



**UCIP IFAD**

Unitatea Consolidată pentru  
Implementarea Programelor IFAD



# REABILITAREA ECOLOGICĂ A TERENURILOR AGRICOLE

Chișinău - 2021



**UCIP IFAD**

Unitatea Consolidată pentru  
Implementarea Programelor IFAD

# REABILITAREA ECOLOGICĂ A TERENURILOR AGRICOLE

Manual pentru producătorii agricoli și consultanți

CZU [631.43/.45+631.95]:574(075)

J 57

**Autori:**

Gheorghe JIGĂU, doctor în științe biologice

Mihail LEȘANU, doctor în științe biologice

**Coordonator:**

Constantin OJOG, director executiv al Agenției Naționale de Dezvoltare Rurală (ACSA),  
doctor în științe agricole

**Responsabil tehnic – lider de echipă:**

Anatolie FALA, director de programe al Agenției Naționale de Dezvoltare Rurală (ACSA),  
doctor în științe biologice, magistru în agrobusiness

**Recenzenți:**

Anatolie TĂRÎȚĂ, doctor în științe, Institutul de Ecologie și Geografie, AȘM

Ana BÎRSAN, doctor în științe, Biologie și Ecologie, USM

**Redactor:**

Vitalie JEREGHI

**Design și procesare computerizată:**

Natalia DOROGAN

**Tipar executat de:**

Tipografia „Bons Offices” SRL

Acest ghid practic a fost elaborat cu suportul financiar al Fondului Internațional pentru Dezvoltare Agricolă (IFAD), în cadrul contractului „Elaborarea și editarea publicațiilor în vederea promovării rezilienței sectorului agricol la schimbările climatice și organizarea instruirilor în domeniul reabilitării ecologice a terenurilor agricole și în domeniul zootehnic” implementat de Agenția Națională de Dezvoltare Rurală (ACSA), în cadrul Programului Rural de Reziliență Economico-Climatică Incluzivă (IFAD VI), implementat de Unitatea Consolidată pentru Implementarea Programelor IFAD (UCIP IFAD).

Publicația este distribuită gratis.

---

**Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții**

Jigău, Gheorghe.

Reabilitarea ecologică a terenurilor agricole: Manual pentru producătorii agricoli și consultanți / Gheorghe Jigău, Mihail Leșanu; coordonator: Constantin Ojog; responsabil tehnic: Anatolie Fala; Unitatea Consolidată pentru Implementarea Programelor IFAD (UCIP IFAD). – Chișinău: S. n., 2021 (Tipogr. "Bons Offices"). – 200 p.: fig., tab.

Bibliogr.: p. 200 (22 tit.). – Apare cu suportul financiar al Fondului Internațional pentru Dezvoltare Agricolă (IFAD). – 200 ex.

ISBN 978-9975-87-786-2

© UCIP IFAD, 2021

---

# CUPRINS

---

INTRODUCERE.....	5
<b>I. DEGRADAREA TERENURILOR AGRICOLE: DEFINIȚII, CATEGORII, ABORDĂRI, FACTORI, FORME, LOCUL ÎN DEZVOLTAREA RESURSELOR DE SOL/FUNCIARE.....</b>	<b>6</b>
1.1. Forme de degradare cauzate de factori naturali (climă, relief, alcătuire litologică).....	6
1.1.1. Eroziunea hidrică.....	9
1.1.1.1. Eroziunea prin șiroire: factorii care o favorizează, prejudicii economice și ambientale.....	9
1.1.1.2. Ravenarea: factorii care o determină, prejudicii economice și ambientale.....	13
1.1.2. Alunecările de teren: forme, prejudicii economice și ambientale.....	15
1.1.3. Eroziunea accelerată (antropică).....	18
1.1.4. Sărăturarea și solonețizarea.....	25
1.1.5. Supraumezirea și hidromorfizarea.....	42
1.1.6. Efecte eco- și pedofuncționale aferente degradărilor naturale a terenurilor.....	63
1.1.6.1. Degradarea funcțiilor biogeocenotice (ecologice globale).....	63
1.1.6.2. Degradarea funcțiilor eco- și agrosistemice.....	69
1.2. Forme de degradare antropică a terenurilor agricole (agrogenetice).....	74
1.2.1. Degradarea fizică: forme, efecte eco-și pedofuncționale induse.....	74
1.3. Degradarea biologică a solurilor.....	78
1.4. Dehumificarea și epuizarea (secătuirea).....	81
1.5. Degradarea chimică.....	90
1.6. Supraumezirea, sărăturarea și solonețizarea secundară.....	92
1.7. Forme de degradare aferente agrogenezei și schimbărilor climatice.....	98
1.7.1. Degradarea hidrologică.....	98
1.7.2. Degradarea hidrofizică.....	101
1.7.3. Seceta pedologică.....	103
1.7.4. Deșertificarea.....	108
1.7.5. Degradarea resurselor biologice.....	113
1.7.5.1. Degradarea biocenozelor.....	116
1.7.5.2. Degradarea componenței și biodiversității biotei solului.....	118
1.7.6. Degradarea resurselor de apă.....	119
1.7.7. Eroziunea eoliană.....	120
<b>II. OBIECTIVELE NEUTRALIZĂRII DEGRADĂRII TERENURILOR ÎN CADRUL CONVENȚIEI ONU DE COMBATERE A DEȘERTIFICĂRII.....</b>	<b>123</b>
2.1. Principiile, obiectivele și beneficiile restabilirii ecologice a terenurilor la scara unei exploatații agricole.....	124
2.2. Principiile, obiectivele și beneficiile restabilirii ecologice a terenurilor la scară de landșaft/agrolandșaft.....	126

<b>III. PRACTICI DE REABILITARE, PROTECȚIE ȘI CONSERVARE ECOLOGICĂ A TERENURILOR AGRICOLE, ECOSISTEMELOR ȘI CURSURILOR DE APĂ.....</b>	<b>130</b>
3.1. Practici agro-, fito- și bioremediative de rehabilitare a terenurilor erodate și afectate de lucrări.....	130
3.2. Practici agro-, fito- și bioremediative de ameliorare a terenurilor supraumezite și sărăturate .....	140
3.3. Practici agro-, fito- și bioremediative de rehabilitare a terenurilor fizic degradate .....	145
3.4. Practici agro-, fito- și bioremediative de rehabilitare a terenurilor dehumificate și epuizate .....	149
3.5. Practici agro-, fito- și bioremediative de rehabilitare ecologică a terenurilor vulnerabile la secetă și schimbările climatice .....	159
3.6. Practici de rehabilitare și conservare a biodiversității și ecosistemelor.....	166
3.7. Practici de captare a precipitațiilor și de gestionare a sistemelor de drenaj .....	175
3.8. Practici de rehabilitare și reconstrucție a cursurilor de apă, rehabilitarea și gestionarea lacurilor .....	177
3.9. Practici de prevenire și combatere a poluării apei și protejarea zonelor umede.....	179
3.10. Practici de rehabilitare ecologică a terenurilor agricole la scara unei gospodării agricole ...	182
<b>IV. SISTEME AGRICOLE ADAPTIV-LANDȘAFTO-AMELIORATIVE LA NIVEL DE GOSPODĂRII AGRICOLE: PERSPECTIVELE DE UTILIZARE ÎN REPUBLICA MOLDOVA.....</b>	<b>184</b>
<b>ÎNCHEIERE.....</b>	<b>199</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>200</b>

## INTRODUCERE

---

Agricultura practică actualmente în Republica Moldova se confruntă cu mai multe probleme de ordin economic, social și ambiental, cauzate de evoluția accelerată și diversificarea proceselor de degradare a solurilor. Ca urmare, devine tot mai stridentă fundamentarea științifică, elaborarea și implementarea unui sistem mai performant de agricultură resurso-reproductivă, capabil să asigure gospodărirea mai eficientă a resurselor de sol și folosirea durabilă pe termen lung a terenurilor, prevenind și/sau minimalizând degradarea solurilor, restaurând sensul și intensitatea proceselor naturale de reproducere a fertilității naturale a solurilor, dar și funcționalitatea, capacitatea productivă și de rezistență a terenurilor degradate.

În acest sens, „sistemul agricol resurso-reproductiv” este o expresie generică utilizată pentru a defini diferite modalități de restabilire ecologică și bioremediere a terenurilor degradate sau practici agricole capabile să asigure neutralizarea degradării terenurilor (NDT). Introducerea acestuia este cauzată de faptul că actualul sistem agricol „mecanizat-chimizat”, deși în fazele incipiente de practicare, a asigurat efecte economice imediate, a generat și amplificat multiple procese degradative ale căror efecte remanente s-au acumulat, în timp, conducând la accentuarea degradării solurilor, acestea depășind grosimea stratului agrogen (arabil + subarabil) și devenind tot mai resimțite în stratul subiacent celui agrogen (orizonturile de tranziție AmBm și Bm). Prin urmare, procesele induse de agrogeneză în stratul agrogen conduc la modificarea sensului și intensității procesului de pedogeneză cernoziomică la toate nivelele ierarhice de funcționare a ecosistemului solului. Aceasta ne permite să considerăm că utilizarea sistemului actual de gospodărire a terenurilor va conduce la modificarea ireversibilă a trendului cernoziomurilor arabile.

Implementarea sistemului agricol resurso-reproductiv este posibilă datorită progreselor înregistrate în domeniul cercetării metodelor de management sustenabil a resurselor de sol, bazate atât pe sustenabilizarea resurselor bioenergetice ale cernoziomurilor și proceselor tipogenetice determinate de acestea, cât și de progresele tehnice realizate în domeniul mecanizării (în construcția de mașini agricole performante, atât pentru afânarea solului, cât și pentru semănat), ca și de succesele obținute în ramura controlului și managementului stării fitosanitare a agroecosistemelor. Ca urmare, acesta reprezintă o alternativă capabilă să conducă atât la înlăturarea factorilor degradativi, atenuarea impactului acestora, cât și celor de risc și, respectiv, la renaturarea agroecosistemelor excesiv artificializate.

