase

Regiunea republicii	Intervalul de modificare a rezistenței $\tau_f, \text{kPa}$ sub presiunea $\sigma = 200 \text{ kPa}$	Unghiul de frecare internă $\varphi, \text{grade}$	Coeziunea totală $C_w, \text{kPa}$	Coeziunea structurală $C_c, \text{kPa}$	Coeziunea hidrocoloidală $\Sigma_w, \text{kPa}$
Nord	39÷222	11	60	40	20
Centru	50÷375	14	120	60	60
Sud	20÷280	17	120	70	50

Pentru a identifica natura rezistenței pământurilor studiate au fost prelucrate rezultatele a peste 750 de experimente de forfecare cu o suprafață de forfecare naturală și pregătită.

Ecuatiile, care caracterizează rezistența argilelor nisipoase din regiunile de nord  $S_1$ , centru  $S_2$  și sud  $S_3$  sunt exprimate prin relațiile corespunzătoare:  $S_1 = 0,19\sigma + 60 \text{ kPa}$ ;  $S_2 = 0,25\sigma + 120 \text{ kPa}$ ;  $S_3 = 0,30\sigma + 120 \text{ kPa}$ ; unde  $\sigma$  – presiunea normală pe planul de forfecare.

Conform rezultatelor încercărilor de forfecare pe suprafața pregătită, coeziunea totală ( $C_w$ ) a fost divizată în două componente: coeziunea structurală rigidă ( $C_c$ ) și coeziunea vâscoasă ( $\Sigma_w$ ) de natură hidrocoloidală (Tabelul 2). Acest lucru a permis, pe baza conceptului prof. N.N. Maslov [12, 13], de a obține ecuațiile, care caracterizează rezistența pământurilor studiate în condițiile distrugerii complete a coeziunii structurale:

$$S_{res1} = 0,19\sigma + 20, \text{ kPa}; S_{res2} = 0,25\sigma + 60, \text{ kPa}; S_{res3} = 0,30\sigma + 50, \text{ kPa}.$$

Pentru un studiu mai detaliat al posibilei scăderi a rezistenței în funcție de consistență, s-au efectuat experimente de forfecare a pământurilor saturate cu apă, pregătirea specială a eșantionului de date obținute și prelucrarea acestora, folosind metoda ”densitate-umiditate”.

A fost stabilit, că influența consistenței este mai pronunțată în intervalul de consistență, care depășește plastic vârtoasă. La consistență tare, dependența practic nu este respectată. Din acest motiv, nu a fost posibilă obținerea dependenței rezistenței în funcție de consistență pentru pământuri din regiunile sudice ( $I_L = -0,1$ ).

Analiza detaliată a indicilor fizice ai probelor prelevate din regiunile nordice și centru al RM, a permis procesarea eșantionului total.

Ca urmare, au fost obținute dependențele parametrilor de rezistență în funcție de consistență (Figura 4), care pot fi folosite la etapa de concluzie preliminară pentru rezolvarea problemelor ingineresti.

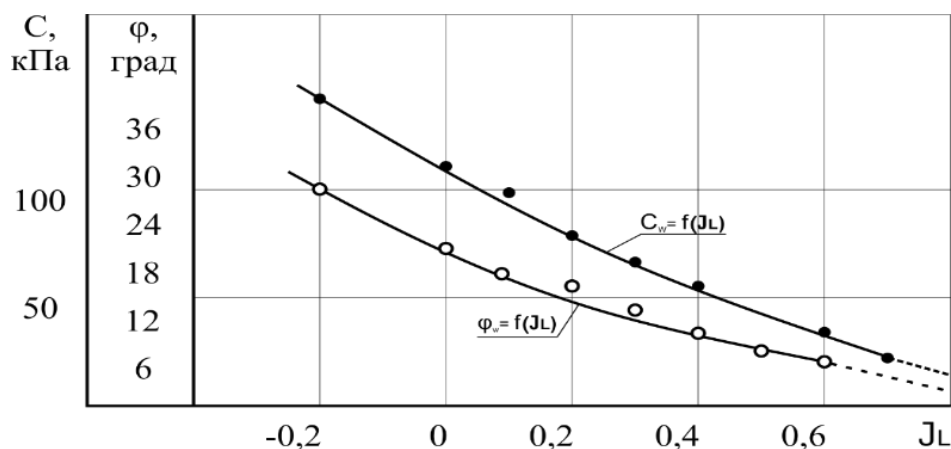


Fig. 4. Dependenta parametrilor de rezistență în funcție de consistență, obținută prin metoda ”densitate-umiditate” pentru argile nisipoase, regiunea nord-centru.

În conformitate cu teoria fizico-tehnică a fluajului a prof. N.N. Maslov [13], principala caracteristică reologică a pământului este pragul de fluaj  $\tau_{lim}$ , care poate fi determinat analitic prin formula:

$$\tau_{lim} = \sigma_n \operatorname{tg} \phi_w + C_c, \quad (1)$$

unde:  $\sigma_n$  – tensiunea normală, kPa;

$\operatorname{tg} \phi_w$  – coeficientul de frecare internă;

$C_c$  – coeziunea structurală, kPa.

Pe baza experimentelor efectuate, cu referință la consistența de calcul pentru zonele selectate, autorul a obținut următoarele expresii pentru pragul de fluaj:

$$\text{Nord: } \tau_{lim1} = 0,19\sigma + 40, \kappa Pa; \quad (2)$$

$$\text{Centru: } \tau_{lim2} = 0,25\sigma + 60, \kappa Pa; \quad (3)$$

$$\text{Sud: } \tau_{lim3} = 0,30\sigma + 70, \kappa Pa. \quad (4)$$

Este evident, că schimbarea rezistenței în timp depinde nu numai de regimul de umiditate (consistența), ci și de condițiile de lucru ale pământului. În absența unor solicitări tangențiale semnificative în condițiile consolidării pământului sub fundații, este de așteptat o îmbunătățire a caracteristicilor de rezistență. Pe pantele, care nu au atins stabilitatea limită, eforturile de forfecare pot contribui la dezvoltarea proceselor de fluaj. Pe versanții debleilor și structurilor artificiale, procesele ciclice de umezire-uscăre vor juca un rol decisiv.

Formarea rocilor loessoide a avut loc într-un climat uscat, cu prevalența proceselor dezagrigării fizice. Drept urmare, aceste roci sunt foarte sensibile la schimbările condițiilor fizico-geografice și condițiilor geologice. Conform expresiei figurative a lui M. P. Lysenko, pământurile loessoide sunt capabile să se "adapteze" la schimbările mediului natural înconjurător [11, p. 153].

Cu referință la cercetările efectuate, aceasta implică necesitatea de a ține cont de influența asupra pământurilor sensibile la umezire a anumitor aspecte ale activității ingineresti umane, în primul rând, ridicarea nivelului apelor subterane (NAS) și umezire accidentală, determinând schimbarea regimului de umiditate natural existent.

**În Capitolul 3 "Evaluarea rezultatelor eliminării proprietăților de tasare a pământurilor prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate"** sunt prezentate informații privind dinamica schimbărilor proprietăților pământurilor stratului tasabil, compactat cu ajutorul instalație RG.

Posibilitatea de îmbunătățire a proprietăților fizice, de rezistență și de deformare cu ajutorul compactării mecanice a pământurilor, a fost menționată în multiple lucrări ale oamenilor de știință renumiți: M.Iu. Abelev, Iu.M. Abelev, G.M. Badiin, T.A. Belash, V.G. Berezantsev, A.K. Bugrov, A.L. Goldin, B.I. Dolmatov, I.V. Dudler, A.ZH. Zhusunbekov, P.L. Ivanov, V.A. Ilyichev, V.I. Krutov, E.N. Kurbatsky, R.A. Mangushev, N.N. Maslov, O.A. Savinov, Z.G. Ter-Martirosyan, C. Terzagi, A.M. Uzdin, V.M. Ulitsky, R.A. Usmanov, Dembicki E. (Polonia), Ishihara K. (Japonia), Seed H. B. (SUA) și alții.

În Moldova, deseori se alege executarea pernelor de pământ, a căror grosimea poate ajunge la 4÷6m. Cu toate acestea, după cum arată practica și rezultatele cercetărilor autorului, executarea pernelor de pământ nu garantează întotdeauna funcționarea fiabilă a terenului de fundare. Acest

lucru este confirmat de cazul deformațiilor neuniforme ale unei clădiri cu multe nivele din sectorul Ciocana, mun. Chișinău.

Având în vedere cele menționate, a apărut necesitatea obiectivă de a dezvolta o soluție tehnică mai fiabilă pentru eliminarea tasărilor. Aceasta a impus autorului să efectueze o muncă extensivă experimentală și teoretică [17, 18, 19].

Studiile de teren au fost efectuate pe două șantiere de construcție, situate în mun. Chișinău:

- șantierul nr. 1: edificarea complexului caselor de locuit pe str. Testemițanu;
- șantierul nr. 2: edificarea casei de locuit cu 12 nivele pe bl. Trăian.

Pe fiecare șantier a fost realizat un complex de lucrări, care a inclus: formarea puțurilor coloanelor; executarea coloanelor din pământ; prelevarea probelor de pământ din corpul coloanelor și din apropierea coloanelor; studiul proprietăților fizico-mecanice și de tasare în condiții de laborator.

În calitate de utilaj de lucru la executarea coloanelor verticale de pământ a fost utilizată instalația RG a companiei "RTG Rammtechnik GmbH".

Cu scopul studierii modificărilor posibile ale proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor ca urmare a compactării acestora cu ajutorul instalației RG, au fost efectuate cercetările preliminare pe șantierul de construcție nr. 1.

Conform datelor prospecțiunilor geologice inginerești, în structura geologică sunt incluse argile nisipoase și nisipuri argiloase loessoide, de tipul II de tasabilitate.

În condiții de laborator au fost efectuate cercetările detaliate a proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor. Au fost studiate probele colectate din corpul coloanei, precum și din sondele forate la distanțe prestabilite de la centrul acesteia. Pentru fiecare probă, s-au efectuat încercările la tasare. În total, autorul a analizat mai mult de 100 de încercări, pentru care a fost realizat complexul necesar de cercetări ale caracteristicilor fizice.

Pe baza studiilor efectuate s-a stabilit:

1. Pământurile din corpul coloanei au caracteristici înalte ale proprietăților fizico-mecanice, depășind în mod semnificativ valorile lor în stare naturală;
2. Tasarea de la greutatea proprie la umezire a pământurilor, care se află în afara conturului coloanei executate, este eliminată complet la o distanță de până la 1,0 m de la corpul coloanei;
3. Executarea nemijlocită a coloanei trebuie să fie realizată din argilă nisipoasă, cu respectarea strictă a condițiilor ciclului tehnologic.



Studiile ulterioare au fost continuate pe șantierul nr. 2, structura geologică a căruia este reprezentată la fel de argile nisipoase și nisipuri argiloase de tipul II de tasabilitate.

Studiul proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor sensibile la umezire în stare naturală și după compactare a fost realizat în două etape.

În prima etapă, au fost efectuate foraje de explorare la fața locului cu selectarea numărului necesar de probe și testarea lor ulterioară în laborator. În cea de-a doua etapă, studiul proprietăților pământurilor a fost efectuat după executarea coloanelor de pământ, cu ajutorul instalației RG.

Executarea puțurilor a fost efectuată cu o picătură vibrantă sub presiune mare, transmisă la sol. Pentru a umple puțul perforat cu pământ (argila nisipoasă), concomitent cu instalația RG, a fost utilizat un buldozer de dimensiuni reduse (Figura 5).



Fig. 5. Executarea coloanelor de pământ vibropresate cu ajutorul instalației RG

După executarea coloanelor, la o distanță predeterminată, au fost forate sondele de testare cu preluarea probelor de pământ compactat. În continuare, în condiții de laborator, au fost determinate prin metode standard caracteristicile proprietăților fizice, de tasare și de rezistență ale pământurilor.

Studiile efectuate au permis obținerea datelor noi privind proprietățile fizice și fizico-mecanice ale pământurilor loessoide în stare compactată (Tabelele 3 și 4).