Întru realizarea obiectivelor propuse, prezentul ghid include o amplă analiză a întregului spectru de procese naturale, natural-antropice, natural-agrogene și antropice de degradare și a factorilor care le determină, dar și a impactului acestora asupra funcționalității agroecosistemelor. În baza analizei factorial-procesual-funcțională a proceselor de degradare, au fost formulate principiile metodologice și metodele mai indicate de stopare a acestora, de restabilire ecologică și de bioremediere a terenurilor degradate.

# I. DEGRADAREA TERENURILOR AGRICOLE: DEFINIȚII, CATEGORII, ABORDĂRI, FACTORI, FORME, LOCUL ÎN DEZVOLTAREA RESURSELOR DE SOL/FUNCIARE

---

## 1.1. FORME DE DEGRADARE CAUZATE DE FACTORI NATURALI (CLIMĂ, RELIEF, ALCĂTUIRE LITOLOGICĂ)

Terenul reprezintă o întindere de pământ delimitată, cu sau fără o destinație specială, caracterizată prin formă, suprafață, extindere, notă de bonitate, cost, mod/categorie de folosință.

Sub aspect al proceselor de degradare prezintă interes modul și categoriile de folosință. În funcție de modul de folosință terenul poate fi: agricol, sportiv, intravilan, extravilan. În funcție de categoriile de folosință terenul agricol reprezintă o suprafață de teren arabil, pașiști permanente și culturi permanente (vii, livezi, plante etero-oleaginoase/medicinale etc.).

Indiferent de tipul terenului, baza acestuia este solul. În acest context degradarea terenului se confundă cu degradarea solului.

Solul este formațiune istorico-naturală care s-a format de-a lungul anilor prin acțiunea îndelungată și interdependentă a factorilor abiotici (climă, relief, rocă mamă) și biotici (vegetație, faună, microorganisme). Spre deosebire de alte resurse naturale, solul este limitat ca întindere și are caracter de fixitate. Odată distrus, el nu se va mai poate reface așa cum a fost, pentru că nu se pot reproduce condițiile formării lui.

Noțiunea „degradarea solurilor” până în prezent nu are o definiție clară, deși în toate definițiile existente, într-un mod sau altul, sunt incluse procesele de înrăutățire a însușirilor solurilor și calității acestora prin prisma obiectivului obținerii producțiilor agricole.

În cadrul Centrului Științific European (or. Venghengheim, Olanda) în 1988 a fost promovată definiția conform căreia „Degradarea solurilor reprezintă totalitatea proceselor naturale și antropice cauzate de activitatea umană, care reduc capacitatea solului de a întreține viața oamenilor”. În cadrul acestei definiții în calcul sunt luate doar consecințele degradării, dar nu sunt elucidate procesele care le determină.

În îndrumarul „Metodica opredelenia razmerov uşcerba degradații pociv i zemeli” (Roscomzem, 1994) degradarea solurilor se consideră totalitatea proceselor naturale și antropice, care conduc la modificarea funcțiilor solului, înrăutățirea cantitativă și calitativă a alcătuirii însușirilor acestora și valorii natutal-ecnomice a terenurilor. Și în cadrul acesteia atenție mai multă se acordă consecințelor degradării, deși este menționată și modificarea funcțiilor solului.

М.И. Герасимова și coaut. (2000) au definit degradarea solurilor prin prisma funcționării sistemului solului: „Degradarea solurilor – modificarea funcționării sistemului solului, și/sau însușirilor și structurii fazei solide a solului și/sau funcției reglatoare a solurilor, iar ca urmare abateri de la normele ecologice și înrăutățirea parametrilor importanți pentru funcționarea biotei și omului”. În opinia lui А.Ф. Чернигин și coaut. (2016) această definiție poate fi considerată drept cea mai reușită, dar formularea complicată implică dificultăți în utilizare.

И.И. Карманов și Д.С. Булгаков (1998) consideră că „Degradarea solurilor reprezintă procese de modificare a însușirilor și regimurilor naturale, care conduc la modificarea funcțiilor solului ca element al sistemelor ecologice și fertilității solurilor”.

И.А. Крупеников consideră că „Degradarea solurilor reprezintă înrăutățirea oricăror funcții biosferice-ecologice ca urmare a accelerării, reducerii intensității, modificării sensului proceselor elementare” (Крупеников, 2008).

În dezvoltarea conceptului, considerăm că degradarea solurilor/terenurilor este un proces inerent utilizării agricole a acestuia.

Prin această prismă de idei, degradarea solului (terenului) reprezintă efectul cumulat al acțiunii factorilor și proceselor naturale și antropice asupra resurselor de sol/funciare și implică o varietate de procese cu impact direct și indirect a căror efect cumulativ este afectarea-modificarea potențialului de resurse a ecosistemului solului materializat în funcțiile sale ecologice, biogeocenoze, agroecosistemice, hidrologice și hidrofizice.

Cauzele degradării solului sunt fie naturale, fie legate direct sau indirect de activitatea omului. În acest context propunem de a distinge 3 grupe de procese de degradare a solurilor:

- a) procese naturale – determinate de factorii naturali;
- b) procese naturale intensificate prin impact direct de factorul uman;
- c) procese antropice induse direct de factorul uman.

Procesele naturale care duc la degradarea solurilor sunt procesele de modelare a reliefului, care se desfășoară cu mai multă putere decât pot avansa procesele pedogenetice. Acestea sunt: eroziunea, alunecarea, curgerea, solifluxiunea, prăbușirea și, într-o măsură mai mică, aluvionarea și coluvionarea. Acestea le revine rolul decisiv în modelarea suprafeței scoarței terestre. În același timp, lor le revine un rol extrem de important în asigurarea unui șir de funcții biosferice de importanță globală:

- asigurarea circuitului carbonului la scara geologică a timpului și stabilității relative a climatoferei la scara pedogenetică și geologică a timpului;
- asigurarea unui dezechilibru permanent al carbonului în sistemul sol  $\longleftrightarrow$  factori pedogenetici și continuitatea unidirecționată a procesului de humificare și a fluxului reciproc permanent de carbon și azot în sistemul pedosferă  $\longleftrightarrow$  atmosferă, asigurându-se stabilitatea relativă a conținutului de azot și de carbon în atmosferă;
- întinerirea permanentă a substratului mineral și asigurarea continuității procesului de pedogeneză care asigură existența biosferei (Gh. Jigău, 2009).



Fig. 1. Proces de eroziunea a reliefului solului sub acțiunea apei (eroziune acvatică)



Fig. 2. Proces de eroziunea a reliefului solului sub acțiunea vântului (eroziune eoliană)



Fig. 3. Alunecare de teren



Fig. 4. Salinizarea suprafeței solului ca rezultat al irigației nechibzuite

În acest context, înfățișarea solului este exigentă la influența proceselor de modelare a reliefului, astfel, pe povârnișuri, sub un covor vegetal material, neinfluențat sensibil de om, au loc deplasări ușoare de material, o eroziune foarte slabă, care nu influențează vizibil profilul solului.



Același lucru se petrece și pe suprafețele orizontale, unde au loc depuneri neînsemnate de material, care se înserează pe nesimțite în sol, ceea ce face ca nici aceasta să nu sufere modificări însemnate. Dar starea aceasta, echilibrată, nu este generală, din contra, pe întinderi mari, solul fie că este deplin format, fie că este în decurs de formare, este supus unor procese degradative intensive. Ultimele demarează din momentul în care intensitatea proceselor de modelare a reliefului se desfășoară cu mai multă putere decât pot avansa procesele pedogenetice.

Procesele naturale intensificate prin impact direct de factorul uman sunt procesele intensitatea cărora în regim natural nu depășesc puterea proceselor pedogenetice și au caracter progresiv unidirecționat: dehumificarea, dehumusierea, destructurarea, dezargilizarea, dedetrificarea, compactarea, eroziunea eoliană (deflația) ș.a.

Procesele induse direct de factorul uman sunt procesele cauzate de impactul direct al factorului uman asupra solului în calitatea acestuia de mijloc de producere în agricultură: prăfuirea structurii, poluarea, salinizarea și solonițizarea secundară, epuizarea, obosirea solurilor, devegetarea.

În tabelul 1 sunt prezentați factorii și formele de degradare a solurilor agricole din Republica Moldova.

*Tabelul 1. Factorii și formele de degradare a solurilor agricole din Republica Moldova (Program național complex de sporire a fertilității solurilor, Chișinău, Pontos, 2001, 117 p.)*

Nr. d/o	Factorii și formele de degradare a solurilor	Suprafața agricolă afectată, mii ha	Prejudiciile, mii dolari SUA	
			anual	ca rezultat al distrugerii complete a solurilor
1	Eroziunea cu apa	839,7	221365	-
2	Alunecări de teren	81,0	-	-
3	Distrugerea completă a solurilor de ravene	8,8	7622	370594
4	Compactarea completă a solurilor arabile	2183,0	39730	-
5	Sărăturarea lăcoviștilor pe pante și în depresiuni	20,0	3640	-
6	Sărăturarea solurilor aluviale și lăcoviștilor aluviale	99,0	5405	-
7	Solonețizarea solurilor automorfe	25,0	1820	-
8	Dehumificarea	1037,0	18873	-
9	Asigurarea slabă și foarte slabă cu humus mobil	785,0	28574	-
10	Degradarea solurilor ca rezultat al irigației (sărăturarea, compactarea, etc.)	12,8	699	-
11	Alți factori și forme de degradare	1758	108751	2947910
	TOTAL	2557	436479	3318504

### 1.1.1. Eroziunea hidrică

#### 1.1.1.1. Eroziunea prin șiroire: factorii care o favorizează, prejudicii economice și ambientale

##### Eroziunea solului – definiție și clasificare

Eroziunea solului reprezintă procesul de desprindere și transport al particulelor de sol sub acțiunea apei și aerului (vântului). Rezultatul eroziunii este distrugerea parțială sau totală a solului sau o modificare a învelișului de sol. Fenomenul de eroziune este un proces distructiv pentru sol, întrucât este spălat stratul superficial al profilului celui mai bogat în humus și, în consecință, are loc reducerea fertilității și degradarea funcțiilor ecologice, biogeocenoze, agroecologice, hidrologice și hidrofizice ale acestuia.

În funcție de factorii care determină eroziunea, aceasta poate fi:

- eroziune de apă, pluvială sau hidrică;
- eroziune eoliană sau deflație.

În funcție de viteza desfășurării eroziunii, aceasta se clasifică în:

- eroziune naturală (geologică);
- eroziune accelerată (actuală, antropogenă).

Eroziunea naturală este un proces lent, unde agentul eroziv acționează într-o măsură foarte redusă, datorită unui echilibru biologic existent în ecosistemul respectiv între fenomenele de acumulare și cele de desprindere. Acest fenomen a determinat modelarea scoarței terestre. În cazul eroziunii naturale, procesele normale de acumulare a materiei organice nu sunt influențate.

Eroziunea accelerată este rezultatul acțiunii necontrolate a activității umane asupra mediului, prin defrișări, exploatarea suprafețelor cu pericol potențial de eroziune, fără a aplica măsuri antierozionale specifice, pășunatul excesiv etc.

Eroziunea accelerată se desfășoară pe două planuri:

- eroziune de suprafață;
- eroziune de adâncime.

##### Eroziunea de suprafață

Acest tip de eroziune afectează areale extinse, fiind rezultatul scurgerilor provenite din precipitații și topirea zăpezilor, care desprind și antrenează particulele de sol în firele de vale, iar de aici – în afara suprafeței de formare a solului. Eroziunea de suprafață nu este sesizată decât în momentul când agentul de eroziune a reușit să spele și să transporte o parte sau întreg stratul humifer, iar solul își schimbă culoarea, la suprafață fiind scos orizontul de tranziție B sau chiar cel de tranziție la roca mamă (BC). În cazul când este spălat întreg stratul pedogenetic activ, la suprafață este scos stratul de rocă mamă.

Forme ale eroziunii de suprafață sunt șiroirile și rigolele, acestea putând afecta întreg orizontul afânat sau arat.

Șiroirile sunt firisoare de apă care lasă șanțulețe cu adâncimea de 10-20 cm și lățimea de până la câteva zeci de cm.

Rigolele pot avea adâncimea până la 20-50 cm, în funcție de profunzimea stratului și de forța erozivă a apei.

Șiroirile și rigolele cu adâncimea de până la 30 cm pot fi înlăturate chiar la prima lucrare a solului. Rigolele mai adânci necesită lucrări repetate.

Intensitatea eroziunii de suprafață se apreciază în baza grosimii stratului erodat sau a cantității de humus spălat.

Tabelul 2. Criterii de evaluare a gradului de erodare a cernoziomurilor

Criteriul	Grad de eroziune				
	Neerodat	Slab erodat	Moderat erodat	Puternic erodat	Foarte puternic erodat
Reducerea grosimii stratului A+B, % din starea inițială	<3	3-25	26-50	51-75	>75
Reducerea rezervelor de humus în stratul A+B, % din starea inițială	<10	11-20	21-40	41-80	>80

Pentru identificarea gradului de eroziune în teren se recomandă gradația prezentată în tabelul următor.

Tabelul 3. Criterii de identificare a gradului de erodare a cernoziomurilor în teren

Gradul de erodare	Criterii de evaluare		
	Indicii morfologici ai orizontului superior	Trăsături morfometrice	Caracteristici ale suprafeței terenului
Neerodat	Culoare neagră cu nuanță cenușie. Structură grăunțoasă-bulgăroasă-prăfoasă	Grosimea stratului Aar1+Aar2 alcătuiește cca 40 cm	Suprafață omogenă fără șiroiri sau rigole
Slab	Culoare neagră-cenușie. Structură bulgăroasă-grăunțoasă cu elemente structurale prăfoase (<0,25 mm) și >10 mm	Este spălată cca 1/2 din grosimea stratului Aar1+Aar2 (orizontul Am)	Se atestă șiroiri mici (adâncine <5 cm). Pe suprafața solului se atestă o pudră ușoară, nisipoasă
Moderat	Culoare cenușie cu nuanță brună. Structură bulgăroasă cu elemente grăunțoase și >10 mm. Conținutul fracțiunii <0,25 mm până la 2,5%. Hidrostabilitate agregatică medie	Este spălat în întregime orizontul Am	Șiroiri <10 cm, frecvență medie a șiroirilor. După ploii se formează o crustă ușoară, de culoare deschisă, nisipoasă, fragilă
Puternic	Culoare brună cu nuanță cenușie. Suprafață bulgăroasă-nuciformă-bolovănoasă, ușor fragilă	Este spălat în întregime orizontul B1 și mai mult de 1/2 din orizontul B2	Șiroiri 10-20 cm. Frecvență mare a șiroirilor. Rigole >20 cm. Suprafața terenului neomogenă
Foarte puternic	Culoare galbenă. Structură foarte puțin stabilă	Este spălat în întregime orizontul B (B1+B2). La suprafață se dezgolește orizontul de tranziție (BC) sau chiar roca mamă (Cca)	Șiroiri adânci. Rigole adânci

Eroziunea, prin esența sa, este un proces natural, care își are originile în preistorie, adică în perioada de până la apariția omului.

Atunci când solul încă nu era cultivat și era acoperit cu vegetație naturală, eroziunea produsă de factorii naturali avea un caracter firesc și, în cel mai rău caz, moderat. Pierderile unor cantități mici de sol se compensau în permanență în cadrul procesului continuu de formare a solului. Acest echilibru s-a păstrat în spațiul nostru până la sfârșitul secolului XIX. Dovadă este că în documentele scrise în a doua jumătate a secolului XIX nu se atestă informații despre eroziune și „soluri spălate” (erodate).

Eroziunea solurilor a demarat odată cu devegetarea terenurilor (defrișarea/destelenirea), perturbarea stabilității segmentului superior al profilului solului și reducerea capacității solului de a înmagazina apa provenită din precipitațiile atmosferice, îndeosebi a celor torențiale de lungă durată.

Gradul de dezvoltare a eroziunii solului depinde de cantitatea și regimul precipitațiilor atmosferice, relief, caracterul suprafeței terenurilor în pantă, proprietățile solului (alcătuirea profilului, alcătuirea granulometrică, alcătuirea structural-agregatică, densitatea aparentă, porozitatea, stabilitatea agregatică), permeabilitatea și capacitatea pentru apă.

Cca 75-80% din cantitatea totală de precipitații atmosferice cad în perioada aprilie-octombrie. Din acestea, doar ceva mai mult de 1/3 sunt „ploi agronomice” cu intensitate mică. Apa provenită din acestea se consumă la formarea rezervelor de apă productivă în sol și nu produc eroziuni vizibile, chiar și pe versanți. Alte cca 2/3 din precipitații poartă caracter torențial și se numesc „ploi erozionale”, deoarece perturbază stabilitatea segmentului superior al profilului solului.

Picăturile mari de apă formate în timpul ploilor torențiale dispun de energie cinetică mare și prin forța lor dinamică distrug, mărunțesc, dispersează agregatele de sol, colmatează porii agrega-

tici și cei interagregatici. Aceasta conduce la formarea unui strat puțin permeabil la suprafața solului și reducerea infiltrației apei în acesta și formarea scurgerilor superficiale. Cu cât este mai mare durata precipitațiilor torențiale, cu atât sunt mai mari scurgerile de apă și intensitatea eroziunii.

În acest context trebuie să se țină cont, că începând cu anii 80 ai secolului trecut a sporit considerabil torențialitatea precipitațiilor și, practic, nu se mai atestă „ploi agronomice”. În același timp, ca urmare a intensificării agriculturii s-a redus considerabil stabilitatea stratului arabil și s-a constituit stratul agrogen, în cadrul căruia clar se conturează stratul arabil puțin coeziv și cel subarabil (talpa pugului) puternic compactat-consolidat. Ultimul reprezintă o barieră fizică cu permeabilitate pentru apă și conductivitate hidraulică foarte mică. Ca urmare, apa provenită din precipitații supraumezește stratul arabil, acesta devenind slab rezistent la eroziune. Acesta este unul din principalii factori care a favorizat intensificarea eroziunii de suprafață în ultimii ani.

În țara noastră cca 4/5 din teritoriu se caracterizează cu „energie a reliefului” puternică, dat fiind că reprezintă pante cu înclinația peste 1° (grad). Pantele cu înclinația de la 2 până la 6 grade constituie 37%, iar celor cu înclinația peste 6 grade le revin cca 20%. Predominarea pantelor favorizează scurgerile de suprafață și eroziunea solului (Tabelul 4) și pierderile de sol și humus (Tabelul 5).

Tabelul 4. Relațiile dintre eroziunea solului și caracteristicile reliefului

Gradul de eroziune	Adâncimea bazei de eroziune	Lungimea medie a pantei	Gradul de înclinație a suprafeței (în grade)	
	în metri		peste 2	peste 4
Nesemnificativ	<50	<300	<20	<5
Slab	50-70	300-500	20-40	5-10
Moderat	70-100	500-700	40-50	10-20
Puternic	100-150	700-1000	50-70	20-25
Foarte puternic	>150	>1000	>70	>25

Tabelul 5. Conținutul și pierderile de humus, % în stratul 0-50 cm

(1 – cantitatea medie; 2 – procent de pierderi în raport cu etalonul). (Krupenicov, Constantinov, 2000)

Tipul și subtipul de sol	Etalon, %	Soluri					
		Slab erodate		Moderat erodate		Puternic erodate	
		1	2	1	2	1	2
Cernoziom carbonatic	3.37	2.40	28	1.75	48	1.03	69
Cernoziom tipic slab humifer	3.47	2.65	21	1.94	44	1.01	62
Cernoziom tipic moderat humifer	3.74	3.11	17	2.93	39	1.50	60
Cernoziom levigat	3.40	2.84	16	2.01	38	1.22	64
Valori medii pentru cernoziomuri	3.52	2.75	20.5	1.98	42.0	1.10	64
Cenușiu molic	2.49	2.02	20	1.48	40	0.87	65
Cenușiu tipic	1.82	1.55	16	1.35	25	0.72	60

Din datele tabelului 5 constatăm că valorile medii 20.5, 42.0 și 64% ale pierderilor de humus în comparație cu etalonul indică existența unui nivel foarte înalt de degradare cauzat de eroziunea solurilor. Aferente pierderilor de humus sunt și pierderile de azot, căruia îi revin cca 5% din componența humusului.