Tabela 3. Compararea caracteristicilor fizice ale pământurilor

Tipul pământului	Indice de plasticitate $I_P, \%$	Indice de consistență $I_L, \%$	Densitatea pământului $\rho, \text{g/cm}^3$	Umiditatea $W, \%$	Densitatea pământului uscat $\rho_d, \text{g/cm}^3$
Argilă nisipoasă în stare naturală	12	< 0	1,57	12,0	1,39
Argilă nisipoasă după compactare	8 ÷ 12	< 0	1,88 ÷ 2,09	8,0 ÷ 12,0	1,61 ÷ 1,91

Tabela 4. Compararea caracteristicilor mecanice ale pământurilor

Tipul pământului	Tasarea relativă $\varepsilon_{st}, \%$ ( $P = \sigma_{zg}$ )	Presiunea inițială de tasare $P_{st}, \text{kPa}$	Modulul de deformare $E, \text{MPa}$	Unghiul de frecare internă $\varphi, \text{grade}$	Coeziunea totală $c_w, \text{kPa}$
Argilă nisipoasă în stare naturală	0,002 ÷ 0,04	22 ÷ 212	9	18	16
Argilă nisipoasă după compactare	–	–	18 ÷ 41	19 ÷ 31	47 ÷ 87

Datele obținute în încercările de laborator demonstrează, că pământurile compactate prin vibropresare au caracteristici fiabile ale proprietăților de rezistență și de deformare, care sunt net superioare decât aceste valori pentru pământurile în stare naturală. Aceasta înseamnă, că soluția tehnică propusă pentru compactarea de adâncime, cu ajutorul instalației RG, poate fi utilizată pentru eliminarea proprietăților de tasare a pământurilor, în cazul construcției pe amplasamentele cu condiții de tasabilitate de tip II.

O analiză comparativă a rezultatelor determinării caracteristicilor fizico-mecanice și de tasare a probelor de pământ examinate a arătat, că în cazul coloanei de pământ cu diametrul de 430mm, pasul "efectiv" al coloanelor în axe nu trebuie să depășească 1,5 m; distanța minimă permisă între coloane este de 0,8 m, maximă este de 1,1 m (Figura 6).

Încercările edometrice efectuate de autor au arătat că, în cazul pasului între axele coloanelor de 1200 mm (vezi Figura 6, coloanele III-IV), proprietățile de tasare a pământului în spațiul dintre coloanele executate sunt eliminate complet. La creșterea pasului între axele coloanelor până la 1500 mm (vezi Figura 6, coloanele IV-V) indicii fizici, de rezistență și de deformare rămân, de asemenea mari, depășind valorile în stare naturală de câteva ori.

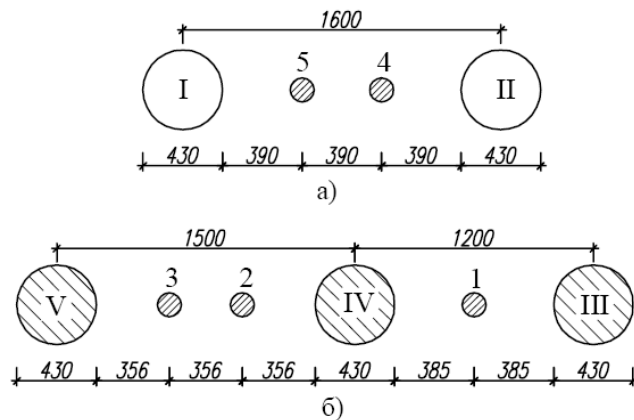


Fig. 6. Fragmentul schemei de amplasare a puțurilor vibropresate (I, II) și coloanelor de pământ executate (III – V). Șantierul de construcție nr. 2.  
a) puțurile executate prin vibropresare; b) coloane de pământ executate;  
1-5 – numerele sondelor forate

Anterior s-a constatat, că scăderea rezistenței pământurilor loessoide începe să se manifeste cu creșterea umidității la valori, care provoacă o schimbare a consistenței de la semitare la plastic vârtoasă. După executarea coloanelor de pământ, în toate cazurile studiate, consistența pământului a fost aproape de consistența tare, chiar și în condiții de umezire preliminară sub sarcină.

Acest fapt exclude o scădere semnificativă a rezistenței și schimbarea condițiilor de stabilitate generală a terenului de fundare în timpul exploatarea clădirilor și edificiilor.

Aceasta înseamnă, că soluția tehnică propusă este o metodă eficientă de eliminare a proprietăților de tasare a terenului de fundare. Folosirea tehnologiei avansate a instalației RG asigură nu numai eliminarea posibilei tasări, ci și permite economisirea resurselor pentru executarea fundațiilor, datorită îmbunătățirii semnificative a caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor.

Schimbările structurii inițiale a pământurilor sensibile la umezire ca urmare a compactării, realizate prin executarea coloanelor de pământ vibropresate, cu ajutorul instalației RG, au fost confirmate de studiile ulterioare ale microstructurii lor [18].

Evaluarea efectului compactării de adâncime asupra microstructurii pământurilor sensibile la umezire, a fost efectuată prin metoda decodificării imaginilor SEM.

Studiile microstructurii au fost efectuate pentru pământurile situate pe șantierul nr. 2, cu ajutorul SEM VEGA TS 5130 (Figura 7).



Fig. 7. Studiile microstructurii cu ajutorul SEM



Fig. 8. Pregătirea încercărilor cu ajutorul SEM

Probele de pământ au fost prelevate înainte și după executarea coloanelor de pământ. Caracteristicile microstructurii au fost evaluate pentru probele din corpul coloanei, precum și cele preluate la o distanță de 40, 60 și 80 cm de la conturul acesteia, de la o adâncime de 2,0 m.

Pregătirea probelor de pământ pentru studiile microscopice și analiza ulterioară a rezultatelor

au fost efectuată în laboratorul Centrului Național de Cercetare și Testare a Materialelor la UTM (Figura 8).

Rezultatele studiului sunt prezentate în imaginile SEM (Figurile 9 ÷ 14).