Conform rezultatelor studiilor pedologice, suprafața solurilor erodate s-a majorat pe parcursul ultimilor 55 ani cu 248 mii ha (de la 594 mii ha până la 878 mii ha în prezent). Concomitent s-a redus și fertilitatea acestora: cu 20% a solurilor slab erodate; cu 20-40% a celor moderat erodate; cu 40-60% a celor puternic erodate; cu 60-80% a celor foarte puternic erodate (Eroziunea solului, 2004).

Prejudiciul cauzat economiei naționale de eroziunea solurilor este enorm. Pierderile anuale de sol fertil constituie 26 mln tone, ceea ce echivalează cu distrugerea a 2000 ha de cernoziomuri cu profil întreg și nota de bonitate de 100 de puncte. Această cantitate de sol fertil conține: humus – 700 mii tone; azot – 50 mii tone; fosfor – 34 mii tone; potasiu – 597 mii tone. Costul solului spălat pornind de la prețul normativ al acestuia (1 ha = 926496 lei) alcătuiește aproximativ 1 mlrd 850 mln lei. Pierderile indirecte, exprimate în producție agricolă prezintă valori stabile care se repetă an de an. Producția agricolă ratată din cauza eroziunii solurilor constituie 525 mii tone de unități nutritive pe terenurile arabile și 57 mii tone de fructe și struguri pe terenurile cu plantații pomiviticole. Costul recoltelor ratate alcătuiește 873 mln lei. Per ansamblu, pierderile anuale directe și indirecte în urma proceselor de eroziune constituie 2 mlrd 723 mln lei.

Cercetările noastre au arătat că în procesul eroziunii și pe măsura sporirii gradului de erodare a solurilor se agravează dezastruos proprietățile fizice și hidrofizice ale solurilor: structura, porozitatea, permeabilitatea pentru apă și conductivitatea hidraulică, capacitatea pentru apă și de conservare a acesteia, gradul de mobilitate și de accesibilitate a apei. Cu cât solul este mai erodat, cu atât el se supune mai ușor eroziunii, sporesc scurgerile superficiale și evaporarea fizică. În acest caz, în solurile erodate, chiar și în anii climaterici favorabili, se atestă deficit de apă materializat în „seceta erozională” pe parcursul perioadei de vegetație. În cernoziomurile puternic și foarte puternic erodate însușirile fizice și hidrofizice prezintă valori identice cu cele ale stratului de rocă mamă.

Modificări semnificative suferă și biota solului – totalitatea nevertebratelor (mezofauna) și microorganismelor (microfauna). Numărul de râme în stratul 0-25 cm per m<sup>2</sup> se reduce de la 58 în cernoziomurile slab erodate până la 30 în cele moderat erodate și la 16 în cele puternic erodate. Numărul bacteriilor în cernoziomurile puternic erodate se reduce, comparativ cu cele neerodate, cu 50%, iar „respirația solului” (emisii de dioxid de carbon) se reduce cu 60%.

Un indice integrator al evoluției solurilor erodate este funcționalitatea acestora materializată în funcțiile ecologo-biosferice/ecosistemice ale învelișului de sol. Principala este cea energetică, care pornește de la faptul că în materia minerală și cea organică a solurilor este concentrată energia internă a acestora, care se exprimă în miliarde de calorii (conform lui И.А. Крупеников (2008), cantitatea acesteia în cernoziomurile din Moldova echivalează cu 400 mln de tone de cărbune de cox). Eroziunea slabă conduce la pierderea a 25% din astfel de energie. Solurile moderat erodate au pierdut cca 35%, iar cele puternic erodate – mai mult de 50%.

În mod asemănător se modifică funcția bioproductivă. Dacă se compară bioproductivitatea cu grosimea orizontului humuso-acumulativ „A”, se constată o corelație pozitivă, respectiv cu cât se micșorează orizontul „A”, cu atât bioproductivitatea finală scade. Când orizontul humuso-acumulativ „A” este îndepărtat în întregime, practicarea tehnologiilor bazate pe fertilizarea minerală nu mai este rentabilă. Terenul poate fi, relativ, eficient utilizat în cadrul unor agroecosisteme intens biologizate. În situația când este parțial erodat orizontul B1, este necesară practicarea unor tehnologii resursoreproductive orientate pe reproducerea lărgită a resurselor biologice ale solului. În acest context nu susținem insistența „ecologiștilor” de a scoate aceste soluri din folosință. Aceasta ar conduce la aprofundarea gradului de degradare a solurilor și dezechilibrarea accelerată a agrolandșaftelor. Din contra, practicarea tehnologiilor resursoreproductive orientate contribuie atribuirii unui sens progresiv orientat proceselor de formare și acumulare a humusului și celor de restabilire a organizării structural-funcționale.

De degradarea profilului humifer al solurilor erodate este, indispensabil, legată degradarea funcției hidrologice a solurilor asigurată de alcătuirea structural-agregatică și însușirile hidrofizice ale acestuia (permeabilitatea și capacitatea pentru apă, conductivitatea hidraulică, reținerea, depozitarea, conservarea apei în sol și consumarea ei la evapotranspirație). Aceasta conduce la reducerea scurgerilor superficiale, dar și a evaporației fizice. Eroziunea conduce la degradarea profilului hidrologic al solurilor, reducerea semnificativă a cantităților de apă încadrate în circuitul mic biogeochimic al apei și sporirea cantităților de apă încadrate în circuitul mare geologic al

apei. Cercetările noastre au arătat că modificările specificate se realizează din contul rezervelor de apă productivă. Ca urmare, degradarea funcției hidrologice se materializează în intensificarea „secetei erozionale”. Acumularea, în timp, a efectelor acestora conduce la aridizarea masivelor agricole supuse eroziunii. Pierderile medii sistematice de recolte constituie 25-35% în funcție de cultură și condițiile climaterice ale anului. În plus, sporește semnificativ vulnerabilitatea unor atare masive la secetă, temperaturile mari și alte fenomene de climă severă induse de schimbările climaterice. În acest sens, atragem atenția că pe măsura intensificării eroziunii sporește gradul de necorespondere a solurilor condițiilor climaterice induse de actualul trend al climei. Prin urmare, considerăm că implementarea eșalonată a măsurilor complexe de reducere a intensității proceselor de eroziune și de restabilire ecologică a masivelor agricole afectate de eroziune este un prim pas în conformarea sistemelor agricole practicate la schimbările climaterice.

Eroziunea afectează esențial circuitul biogeochimic al macro- și microelementelor biofile.

Conform cercetărilor lui A. Donos, pierderile anuale de fosfor, potasiu, calciu și sulf sporesc odată cu sporirea gradului de eroziune a solurilor (Donos, 2004).

Tabloul 6. Pierderile anuale de elemente nutritive ca rezultat al proceselor de eroziune din solurile plantațiilor viticole (Donos, 2004), (kg/ha)

Specificare	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	SO <sub>3</sub>
Sol slab erodat	33	29	326	318	71
Sol moderat erodat	31	36	397	407	82
Sol puternic erodat	24	40	493	641	91
Media	29	35	405	455	81

Conform lui E. Filiche și coaut., modalitățile prin care se pierd aceste elemente sunt diferite:

- prin intermediul solului erodat, care contribuie la deplasarea acestor elemente pe versanți și depunerea la baza versantului, în lunci sau în acumulări, în funcție de puterea de transport a agenților erozivi, odată cu materialul solid transportat;
- pierderi de elemente odată cu apa scursă la suprafața solului, aceste pierderi fiind direct proporționale cu solubilitatea și cantitatea elementului în sol;
- deplasarea acestor elemente pe profilul solului prin intermediul apei infiltrate în sol.

И.А. Крупеников și И.С. Константинов (2000) constată că solurile slab erodate pierd 6-8% din rezervele de fosfor, iar din cele puternic erodate se pierd de la 33 până la 50% din rezervele inițiale ale fosforului. În același timp, autorii citați constată că în cazul cernoziomurilor carbonatice puternic erodate acestea pierd cca 28% din rezervele de microelemente fiziologic importante, iar cernoziomurile levigate pierd cca 26% din rezervele respective.

#### 1.1.1.2. Ravenarea: factorii care o determină, prejudicii economice și ambientale

Ravenarea este produsul eroziunii în adâncime (liniară) și este determinată de scurgerile concentrate, acestea antrenând cantități mari de pământ, afectând în acest fel chiar și formațiunile geologice de profunzime, intersectând și scoțând la zi pânza de apă freatică.

În funcție de stadiul de evoluție, formațiunile eroziunii în adâncime sunt:

- Ogașul – formă mai avansată din punct de vedere al adâncimii și lățimii decât rigola. Poate atinge adâncimea de 2 m, iar în secțiune transversală se prezintă sub forma literei V. Panta longitudinală a fundului ogașului este egală cu panta versantului.
- Ravena reprezintă formațiunea cea mai dezvoltată a eroziunii de adâncime. Aceasta se caracterizează printr-o adâncime mare de 20-30 m și o lățime de 40-50 m, iar panta longitudinală este diferită de panta versantului, aceasta fiind influențată de etapa de dezvoltare și de natura depozitelor geologice.
- Torentul este o formă avansată a eroziunii de adâncime, aceasta fiind un curs de apă format în urma ploilor torențiale sau a topirii zăpezii. Torentul este specific zonelor colinare. În spațiul nostru mai frecvent este activ în cazul unor precipitații torențiale >50-70 mm.

Ravena parcurge diferite stadii care sunt influențate de evoluția fundului acesteia, astfel:

- etapa de tinerețe, când ravena este în stadiul incipient, are dimensiuni reduse, iar malurile sunt în formă de V;
- etapa de maturitate, se caracterizează printr-un proces de eroziune intens, obârșia ravenei înaintază cu o viteză accentuată în lungime, iar fundul acesteia tinde către panta de compensație, când începe practic să se atingă valoarea pantei de echilibru;
- etapa de îmbătrânire, se caracterizează prin faptul că fenomenul de eroziune se manifestă cu o intensitate mai redusă, în această fază realizându-se un echilibru între elementele consecutive ale ravenei, când se instalează vegetația, iar cu timpul are loc stingerea (auto-eliminarea) formațiunii respective.

Ogașele se formează de cele mai multe ori pe pante cu lungimea de circa 500 m la distanțe de 200-250 m de cumpăna apelor. Lungimea lor în diferite regiuni este în medie de 155 m (în Câmpia de Sud a Moldovei aceasta ajunge până la 300 m). Adâncimea ogașelor poate fi de la 40-60 cm (în Câmpia de Sud) până la 95 cm (în zona centrală a republicii). Distanța dintre ogașe variază de la 15 până la 100 m. În funcție de aceasta se manifestă și gradul de dificultate la executarea lucrărilor. Cea mai densă rețea de ogașe este caracteristică Podișului Central al Moldovei, după care urmează zona de Sud. Zona de Nord se caracterizează prin cea mai mică densitate a ogașelor.

Ravenele sunt un element caracteristic reliefului Moldovei și se divizează în două categorii – de pantă și de depresiune.

Ravenele de pantă sunt amplasate pe pantele văilor râurilor și vâlcelor.

Ravenele de depresiune afectează rețeaua de văi și vâlcele.

Ravenele se mai împart în ramificate și neramificate. Atât cele ramificate, cât și cele neramificate cresc de jos în sus, adeseori formând sisteme complicate. Atât unele, cât și altele pot fi uscate sau umede. Ultimele se caracterizează cu scurgere permanentă din contul stratului acvifer freatic pe care le drenează.

Ravenele distrug solul și omogenitatea învelișului acestuia. Lungimea medie a ravenelor în pantă este de 230 m, iar a ravenelor de depresiune – de 590 m. Lățimea medie variază de la 5 până la 20 m. Circa 1/3 din ravene sunt mici, având o lățime de până la 5 m. În poftida lățimii mici, acestea penetrează solul și rocile așternute până la 10-20 m.

O răspândire mai largă a ravenelor este stabilită în Podișul Central al Moldovei și Dealurile Prenistrene. În câmpia de Nord și cea de Sud a Moldovei ravenele au o răspândire mai restrânsă.

Conform primelor evaluări (1911), suprafața afectată de ravene la acea perioadă alcătuia cca 16314 ha, însumând 10675 de ravene. În cadrul celei de a doua evaluări (1965) s-a constatat că la acea perioadă numărul de ravene alcătuia 41517 (de cca 4 ori mai mare). Suprafața a crescut, însă, doar până la 21473 ha. Aceasta implică concluzia că în perioada 1911-1965 s-au format preponderent ravene mici. Conform calculelor, pe parcursul acestei perioade, odată cu eroziunea liniară din ravenele în fază de formare și de dezvoltare au fost evacuate cca 500 mln m<sup>3</sup> de sol, iar pierderile de humus au alcătuit cca 7 mln tone. În cadrul aceluiași calcul s-a constatat că din cauza ravenelor anual sunt scoase din circuit cca 1000 ha de terenuri, iar volumul de sol înstrăinat alcătuiește 10-15 mln m<sup>3</sup>.

Procesele de ravenare conduc la sporirea gradului de dezmembrare erozională și drenare naturală a terenurilor. Drept urmare, terenurile puternic ravenate se caracterizează printr-un nivel adânc al pânzei freactice – mai frecvent sub 10 m (Gh. Jigău, 2000).

În condițiile când în regiune ascensiunea capilară nu depășește 4,0-4,5 m, se reduce considerabil ponderea franjului de apă capilar sprijinită în constituirea regimului de apă al solurilor. Totodată, de cca 1,5-2 ori sporește grosimea stratului fiziologic mort, în cadrul căruia umiditatea se instaurează în intervalul CO-CH (coeficient de ofilire – coeficient de higroscopicitate), linia superioară a acestuia afectând deja stratul pedogenetic activ. Ca urmare, chiar și în anii climaterici favorabili, rezervele de apă în soluri se instaurează în intervalul URC-CO (umiditatea de întrerupere a continuității capilare – coeficient de ofilire).

În anii secetoși acestea nu depășesc 0,3-0,4 CC (capacitatea de câmp pentru apă). Astfel în solurile terenurilor puternic ravenate se instaurează un regim de umiditate specific, trăsătura de bază a căruia este gradul redus de mobilitate și de accesibilitate a apei. Ca urmare, productivitatea acestora se reduce cu 40-60%.

Materialul erodat-deluvial se depune în albiile minore și majore ale râurilor sau în bazinele acvatică. Ca urmare, are loc eutrofizarea acestora. Ravenele distrug destul de frecvent construcțiile și căile de comunicare. Când ravenele și ogașele sunt dense și ramificate, acestea lasă între ele suprafețe neerodate, dar aceste suprafețe sunt inaccesibile mașinilor agricole și întreg terenul devine nepretabil pentru agricultură.

În prima fază a eroziunii în adâncime și de suprafață, solul erodat este depus la baza versanților sub formă de aluviune în luncile văilor. Solul depus sporește grosimea orizontului „A” al aluviunii și fertilitatea se mărește.

În faza finală a fenomenului de eroziune, sunt deplasate de pe pante în văi materiale inerte provenite din erodarea rocii-mamă. Solul văilor este acoperit cu un strat din ce în ce mai gros din astfel de materiale și făcut astfel impropriu culturii agricole, deci distrus și el. Când roca erodată are o cantitate mare de săruri, cum este cazul cu argilele neogenice moderat salinizate, terenul aluvionar din luncă, prin depunerea materialului provenit din roca așternută, devine sărătuș și impropriu pentru cultura agricolă dacă nu se iau măsuri speciale de ameliorare. Pe pante, apa de precipitații se scurge foarte repede la suprafață sau prin făgașe, ogașe, ravene. Ea nu se mai infiltrează în adâncime, alimentarea stratului de apă freatic încetează, nivelul apei în fântâni scade, izvoarele seacă, regiunea lipsită de apă devine aridă. Debitul râurilor devine extrem de neregulat. În perioada ploilor sau topirii a zăpezilor debitul crește considerabil, râurile provoacă inundații.

### 1.1.2. Alunecările de teren: forme, prejudicii economice și ambientale

Alunecările de teren sunt definite atât ca proces de deplasare a unor mase de roci pe versanți, cât și ca formă de relief rezultativă.

Alunecările sunt considerate deplasări gravitaționale rapide sau lente ale maselor de materiale pe versanți sub influența umectării intense a rocilor și materialelor de pantă, precum și datorită ruperii echilibrului dintre forța de gravitație și forța de frecare internă a maselor de roci.

Formarea alunecărilor presupune pătrunderea apei în substrat (în perioadele ploioase) până la un strat impermeabil de roci reprezentate prin argile sau marne, pe care îl umectează puternic și, astfel, îi impune funcția de „pat de alunecare”. Ca urmare a umectării rocilor impermeabile, pe suprafața „patului de alunecare” se formează o pastă argiloasă/mărnoasă care joacă rolul de lubrifiant în procesul de alunecare.

Declanșarea alunecărilor de teren este favorizată de o serie de condiții, factori și cauze, dintre care menționăm:

- Caracteristicile substratului geologic: alcătuirea, natura litologică și stratificația; alternanța de straturi permeabile și impermeabile; prezența rocilor argiloase care prin umezire devin plastice și au coeziune foarte scăzută; gradul de fisurare etc.
- Relief: panta (gradul de înclinare); configurația și lungimea versantului.

Cu referință la factorul geomorfologic С.С. Орлов și Т.И. Устинова constată că alunecările de teren se produc în regiunile deluroase, unde în alcătuirea geologică alternează straturi de roci permeabile (luturi nisipoase, nisipuri fine), potențial acvifer și straturi de roci impermeabile (argile preponderent fine). Straturile acvifere, așternute de argile impermeabile, amplasate deasupra bazelor locale de eroziune, adeseori pot conduce, în anumite condiții, la dezechilibrarea versanților și producerea alunecărilor de teren (Орлов, Устинова, 1969).

- Umiditatea: apele de infiltrație, apele meteorice, provenite din ploi lente de lungă durată, apele subterane care slăbesc coeziunea rocilor.
- Factori climato-meteorologici – precipitațiile sub orice formă, temperatura, fenomenul de îngheț-dezghet, acțiunea vântului, seceta etc.

Dintre toți acești factori, precipitațiile, fie sub formă de apă, fie sub formă de zăpadă, sunt responsabile pentru provocarea celui mai mare număr de alunecări de teren. Apa rezultată în urma acestui fenomen ajunge să se infiltreze în teren, influențând debitul și sensul de curgere a pânzei freatică, cu urmări nefaste asupra stabilității terenurilor aflate în pantă. Spre exemplu, în argilele tari și omogene, forțele care apar ca urmare a infiltrației apei provoacă formarea unor planuri de alunecare la adâncimi foarte mari. Acest lucru este datorat reducerii efortului efectiv normal provocat de infiltrarea apei sau de forțele ascensoriale, facilitând creșterea de volum în lungul planului de alunecare, chiar dacă greutatea stratului superior este mai mare.



- Factori mecanici naturali – sunt deosebit de variați și sunt în corcondanță cu zona geografică a amplasamentului care prezintă potențial de alunecare.