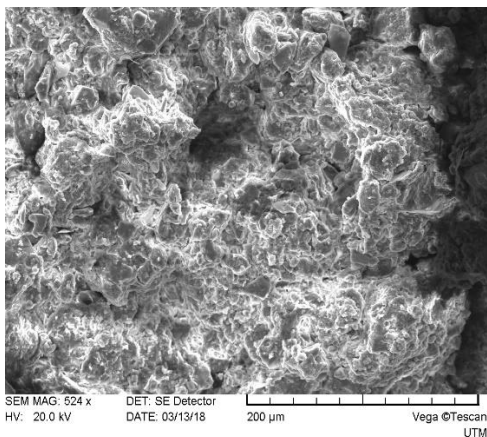


Fig. 9. Microstructura pământului sensibil la umezire în stare naturală (până la executarea coloanelor de pământ)

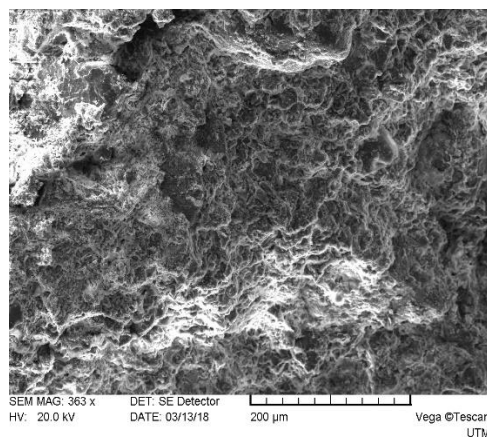


Fig. 10. Microstructura pământului compactat din corpul coloanei  
Sursa: elaborat de autor

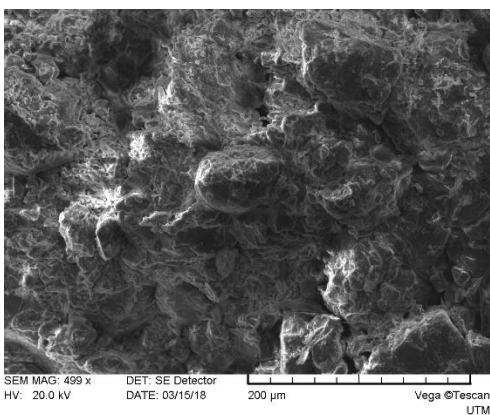


Fig. 11. Microstructura pământului compactat la distanța de 20 cm de la centrul coloanei

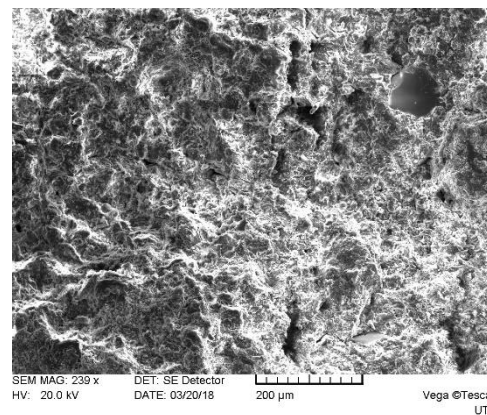


Fig. 12. Microstructura pământului compactat la distanța de 40 cm de la conturul coloanei

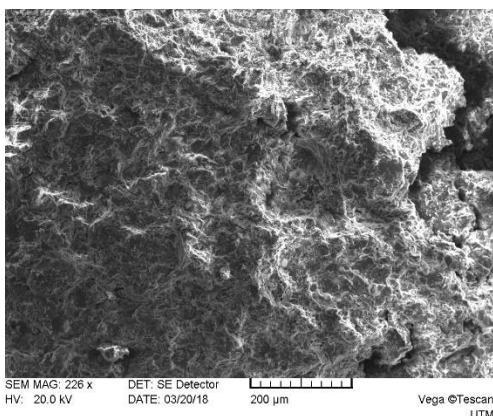


Fig. 13. Microstructura pământului compactat la distanța de 60 cm de la conturul coloanei

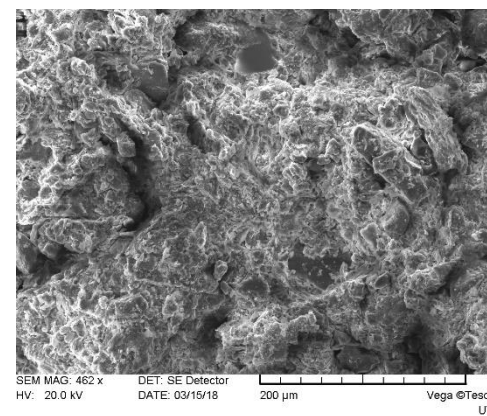


Fig. 14. Microstructura pământului compactat la distanța de 80 cm de la conturul coloanei

Analiza computerizată a făcut posibilă studierea schimbării structurii pământului de la tip matrice până la cea de schelet, în funcție de distanța de la coloana de pământ executată.

Prin studiile efectuate s-a remarcat, că microstructura rocilor s-a dovedit a fi un indicator sensibil al schimbărilor, ca urmare a compactării pământului tasabil în procesul executării coloanelor de pământ vibropresate. În acest caz, apar transformări tehnogene, determinând formarea unei noi microstructuri modificate, care este total diferită de cea inițială [21].

Studiul, efectuat de autor, a microstructurii pământului sensibil la umezire în stare naturală și după executarea coloanelor de pământ vibropresate, a fost realizat pentru prima dată în republica Moldova. S-a demonstrat, că compactarea dinamică a pământurilor prin vibropresare conduce la o schimbare semnificativă a microstructurii pământurilor sensibile la umezire, care este însoțită de distrugerea elementelor structurale (coeziunii structurale inițiale conform lui N.N. Maslov) și formarea unei microstructuri noi de tip matrice. Acest lucru, împreună cu studiul caracteristicilor de rezistență și de deformare, a făcut posibilă studierea dinamicii modificării proprietăților de tasare ale pământurilor transformate prin executarea coloanelor de pământ și, de asemenea, determinarea pasului "eficient" a coloanelor pentru eliminarea proprietăților de tasare a terenului de fundare, cu ajutorul instalației RG.

Din punct de vedere tehnologic, metoda de executare a coloanelor de pământ vibropresate poate fi considerată una din cele mai simple, totuși, care asigură o eficiență semnificativă în eliminarea proprietăților de tasare a pământurilor.

În cazul în care grosimea stratului tasabil sub talpa fundațiilor nu depășește 8 – 10 m, pământurile loessoide compactate prin vibropresare, nu vor avea tasări suplimentare la umezire.