Din categoria acestor factori fac parte eroziunea, sufozia, cutremurile de pământ, avalanșele, modificarea proprietăților fizico-mecanice, reducerea mineralizării apei din pori, ridicarea nivelului apei.

Alunecările datorate eroziunii bazei versanților se propagă de jos în sus, de la baza versanților spre partea superioară fiind combinate de multe ori cu procese de prăbușire (alunecări delapsive).

- Factori biotici – prezența sau absența vegetației; dezvoltarea microorganismelor care pot conduce la transformări chimice, cu posibilitatea apariției de potențial electric între straturi și creșterea presiunii gazelor din pori și natura vegetației.

Din numărul factorilor antropogeni fac parte factorii care depind strict de interacțiunea omului cu mediul: activitățile de excavare necontrolată, scurgerile de apă din canale, bazine de acumulare, infiltrația din bazinele de acumulare ce conduce la modificarea regimului hidrostatic natural. La modificarea acestuia conduc și lucrările de desfundare pe versanți pentru înființarea plantațiilor pomiviticole.

În această categorie de factori pot fi incluse defrișările necontrolate, dar și arăturile adânci efectuate pe versanți erodați în scopul amenajărilor silvice.

În contextul celor expuse, considerăm că alunecările contemporane sunt pregătite de factorii naturali, dar pot fi și declanșate de diferite activități ale omului, care totuși rămân importante pentru alunecările de teren, ca de altfel pentru toate procesele de versant, cauzele datorate substratului geologic și caracteristicile climatice fiind accelerate de intervenția antropică.

#### Cauzele alunecărilor de teren

Totalitatea fenomenelor ce au loc înaintea declanșării procesului de alunecare și care reprezintă elementele cauzale al sistemului alunecare, de regulă se împart în: potențiale – pregătitoare – declanșatoare – naturale – antropice.

Trebuie spus că între factorii pregătitori și cei declanșatori nu există o delimitare decât de intensitate a acțiunii, primii se constituie în factori de declanșare în momentul acumulărilor cantitative. Precipitațiile atmosferice prin acțiunea îndelungată se înscriu în categoria factorilor pregătitori. Caracterul torențial după perioadele de uscăciune poate declanșa alunecări de mari proporții.

Factorii potențiali sunt grupați în: caracteristici ale substratului geologic; relieful-panta versantului; stadiul evoluției (dinamica de ansamblu) acestuia; umiditatea.

Modificările proprietăților fizico-mecanice ale rocilor în timp geologic sau chiar în timp mai scurt, prin alterare, conduce la modificarea stării de stabilitate. Presiunea apei din pori depinde de nivelul apei subterane și de situația rocilor de excavare. Sub acțiunea apei din pori se reduce rezistența la forfecare a rocilor și implicit cresc forțele de alunecare. Reducerea rezistenței la forfecare se datorează creșterii umidității în jurul suprafeței de alunecare. Pe suprafața de alunecare se formează o pastă argiloasă cu rol de lubrifiant. Grosimea orizontului înmuiat variază între 0,1 și 1 cm la unele argile pliocene și între 1,5-2 cm la alte argile.

În concluzie, rocile poroase, puțin coezive, bogate în coloizi și care au în interiorul lor o serie de crăpături ce favorizează pătrunderea apei, sunt cele mai favorabile alunecărilor. Alternanța acestor roci cu altele determină, de asemenea, un potențial ridicat pentru alunecări.

Relieful, prin declinivitatea sa reprezintă o cauză foarte importantă în deplasarea materialelor pe versant, aceasta fiind determinată de valoarea unghiului de pantă, în strânsă corelare cu alți factori, în special antropici (greutatea construcțiilor, excavarea bazei versantului, defrișări).

Dintre factorii determinanți, declanșatori, cei mai activi sunt cei legați de acțiunea apei sub diverse forme. Precipitațiile atmosferice, prin acțiunea lor îndelungată, se înscriu în categoria factorilor pregătitori. Caracterul torențial după perioadele de uscăciune conduce la declanșarea unor alunecări de teren.

Eroziunea curgătoare exercitată asupra bazei versantului duce, de asemenea, la micșorarea forțelor de rezistență prin subminarea punctelor de sprijin ale faluzelor.

În funcție de domeniul de aplicare, alunecările de teren se clasifică în mod diferit. În perspectiva valorificării și reducerii impactului acestora asupra mediului, în general, și asupra agrolandșaftelor în particular, propunem utilizarea următoarelor criterii:

- 1) după grosimea masei de roci afectate de deplasarea gravitațională în:
  - a) superficiale (cu grosimea masei alunecate 1,5-2,0 m);
  - b) profunde (cu o grosime a masei alunecate de peste 2 m).
- 2) în funcție de forma alunecării:
  - a) alunecări în formă de limbă;
  - b) alunecări în cuib;
  - c) alunecări în valuri;
  - d) alunecări în trepte;
  - e) alunecări strangulate.
- 3) în funcție de gradul de activitate:
  - a) alunecări stabilizate (când alunecările sunt vechi sau chiar străvechi);
  - b) alunecări semistabilizate (când alunecările sunt relativ vechi);
  - c) alunecări active (când alunecările sunt recente și prezintă o mișcare continuă a masei de roci pe suprafața versantului).

Alunecările de teren sunt răspândite pe întreg teritoriul Republicii Moldova, acolo unde există versanți cu pantă accentuată, unde sunt prezente depozitele argiloase-nisipoase și orizonturile acvifere subterane, unde regimul precipitațiilor atmosferice generează o umiditate suficientă a versanților. La declanșarea alunecărilor de teren contribuie și gradul de împădurire și înierbare a versanților, șocurile seismice și activitățile antropice.

Conform lui И.А. Крупеников și И.С. Константинов (2000) alunecările ocupă 300-350 mii ha, active fiind aproximativ 49 mii ha.

În prezent, pe teritoriul țării noastre sunt înregistrate peste 16000 alunecări de teren care se deosebesc după mecanismul de deplasare a masei de roci, formă, adâncime, volum, tip genetic. Frecvența alunecărilor de teren depinde de condițiile geologice, caracteristicile versanților și umiditatea solului (Ursu, 2011). Suprafața teritoriilor cu pericol de alunecare alcătuiește cca 670 mii ha.

Cea mai extinsă răspândire și intensitate a alunecărilor de teren este înregistrată în partea cu cea mai mare altitudine și grad de fragmentare a reliefului – Podișul Moldovei Centrale. O dezvoltare intensivă a acestora se atestă și în Câmpia Prutului de Mijloc, Podișul Nistrean și Podișul Tigheci.

Analiza datelor statistice au arătat că cel mai frecvent alunecările de teren au loc în timpul lunilor de iarnă și de primăvară, ca rezultat al creșterii ratelor de precipitații, topire a zăpezilor și saturare a solului cu apă. În ultimii 20 ani 85% din numărul total al alunecărilor au revenit lunilor februarie-mai, 4% – pentru perioada de vară și 9% – pentru toamnă.

Alunecările de teren afectează grav învelișul de sol al terenurilor afectate de acestea. Cercetările în domeniu au arătat că deplasarea maselor de pământ conduce la perturbarea alcătuirii profilului morfologic al solurilor cu formarea de profile deformate cu grosime puternic variată a orizonturilor genetice și a profilelor inversate (stratul de rocă sau orizonturile B2, BCa sunt scoase la suprafață).

Regimul hidric automorf nepercolativ al solurilor este substituit cu regim hidric hidromorf stagnant. Ca urmare, în soluri demarează procese pedogenetice elementare tipice pedogenezei hidromorfe – gleizarea, dolomitizarea carbonaților, formarea secrețiunilor carbonatice. În micro- și mezodepresiunile de la suprafața solurilor stagnează apa provenită din precipitații. Ca urmare, în acestea procesul gleic se realizează chiar de la suprafață. Acesta se asociază cu formarea humusului „hidromorf” și conduce la formarea orizonturilor humuso-acumulative gleice și solurilor humuso-gleice.

În majoritatea cazurilor apele freactice din cadrul alunecărilor sunt mineralizate (conținutul de săruri >1 g/l). Ca urmare, în condiții de regim hidric hidromorf stagnant în soluri demarează procesele de salinizare. În fazele incipiente ale acestora, chimismul sărurilor este sodic și cauzează reținere energetică a sodiului în complexul adsorbativ al solului. Aceasta conduce la peptizarea coloizilor, încât în perioadele umede la suprafața solurilor se atestă solifluxiuni.

O trăsătură specifică a terenurilor afectate de alunecări este extinderea în spațiu pe orizontală a proceselor pedogenetice elementare induse de modificarea regimului hidric al solurilor.

Monitorizarea fenomenului de extindere a pedogenezei hidromorfe începând cu anul 1973 în cadrul unui teren din gestiunea primăriei Pelivan (r-nul Orhei) a arătat că pe parcursul a 43 ani suprafața acestuia a sporit de la 1.38 ha (1973) până la 14.53 ha în 2016, iar structura învelișului

de sol a evoluat de la soluri cernoziomoide slab salinizate slab solonetzizate până la solonchuri hidrice solodizate.

Cercetările multianuale (1988 până în prezent) în cadrul terenurilor din gestiunea Laboratorului Agrobiologic al Universității de Stat din Moldova au arătat că reactivizarea alunecărilor străvechi, ca urmare a destabilizării versantului drept al râulețului Schinoasa (afluent al Ișnovățului), conduce la modificarea regimului hidric al primei terase celui de-al doilea pas terasic cu modificarea sensului procesului de pedogeneză cu constituirea a trei lanțuri evolutive:

- a) cernoziomic tipic moderat humifer adânc efeverscent → sol cernoziomoid moderat humifer adânc efeverscent → sol cernoziomoid moderat humifer adânc efeverscent adânc gleizat;
- b) cernoziom levigat → sol cernoziomoid levigat → sol cernoziomoid levigat adânc;
- c) cernoziom tipic slab humifer moderat erodat → sol cernoziomoid carbonatic → sol cernoziomoid carbonatic gleizat.

Cercetările noastre ne permit să considerăm că alunecările de teren reprezintă nu un simplu fenomen geomorfologic de natură mecanică, ci un factor cu impact semnificativ asupra proceselor pedogenetice din cadrul masivelor afectate de acestea. Totodată, considerăm că acestea, de rând cu eroziunea la scară geologică a timpului, au influențat dinamica sensului și intensității proceselor de evoluție a învelișului de sol din cadrul actualului spațiu al Republicii Moldova.

Alunecările de teren produc mari daune activităților umane, precum și pagube materiale, fapt pentru care sunt încadrate în categoria hazardurilor naturale. Conform Serviciului Protecției Civile și Situațiilor Exceptionale numai în ultimele două decenii costurile economice medii anuale datorate alunecărilor de teren au constituit 9,7 mln MDL, echivalentul a cca 1,3 mln dolari SUA.

Cu regret, la calcularea pagubelor sunt luate în calcul doar daunele care țin de infrastructură. Pierderile economice produse de alunecările de teren în agricultură sunt greu de evaluat. În același timp, este cunoscut faptul că alunecările scot din circuitul agricol masive întregi. În alte cazuri, acestea creează dificultăți în desfășurarea activităților agricole. Pornind de la aceasta, pe terenurile agricole unde persistă pericolul alunecărilor este necesar să fie excluse orice intervenții tehnologice, care pot condiționa diminuarea stabilității terenurilor (desfundarea, construcția de obiecte).

### 1.1.3. Eroziunea accelerată (antropică)

În declanșarea și intensificarea proceselor erozionale, activitatea umană a avut și mai are un rol important, în special, prin stabilirea modului de folosință a terenului, prin structura culturilor agricole pe terenurile arabile, prin sistemul tehnologic la cultivare, lucru atestat de către fondatorul pedologiei naturaliste V.V. Docuceaev încă în 1892.

Activitatea științifică a lui V.V. Docuceaev s-a suprapus, în timp, cu reforma din 1861, care s-a finalizat cu împrăștierea țăranilor cu pământ. Aceasta a presupus cumpărarea „pământului” cu achitarea plăților după 50 ani. Plata era achitată nu de fiecare țăran în parte, ci de „obște” ce presupunea sporirea rolului proprietății colective asupra pământului și, respectiv, arhaizarea formelor de gospodărire. „Jugul” obștei s-a adevărit a fi mai greu decât a celui moșieresc, iar formele de gospodărire au condus la degradarea accelerată a terenurilor/solurilor materializate într-o grea criză ecologică.

Pornind de la tendința de a crea posibilități egale pentru țărani, pământurile cu calitate diferită erau împărțite nu în funcție de numărul de persoane apte de muncă, ci în funcție de numărul de „guri”. Aceasta a stimulat creșterea natalității. Numărul de copii în familiile țărănești creștea de la an la an. Ca urmare, anual se făcea repararea pământului. Ca urmare, toate pământurile erau în folosință temporară. În această situație nu avea rost investirea în scopul sporirii fertilității solurilor, implementarea de noi procedee tehnologice mai eficiente. Ca urmare, a început să scadă în mod accelerat fertilitatea naturală a solurilor și respectiv, nivelul de trai al țăranilor. Cel mai pronunțat aceste fenomene erau în zona cernoziomurilor, care era „grânarul” Rusiei. Cu referință la acea situație Д.И. Люри (1997) scria: „Arăturile „mâncate” de eroziune și epuizate ca urmare a deficitului de îngrășăminte, precum și luncile bătătorite până la epuizare de vaci și cai, se răzbuiau prin reducerea recoltelor de boabe și „căderea” în masă a animalelor”. Ca urmare,

consecințele nu s-a lăsat mult așteptate. Deja în anii 50 ai secolului XIX s-a redus catastrofal productivitatea pășunilor, iar în anii 80 ai aceluiași secol s-au redus catastrofal recoltele de grâne până la 5,7 q/ha și au revenit la nivelul celor de la sfârșitul secolului XVIII. În opinia lui Д. Люри, societatea a ajuns la o situație catastrofală. Aceasta s-a agravat după seceta din 1891, când în partea europeană a imperiului rus au murit de foame peste 60% din populația masculină aptă de muncă. În opinia autorului citat, de aceasta au profitat „revoluționarii”, astfel prinzând rădăcini „dispoziția revoluționară” manifestată în nemulțumirea maselor țărănești.

O analiză reală a situației făcută de V.V. Docuceaev i-a permis acestuia să identifice cauzele reale ale situației, constatând că vina pentru situația creată revine celor care exploatează pământurile. Tot atunci, el ajunge la concluzia că factorul uman devine cel mai important factor de dezvoltare a eroziunii.

Mai târziu, Jan Dorst, renumit ecolog, autor al cărții „Până nu va muri natura”, scria: „e de ajuns să „dezlănțuim” eroziunea ca procesele de distrugere să-și sporească viteza sau să înceapă o autodistrugere specifică a naturii”.

Involuntar, revenim la Programul „Pământ” după „situația revoluționară” din anii 90 ai secolului trecut și constatăm că evinimentele s-au repetat peste o sută de ani, dar la alt nivel. Aceasta ne permite să conchidem că în anii 90 ai secolului trecut degradarea solurilor în general și eroziunea, în special, s-au „dezlănțuit” cu adevărat și au căpătat proporții amenințătoare, materializându-se în „eroziunea agricolă/antropogenă/accelerată”.

Conform lui И.А. Крупеников și И.С. Константинов (2000) în spațiul nostru se dezvoltă mai multe tipuri de eroziune antropogenă:

- agricolă, provocată de cultivarea terenurilor;
- de pășunat, determinată de exploatarea excesivă a pășunilor;
- comunală, cauzată de scurgerea apelor pe străzile în pantă din localitățile rurale. Un pericol foarte mare în acest sens reprezintă „torenții” care se răsfrâng asupra terenurilor de pe lângă gospodărie;
- rutieră, care este asemănătoare cu cea precedentă, însă ocupă spații considerabile de-a lungul drumurilor;
- irigațională, provocată de încălcarea regulilor de irigare pe pante.

Pentru terenurile agricole cel mai mare risc îl prezintă eroziunea agricolă și cea de pășunat. Conform calculelor, eroziunea agricolă distruge solurile de 600 ori mai repede decât eroziunea naturală. În acest context, prognoza evoluției solurilor, atât pe plan internațional, cât și pe plan național, scoate în evidență tendințe negative accelerate în starea solurilor agricole, agricultura înscriindu-se printre primele în rândul factorilor care determină eroziunea accelerată a solurilor. Astfel, agricultura este pe de o parte un factor care generează degradarea, dar este, pe de altă parte și o victimă a degradării provocată de alte activități socio-economice, dar și de ea însăși.

Umanitatea acceptă că agricultura convențională energo-intensivă și greșelile tehnologice agricole sunt cauzele majore ale degradării mediului înconjurător, deși nu pot fi neglijați sau minimizați și alți factori, cel puțin la fel de importanți, cum ar fi: luarea în cultură a unor terenuri forestiere sau pastorale inadecvate folosinței agricole, exploatarea nerațională a fondului funciar, pășunatul excesiv, industrializarea și urbanizarea.

Impactul agriculturii convenționale se manifestă prin acțiunea sa asupra diferitelor resurse ale mediului înconjurător: sol, apă, aer, floră și faună. Solul înregistrează cele mai rapide și intense modificări ca urmare a intervențiilor antropice în agricultură, având consecințe directe și/sau indirecte asupra tuturor celorlalte resurse ale mediului înconjurător, acționând în același timp ca punte intermediară între diferitele componente ale mediului natural.

Considerând că lucrarea solului, ca verigă în managementul solului, va rămâne și în viitor ca o componentă importantă a sistemelor tehnologice agricole de cultivare a plantelor și că progresele vor fi văzute în nivelul de mecanizare, efectele negative pe termen lung asupra diferitelor resurse de mediu urmează a fi luate în considerare în contextul eroziunii antropice.

Acțiunea directă a omului asupra solului prin lucrări agrotehnice este foarte diversă, astfel încât poate implica efecte contradictorii.

Tabelul 7. Factorii antropogeni care favorizează eroziunea agricolă/accelerată

Factorii	Cauze ale eroziunii cu apa
Organizarea teritoriului	Predominarea modelului dreptunghiular de organizare a teritoriului. Suprafața mare a terenurilor agricole cu relief diversificat. Lungimea mare a terenurilor pe versant. Încadrarea în agricultura intensivă a terenurilor cu înclinare >5°. Neamenajarea antierozională a terenurilor în pantă. Fragmentarea fondului funciar.
Lucrările agricole	Arătura deal-vale a terenurilor în pantă, supracompactarea solurilor. Formarea stratului subarabil (talpa plugului). Mărunțirea structurii cu sporirea agregatelor <1 mm. Stratificarea profilului cu formarea stratului arabil slab coeziv susceptibil la eroziune și stratului subarabil (talpa plugului) cu permeabilitate redusă pentru apă. Sporirea gradului de aerație a stratului arabil, mineralizarea intensivă a humusului și reducerea stabilității antierozionale a solurilor.
Asolamentele	Predominarea prășitoarelor în structura culturilor pe versanți. Reducerea suprafețelor ocupate de culturile protectoare. Neadaptarea structurii culturilor la condițiile climaterice ale anului.
Tehnica agricolă grea	Formarea de urme tasate la suprafața solului puțin permeabile, sunt spații care favorizează eroziunea de suprafață. Mărunțirea structurii cu formarea agregatelor <1 mm susceptibile eroziunii. Neomogenizarea spațială a suprafeței terenurilor soldată cu valorificarea neuniformă a apei și eroziunea „mozaică” a terenurilor.
Fertilizarea minerală	Decalcifierea complexului adsorbativ, reducerea conținutului de calciu în complexul adsorbativ soldată cu peptizarea coloizilor organo-minerali. Afecțarea biotei solului responsabilă de agregarea-structurarea masei solului și reducerea rezistenței antierozionale. Reducerea intensității mecanismelor radicular și rizosferic de agregare-structurare a masei solului și, respectiv, a rezistenței solului la eroziune. Reducerea până la minimum a rolului rămelor în pedogeneză, în special, în agregarea-structurarea masei solului și stabilizarea acesteia în relațiile cu apa.
Evacuarea-înstrăinarea recoltei vegetale. Deficitul de surse de humus în sol	Reducerea activității microbiotei și mezofaunei în pedogeneză, agregarea-structurarea masei solului, reducerea stabilității la eroziune. Reducerea cantității de humus proaspăt format și necompensarea cantității de humus consumată la formarea recoltelor soldată cu destructurarea-dezagregarea masei solului și sporirea vulnerabilității la eroziune. Reducerea cantității de substanțe humice proaspăt formate în sol și, respectiv, a proceselor de reproducere a alcătuirii structural-agregative, sporirea vulnerabilității la eroziune.
Sistem de fertilizare neechilibrat	Utilizarea preferențială a fertilizanților minerali și reducerea până la minimum a cantității de îngrășăminte organice (gunoi de grajd, composturi ș.a.). Degradarea accelerată a masei și biodiversității biotei solului. Reducerea rolului proceselor biologice în stabilizarea antierozională a masei solului.