Tasarea suplimentară în aceste condiții, se va produce numai la creșterea tensiunilor de la sarcini exterioare.

În cazul grosimii mai mari este posibilă tasarea suplimentară, cel mai des, datorită tensiunilor de la greutatea proprie a pământului, care crește cu adâncimea.

Una dintre sarcinile rezolvate în capitolul trei, a fost elaborarea tabelelor regionale cu caracteristici de rezistență și deformare a pământurilor sensibile la umezire din Moldova, pe baza dependențelor de corelație identificate.

La elaborarea Tabelelor 5 și 6 au fost luate în considerare particularitățile și modelele de manifestare a proprietăților de tasare a pământurilor de pe teritoriul Republicii Moldova.

Tabela 5. Valorile normative ale coeziunii totale  $C_w$ , coeziunii hidrocoloidale  $\Sigma_w$  și unghiului de frecare internă  $\varphi_w$  pământurilor loessoide din Moldova

Denumirea pământurilor	Semnificația caracteristicii	Valoarea numerică a caracteristicilor pământurilor pentru intervalul de consistență $I_L$ :			
		-0,2÷0,0	0,0÷0,2	0,2÷0,4	0,4÷0,6
Argile nisipoase	$C_w, \kappa Pa$	$\frac{160 \div 120}{140}$	$\frac{120 \div 90}{100}$	$\frac{90 \div 70}{80}$	$\frac{70 \div 50}{60}$
	$\Sigma_w, \kappa Pa$	$\frac{60 \div 52}{56}$	$\frac{52 \div 42}{47}$	$\frac{42 \div 28}{35}$	$\frac{28 \div 10}{19}$
	$\varphi_w, grade$	$\frac{30 \div 20}{25}$	$\frac{20 \div 14}{17}$	$\frac{14 \div 10}{12}$	$\frac{10 \div 8}{9}$

Notă: numărător – intervalul modificării; numitor – valoarea medie

Tabela 6. Valorile normative ale modului de deformare a pământurilor loessoide din Moldova în stare naturală ( $E_{np.}$ ) și compactată ( $E_{ynl.}$ )

Denumirea pământurilor	Semnificația caracteristicii	Valoarea numerică a caracteristicilor pământurilor pentru intervalul de consistență $I_L$ :			
		-0,2÷0,0	0,0÷0,2	0,2÷0,4	0,4÷0,6
Argile nisipoase	$E_{np.}, \kappa Pa$	$\frac{30 \div 22}{26}$	$\frac{22 \div 14}{18}$	$\frac{14 \div 10}{12}$	$\frac{10 \div 6}{8}$
	$E_{ynl.}, \kappa Pa$	$\frac{44 \div 36}{40}$	$\frac{36 \div 32}{34}$	$\frac{32 \div 28}{30}$	$\frac{28 \div 16}{22}$

Valorile prezentate în Tabelele 5 și 6 trebuie considerate preliminare. Potrivit autorului, aceasta este legat cu necesitatea de a preciza rezultatele obținute, prin efectuarea încercărilor în situ ale pământurilor. În special, atunci când se determină modulul de deformare în condiții de laborator în cadrul încercărilor la compresiune, valorile obținute sunt subestimate. Ca rezultat, capacitatea portantă a terenului de fundare este adoptată în calcule cu valori micșorate. Caracteristicile de rezistență, și anume, coeziunea structurală și unghiul de frecare internă, după cum arată studiile, depind în mare măsură de gradul de umiditate (consistența) și de structura pământului. Aceasta sugerează necesitatea stabilirii caracteristicilor de rezistență a pământurilor tasabile și compactate, în condiții de umiditate naturală și în stare saturată cu apă.

În **Anexe** sunt prezentate: tabelele cu rezultatele cercetărilor anterioare privind studiul proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor sensibile la umezire în Moldova; rezultatele cercetărilor noi ale pământurilor sensibile la umezire, realizate de autor; rezultatele cercetărilor ale proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor sensibile la umezire compactate cu ajutorul instalației RG; lista rapoartelor privind studiul condițiilor geologice inginerești ale șantierelor de construcții, analizate de autor.

## CONCLUZII GENERALE

1. S-a efectuat o analiză a cunoștințelor geologice ingineresti ale pământurilor sensibile la umezire în Moldova. Studiile privind natura și condițiile amplasamentului acestora ne permit să concluzionăm că mai mult de 60% din teritoriile utilizate sub construcție în Moldova fac parte din zona cu potențialul de risc geoecologic, asociat posibilei apariții a tasării rocilor loessoide;

2. Au fost studiate metode de bază pentru eliminarea tasabilității pământurilor. Analiza literaturii și studiul experienței edificării pe pământuri sensibile la umezire au arătat că dezvoltarea unor soluții tehnice fiabile și eficiente pentru eliminarea proprietăților de tasare a pământurilor, trebuie considerată ca o problemă actuală, care necesită soluții urgente;

3. Au fost identificate principalele probleme, care apar în timpul construcției pe pământurile de tip II de tasabile. S-a stabilit, că executarea pernelor de pământ cu grosimea de 3-5 m, în condiții de umezire suplimentară, nu asigură funcționarea fiabilă a terenului de fundare și fundațiilor;

4. Au fost obținute date noi, care caracterizează proprietățile pământurilor sensibile la umezire. Au fost stabilite: dependențele rezistenței argilelor nisipoase tasabile în funcție de consistență; parametrii reologici: coeziunea structurală  $C_c$ , coeziunea hidrocoloidală  $\Sigma_w$ , pragul de fluaj  $\tau_{lim}$ , ce permit prognozarea comportamentului pământului tasabil la o umezire suplimentară și în condiții de creștere a tensiunilor tangențiale în stratul tasabil;

5. S-a studiat efectul compactării prin vibropresare asupra valorilor caracteristicilor fizice, de rezistență, de deformare și reologice ale pământurilor sensibile la umezire. Studiile experimentale au confirmat o îmbunătățire semnificativă a proprietăților pământurilor;

6. S-a studiat microstructura pământurilor sensibile la umezire și posibila modificare a acesteia după executarea coloanelor de pământ. S-a stabilit că, la executarea coloanelor de pământ vibropresate, se produc transformări tehnogene, determinând formarea unei noi microstructuri modificate (de tip matrice), care este total diferită de cea originală (de tip schelet). Pământul argilos tehnogen din corpul coloanei poate fi caracterizat ca un sistem polimer cu structură complexă, cu structuri relictice și nou formate;

7. A fost investigată starea de tensiune-deformare a terenului de fundare compactat prin executarea coloanelor de pământ vibropresate cu ajutorul instalație RG. Conform rezultatelor experimentale realizate de autor pentru diametrul coloanei de pământ de 430 mm distanța minimă admisă dintre conturile coloanelor este de 0,8 m, maximă fiind de 1,1 m;

8. Pe baza rezultatelor cercetărilor efectuate a fost propusă o nouă soluție tehnică de modernizare a metodelor de eliminare a tasabilității pământurilor, implementată cu ajutorul instalației RG. Aplicarea în practica de construcție a rezultatelor studiului, v-a spori fiabilitatea proiectării terenurilor de fundare și a fundațiilor clădirilor și edificiilor pe pământuri sensibile la umezire.

### **RECOMANDĂRI**

1. Compactarea de adâncime a stratului tasabil, prin executarea coloanelor de pământ vibropresate, a fost efectuată pe două șantiere de referință din mun. Chișinău și a prezentat rezultate pozitive. Acest lucru ne permite să recomandăm soluția tehnică propusă pentru pregătirea terenurilor de fundare la edificarea pe pământuri de tip II de tasabilitate;

2. Fezabilitatea utilizării coloanelor de pământ, executate cu ajutorul instalației RG, sporește, dacă grosimea stratului tasabil, sub talpa fundațiilor (plăcii), nu depășește  $10 \div 12$  m. Aceasta din urmă este condiționată de dimensiunile echipamentului accesibil în Moldova în prezent;

3. Valorile obținute de autor, pentru indicii de rezistență și de deformare a pământurilor sensibile la umezire în stare naturală, saturată și compactată pot fi folosite la proiectare, pentru soluționarea unui șir de probleme practice: stabilirea dimensiunilor fundațiilor, determinarea capacității portante a coloanelor de pământ și terenului de fundare în complex și, în alte cazuri, evaluarea stabilității taluzurilor și versanților.

#### **Recomandări privind cercetările de perspectivă:**

- modelarea proceselor de umezire de lungă durată a masivului de pământ compactat cu ajutorul instalației RG;
- dezvoltarea metodologiei de determinare a deformațiilor sumative în timp;
- colectarea și sistematizarea informațiilor primare privind eliminarea tasării, realizate prin vibropresare pe alte șantiere, în vederea elaborării documentelor normative privind edificarea suprastructurilor pe pământuri sensibile la umezire, ținând seama de caracteristicile regionale ale Moldovei.



## BIBLIOGRAFIE

1. Dimofte D. Schimbări climatice cuaternare înregistrate în depozite sedimentare deduse prin analize mineralogice, granulometrice, geochimice și magnetice pe secțiuni de loess-paleosol din România. Teza de doctorat. Bucuresti, 2012. 157 p.
2. Dobrescu C. Prognozarea comportării pământurilor sensibile la umezire. București: Ed. Bren, 2011. 118 p.
3. Necula C. Proprietati magnetice ale depozitelor de loess-paleosol din România: implicații paleoclimaterice. Teza de doctorat. Bucuresti, 2006. 186 p.
4. Burlacu C. ș.a. Compacted soil columns for foundations on collapsible soils. Laboratory and in-situ experimental study. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013. p.2433 – 2437.
5. Богомолов А.Н. и др. Особенности оценки просадочных свойств лессовых пород при проектировании оснований и фундаментов в центральной Молдавии // Вестник ПНИПУ, Строительство и Архитектура. – 2016. – т. 7, № 3. – с. 46-53.
6. Булыгина Л.Г., Кошелев А.Г., Соколов В.Н. Влияние особенностей микростроения глинистых грунтов различного генезиса на их деформирование при компрессионных и штамповых испытаниях // Геоэкология, Инженерная геология, геокриология. Москва: Наука. – №6, 2013. – с. 552-559.
7. Гончаров В.С. Инженерно-геологическая характеристика лессового покрова нижнего Приднестровья: Автореф. дис. канд. геолого-минерал. наук ОГУ. - Одесса, 1971. - 22с.
8. Карелина И.В., Гумиров М.А., Швецов Г.И. Компьютерная обработка РЭМ-изображений микроструктуры лессовых грунтов // Ресурсо- и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе. Труды годичного собрания РААСН 2003. – Казань: Изд-во КГАСА, 2003. – с. 487-489.
9. Костик Г.Е. Прогноз просадки лессовых пород методом инженерно-геологических аналогий: Автореферат дис. канд. геолого-минерал. наук ОГУ. - Одесса, 1975. - 33с.
10. Краев В.Ф. Просадочные свойства лессовых пород правобережной части нижнего Приднестровья. – Киев: Издательство АН УССР, 1956. – 148с.
11. Лысенко М.П. Лессовые породы. – Ленинград: Недра, 1978. – 208с.
12. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511с.
13. Маслов Н.Н. Физико-техническая теория ползучести глинистых грунтов в практике строительства. Москва: Стройиздат, 1984. – 176с.

14. Олянский Ю.И. Закономерности развития процессов набухания и просадки неоген-четвертичных глинистых пород юго-запада русской платформы. Автореферат дис. докт. геолого-минералогических наук. – Санкт-Петербург, 2004. – 47с.
15. Олянский Ю.И. Лессовые грунты юго-западного Причерноморья. – Кишинев: Штиинца, 1992. – 130с.
16. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород / Под ред. Е.М. Сергеева. - М.: Недра, 1989. – 211с.
17. Рышковой А. Применение новых технологий для устранения просадочных свойств грунтов основания: In: *Mediul și dezvoltarea durabilă, materialele Conferinței științifice Naționale cu Participare Internațională*, Ed. a 3-a, consacrată aniversării a 80 ani de la nașterea prof. univ., dr. hab. Alexandru Lungu, Chișinău, 06-08 octombrie, 2016, Chișinău: US Tiraspol, 2016, pp. 57-60. ISBN 978-9975-76-170-3
18. Рышковой А. Устранение просадочных свойств грунтов путём устройства грунтовых свай, выполненных с помощью вибропогружателя: In: „*Mediul și dezvoltarea durabilă*”, materialele Conferinței științifice Naționale cu Participare Internațională, Ed. a 4-a, consacrată aniversării a 80 de ani a Facultății de Geografie, 25-28 octombrie 2018, Chișinău: US Tiraspol, 2018, pp. 40-44. ISBN 978-9975-76-253-3
19. Рышковой А., Полканов В. К вопросу изучения физико-механических свойств уплотненных просадочных грунтов. VIII-я Международная научно-техническая конференция Актуальные проблемы градостроительства и благоустройства территорий 17 – 19 ноября 2016, Кишинэу. pag. 159-163. ISBN 978-9975-71-850-9.
20. Рященко Т.Г., Чернышова Ю.В. Методы изучения микроструктуры дисперсных грунтов//Вестник Иркутского государственного технического университета №1 (37), 2009. – с.34-37.
21. Строкова В.В. и др. Микроструктура техногенных глинистых грунтов как фактор техногенного литогенеза. // Успехи современного естествознания. – 2006, № 6. – с. 52-54.
22. Сыродоева Н.Г. Основные закономерности формирования инженерно-геологических свойств среднесарматских глин Днестровско-Прутского Междуречья (в пределах Молдавии)/Автореф. на соискание учен. степени канд. геолого-минерал. наук. - Одесский гос. ун-т ИМ. И.П. Мечникова. Кишинев: КПП им. С. Лазо. 1989. -17с.
23. Хасанов А.З. Исследование напряженно-деформированного состояния, просадочности лессовых грунтов и их строительных свойств на примере инженерно-геологических условий Зеравшанского оазиса.: Автореферат дис. докт. технических наук. - Самарканд, 2000. - 40с.

## ADNOTARE

la teza pentru obținerea gradului de doctor în științe tehnice  
«**Studiul dinamicii de consolidare a pământurilor sensibile la umezire  
prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate**»

**RÂȘCOVOI Alexandru, Chișinău, 2018**

Specialitatea: **211.02 – Materiale de construcții, elemente și edificii**

**Structura tezei:** adnotarea, introducerea, trei capitole, concluzii și recomandări, bibliografia (180 de titluri), 118 pagini text de bază, 12 tabele, 49 figuri și 10 anexe. Rezultatele cercetării sunt publicate în 7 lucrări științifice.

**Cuvinte-cheie:** tasare, pământurilor sensibile la umezire, eliminarea tasabilității, proprietățile fizico-mecanice, microstructura, coloane verticale de pământ, vibropresare.

**Domeniul de studiu:** edificarea construcțiilor pe terenuri sensibile la umezire.

**Scopul cercetării:** elaborarea unei noi soluții tehnice pentru eliminarea tasabilității a pământurilor sensibile la umezire la edificarea construcțiilor pe teritoriul R. Moldova.

**Obiectivele cercetării:** analiza gradului de explorare ingineresc-geologic a proprietăților de tasare a pământurilor din Moldova; studierea metodelor de bază de eliminare a tasabilității; generalizarea experienței de edificare a construcțiilor pe pământuri sensibile la umezire în Moldova; obținerea de date noi privind caracteristicile fizico-mecanice, de tasare și reologice ale loessurilor; evaluarea influenței compactării realizate prin vibropresare folosind instalația RG pe caracteristicile pământului; studierea microstructurii pământurilor sensibile la umezire și modificarea acesteia ca urmare executării coloanelor verticale de pământ; analiza stării de tensiune-deformare a terenului de fundare; justificarea posibilității eliminării tasării suplimentare a terenului de fundație prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate.

**Noutatea și originalitatea științifică a rezultatelor obținute** sunt determinate de elaborarea unei soluții eficiente de compactare a pământurilor sensibile la umezire cu ajutorul instalației de vibropresare. Sunt obținute date noi privind proprietățile pământurilor sensibile la umezire din R. Moldova; în premieră sunt determinate valorile pragului de fluaj pentru argile nisipoase tasabile; sunt studiate cauzele posibilei scăderi a rezistenței pământurilor; pentru eliminarea proprietăților de tasare este utilizată și argumentată științific metoda executării coloanelor verticale de pământ vibropresate; este estimat efectul compactării de adâncime asupra microstructurii prin metoda decodificării imaginilor SEM; sunt elaborate tabele regionale ale caracteristicilor pământurilor sensibile la umezire pentru teritoriul R. Moldova.

**Problema științifică importantă** rezolvată în cadrul studiului, este obținerea de noi date, care caracterizează proprietățile pământurilor sensibile la umezire în condiții de depunere naturală și după compactare prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate.

**Semnificația teoretică și valoarea aplicativă a tezei** constă în posibilitatea utilizării rezultatelor obținute în dezvoltarea teritoriilor, care sunt compuse din pământurile de tip II de tasabilitate. Este identificat rolul legăturilor rigide, ireversibile de coeziune structurală și coeziunea de natură hidrocoloidală, care determină procesele de reducere a rezistenței. Este cercetat efectul compactării pământului cu ajutorul instalației de vibropresare pe microstructura sa.

**Implementarea rezultatelor științifice** Soluția tehnică propusă pentru eliminarea proprietăților de tasare prin executarea coloanelor verticale de pământ vibropresate cu ajutorul instalației RG a fost utilizată pentru pregătirea terenului de fundare a clădirilor rezidențiale din mun. Chișinău.

Tabelele caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor sensibile la umezire, elaborate și propuse de autor, au fost acceptate pentru utilizare de proiectanții ICȘC Incercom.

## АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание ученой степени доктора технических наук  
**«Исследование динамики изменения просадочных свойств грунтов оснований  
путем устройства грунтовых свай, выполненных с помощью вибропогружателя»**

**РЫШКОВОЙ Александру, Кишинэу, 2018**

**Структура диссертации:** введение, три главы, выводы и рекомендации, библиография (180 источников). Содержание изложено на 118 страницах основного текста; содержит 12 таблиц (без учета приложений), 49 рисунков, 10 приложений. Результаты исследования опубликованы в 7 научных работах.

**Ключевые слова:** просадка, просадочные грунты, устранение просадочности, физико-механические свойства, микроструктура, грунтовые сваи, вибропогружатель.

**Область исследования:** строительство на просадочных грунтах.

**Цель исследования:** разработка нового технического решения по устранению просадочности грунтов при строительстве в Молдове.

**Задачи исследования:** провести анализ инженерно-геологической изученности просадочных свойств грунтов Молдовы; изучить базовые способы устранения просадки; обобщить опыт строительства на просадочных грунтах в Молдове; получить новые данные физико-механических, просадочных и реологических характеристик лессовых грунтов; оценить влияние уплотнения, проведенного с помощью вибропогружателя RG-установки на характеристики грунтов; изучить микроструктуру просадочных грунтов и ее изменение после устройства грунтовых свай; исследовать НДС основания; обосновать возможность устранения просадки основания путем устройства грунтовых свай, выполненных с помощью вибропогружателя.

**Научная новизна и оригинальность работы** определяются разработкой эффективного решения уплотнения просадочных грунтов с помощью вибропогружателя. Получены новые данные о свойствах просадочных грунтов Молдовы; впервые определены значения порога ползучести просадочных суглинков; исследованы причины возможного снижения прочности грунтов; для устранения просадочных свойств использован и научно обоснован метод устройства грунтовых свай с помощью вибропогружателя; выполнена оценка воздействия глубинного уплотнения на микроструктуру просадочных грунтов методом дешифрирования РЭМ-изображений; разработаны региональные таблицы характеристик просадочных грунтов Молдовы.

**Важность научной проблемы,** решенной в рамках исследования, заключается в получении новых данных, характеризующих свойства просадочных грунтов в условиях естественного залегания и после уплотнения, выполненного путем устройства грунтовых свай с использованием вибропогружателя.

**Теоретическая значимость и практическая ценность** заключается в возможности использования полученных результатов при освоении территорий, сложенных грунтами II типа по просадочности. Выявлена роль жестких, необратимых связей структурного сцепления и связности водноколлоидного характера, определяющих процессы снижения прочности. Исследовано воздействие уплотнения просадочного грунта с помощью вибропогружателя на его микроструктуру.

**Внедрение научных результатов.** Предложенное техническое решение устранения просадочных свойств грунтов путем устройства грунтовых свай с помощью вибропогружателя на RG-установке использовалось при подготовке основания под фундаменты жилых зданий в муниципии Кишинэу. Разработанные автором таблицы физико-механических характеристик просадочных грунтов приняты к использованию проектировщиками института Incercom.

## ANNOTATION

to the thesis for obtaining the PhD degree in technical sciences  
„Investigation of changes dynamics in the settlement properties of foundation soils by  
construction of soil piles using a vibratory loader”

RÂȘCOVOI Alexandru, Chișinău, 2018

Specialty: **211.02** – Construction materials, elements and edifices

**Thesis structure:** introduction, three chapters, conclusions and recommendations, references (180 titles). The content is presented on 118 basic text pages, 12 tables (without appendices), 49 figures and 10 appendices. Research results are published in 7 scientific papers.

**Key words:** settlement, settlement sensitive soil, elimination of settlement, physico-mechanical properties, microstructure, soil piles, vibrator.

**Area of research:** construction on settlement sensitive soil.

**Aim of the research:** development a new technical solution to eliminate settlement of soils during construction in Moldova.

**Objectives:** to analyze the engineering-geological study degree of properties of settlement sensitive soils of Moldova; to study the main methods of settlement elimination; to generalize the experience of construction on settlement sensitive soils in Moldova; to obtain new data of physico-mechanical, settlement and rheological characteristics of loess soils; to evaluate the effect of compaction on the soils characteristics, carried out with vibratory loader RG-installation; to study the microstructure of settlement sensitive soils and its change after the construction of soil piles; to investigate the stress-strain behavior of foundations; to substantiate the possibility of eliminating the settlement of foundation by execution the soil piles made with vibratory loader.

**Scientific novelty and originality:** are determined by development of an effective solution to compact settlement sensitive soils with vibrator. New data of settlement sensitive soils properties of Moldova was obtained; the values of the creep threshold for settlement sensitive loams were first determined; the reasons of possible decrease in strength of soils was investigated; for elimination the settlement properties, was used and scientifically substantiated the method of constructing soil piles using a vibratory loader; the effect of deep seals on the microstructure of settlement sensitive soils was been estimated by the method of decoding SEM images; the regional tables of characteristics of settlement sensitive soils of Moldova have been developed.

**The importance of the scientific problem,** solved in the study, is to obtain new data characterizing the properties of settlement sensitive soils in conditions of natural occurrence and after compaction by construction of soil piles using a vibratory loader.

**Theoretical significance and applicative value of the thesis** consists the possibility of using the obtained results for development the territories composed by II-nd type settlement soils. The role of rigid, irreversible structural cohesion links and water-colloidal links on the processes of strength reduction was identified. The effect of compaction of settlement sensitive soils using vibratory loader on its microstructure was investigated.

**Implementation of the scientific results.** The proposed technical solution for elimination of settlement properties of soils by execution of soil piles with vibrating loader RG-installation was used in preparing the foundations of residential buildings in the municipality of Chisinau. The tables of physico-mechanical characteristics of settlement sensitive soils developed by the author were accepted for use by the designers of the Incercom Institute.

**RÂȘCOVOI ALEXANDRU**

**STUDIUL DINAMICII DE CONSOLIDARE  
A PĂMÂNTURILOR SENSIBILE LA UMEZIRE PRIN  
EXECUTAREA COLOANELOR VERTICALE  
DE PĂMÂNT VIBROPRESATE**

**SPECIALITATEA 211.02 – MATERIALE DE CONSTRUCȚII,  
ELEMENTE ȘI EDIFICII**

Autoreferatul tezei de doctor în tehnică

---

**Aprobat spre tipar 17.09.2018**  
Hârtie ofset. Tipar RISO  
Coli de tipar 2.0

Formatul hârtiei 60x84 1/16  
Tirajul 50 ex.  
**Comanda nr. 73**

---

UTM, 2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168  
Editura "Tehnica-Info"  
2068, Chișinău, str. Studenților, 9/9