Executarea corectă, adaptată la condițiile de landșaft, a lucrărilor solului are influență pozitivă asupra regimurilor pedofuncționale și asigură reproducerea unidirecționată a fertilității naturale și funcțiilor biosferice, biogeocenotice și agroecologice a solurilor.

Aplicarea incorectă (neadaptată) a lucrărilor solului este însoțită de manifestarea unor influențe negative. În cazul unui relief accidentat, corelat cu lucrări agrotehnice necorespunzătoare, poate amplifica degradările solului prin eroziune accelerată. Reducerea covorului erbaceu prin arătură sau alte lucrări determină scăderea stabilității structurale, reducerea conținutului de humus, distrugerea structurii ș.a., care se materializează în sporirea vulnerabilității solurilor la eroziune și accelerarea eroziunii (Tabelul 7).

Eroziunea antropogenă prin esența sa presupune accelerarea eroziunii hidrice sub acțiunea activităților factorului uman.

Din punct de vedere a practicii agricole, fenomenul de eroziune trebuie conceput ca un fenomen distructiv, care conduce la deprecierea calităților funcționale și productive ale solurilor și, în final, la degradarea completă a teritoriilor respective, ca urmare a spălării orizonturilor de sol.

Eroziunea accelerată se produce pe terenurile care sunt cultivate sau pășunate prea intens. Suprasolicitarea solului intervine în condițiile când: nu sunt luate în calcul condițiile de relief la executarea lucrărilor agrotehnice; sunt practicate rotații scurte ale culturilor în structura cărora predomină culturile puțin protectoare (porumbul, floarea soarelui, sfecla de zahăr, soia ș.a.); este practică fertilizarea minerală necontrolată în condiții de neaplicare a îngrășămintelor organice. Cultivarea intensă reduce fertilitatea solurilor, coeziunea acestuia, scăzând astfel rezistența lui la eroziune.

Agentul eroziunii accelerate este apa în trei ipostaze: picături de ploaie, curenți bidimensionali sau dispersați pe versanți și curenți unidimensionali concentrați pe anumite trasee.

Un ciclu al eroziunii accelerate hidrice, conform definiției, cuprinde trei faze: desprindere (dislocare), transport și depunere.

Procesul de formare a solului este de durată, estimările menționând o rată medie care variază între 0,05 și 0,5 mm/an, iar pierderile de sol de mai mult de 1 t/ha/an. Pierderea unor cantități de sol mai mari de 2 t/ha/an indică apariția eroziunii. Conform calculelor, în spațiul nostru în timpul unui eveniment extrem sunt erodate mai mult de 100 t/ha.

Tabelul 8. Pierderi de sol sub influența eroziunii agricole (Вальков и др., 2002)

Grad de eroziune	Pierderi	
	t/ha	mm/an
Absentă	<2	<0.1
Slabă	2-10	0.1-0.6
Moderată	10-50	0.6-3.3
Puternică	50-200	3.3-13.3
Foarte puternică	≥200	≥13.3

Eroziunea agricolă este favorizată de devegetarea solurilor ca urmare a destelenirii și despăduririi terenurilor. În cadrul biocenozelor naturale covorul vegetal protejează suprafața solului de acțiunea distrugătoare a picăturilor de ploaie. În același timp, acesta nu permite formarea scurgerilor superficiale.

În condiții de agrofitocenoze, doar ierburile anuale, multianuale, grâul și orzul de toamnă asigură reducerea intensității proceselor de eroziune.

O formă aparte de eroziune agricolă indusă de factorul uman este eroziunea mecanică, care constă la deplasarea mecanică cu mașinile și agregatele agricole a masei de sol de sus în jos în timpul desfășurării lucrărilor agricole. Mai pronunțat eroziunea mecanică este prezentă în cadrul spațiilor cu relief deluros-văluos, dar are un rol important în deplasarea maselor de sol și în spațiile de câmpie.

Conform lui A.И. Шведас (1974), eroziunea mecanică s-a declanșat chiar în cele mai timpurii etape ale agriculturii, când lucrările solului presupuneau o simplă lucrare (scrigilire) a solului cu unelte primitive, trase în cel mai bun caz de animale, dar foarte frecvent de forța umană. În scopul reducerii rezistenței la lucrare, aceasta se făcea în direcția deal-vale. Astfel, s-au declanșat procesele de deplasare a maselor de sol de pe versanți la poalele acestora. Aceasta s-a intensificat pe măsura utilizării unor agregate de lucrare mai grele. Conform autorului citat, doar în cadrul unei arături cu plugurile contemporane stratul arabil se deplasează în amonte (de la baza versantului în sus) cu 30 cm.

Cercetările desfășurate în bazinul Mării Negre au arătat că eroziunea mecanică este în funcție de frecvența lucrărilor și se realizează atât în cazul când lucrările se fac în direcția deal-vale, cât

și atunci când se fac pe curbele de nivel. Mai mult ca atât, aceasta are loc atât când brazdele se întorc în amonte, cât și când se întorc în aval.

În acest context, una din condițiile de reducere a intensității eroziunii mecanice este reducerea gradului de distrugere mecanică a solului, în special a structurii acestuia.

Mai intensivă eroziunea mecanică este în cazul lucrărilor de arătură. Cantitativ aceasta este mai mare în cazul arăturii în direcția deal-vale, dar și chiar în cazul arăturii pe curbele de nivel. Ușor cantitativ mai mică este în cazul lucrării cu grapa cu discuri, dar în cazul acesteia se intensifică deflația care însoțește lucrarea chiar la momentul desfășurării acesteia.

Afânarea adâncă cu afânătoarele contemporane și afânarea la 20-25 cm cu cizelul, desfășurate pe orizontale, reduc considerabil eroziunea mecanică. Aceasta se reduce și în cazul desfășurării acestora și pe direcția deal-vale.

Viteza eroziunii mecanice este, de asemenea, în dependență directă de intensitatea și numărul de lucrări ale solului și în măsură mai mică depinde de condițiile climatice ale spațiului. Dintre factorii de mediu rolul decisiv revine reliefului spațiului. Dintre însușirile solurilor un rol mai important îl au alcătuirea granulometrică și alcătuirea structural-agregatică.

Solurile cu alcătuire granulometrică mijlocie grosieră (nisipo-lutoasă, luto-nisipoasă) și medie (lutoasă) cu structură puțin stabilă, sunt mai ușor supuse eroziunii mecanice decât cele cu alcătuire granulometrică mijlocie fină și fină, cu structură mai stabilă. În cazul acestora însă, dacă sunt lucrate în condiții de umiditate sporită se intensifică deplasarea în stare aderentă, iar dacă sunt lucrate în stare uscată se intensifică deplasarea prin rostogolirea bolovanilor pe versanți din segmentul superior al versantului (care de altfel este slab supus eroziunii cu apă) în cel mediu, iar din ultimul în cel inferior și la piciorul versantului.

Eroziunea mecanică conduce nu numai la degradarea stratului arabil, dar și la modelarea suprafeței versantului. În acest context, chiar și la scara istorică a timpului se reduce gradul de înclinare a versantului. Frecvent, ca urmare a aglomerării maselor de sol deplasate, se formează praguri și valuri de pământ. Ultimele se formează la hotarul dintre solurile cu diversă folosință. De eroziunea mecanică ține și terasarea versanților nesupuși alunecărilor de teren. Acestea implică anumite dificultăți și afectează calitatea lucrărilor.

Prin prisma celor menționate mai sus, intensitatea eroziunii mecanice depinde de unghiul de înclinare a versanților, adâncimea de lucrare, procedeul de lucrare, termenii de efectuare a acesteia, viteza de deplasare a mașinilor și agregatelor agricole.

Eroziunea mecanică conduce la reducerea accelerată unidirecționată în timp a stratului humifer. Concomitent cu masele de sol sunt deplasate cantități însemnate de humus și elemente nutritive. În plus, în cadrul lucrărilor efectuate la suprafață pentru formarea stratului arabil, sunt scoase mase de sol din straturile subiacente, care dispun de structură puțin stabilă. Astfel, se creează condiții pentru desfacerea structurii, formarea crustei, curgerea masei de sol la umezire în formă de pastă, îndeosebi primăvara. Toate acestea conduc la reducerea fertilității solurilor pe versanți.

Situația se agravează ca urmare a îmbinării eroziunii mecanice cu cea hidrică de suprafață. Pentru reducerea acestui fenomen inerent lucrărilor solului, atât în condiții de câmpie, cât și pe versanți, se recomandă:

1. În cazul terenurilor netede, anual urmează a fi schimbat sensul de deplasare a agregatelor agricole.
2. Pe versanți (înclinarea 3-6 grade), deplasarea agregatelor agricole pe orizontale cu întoarcerea brazdei în amonte se recomandă, corespunzător, de 2 și 3 ori, iar cu întoarcerea brazdei în aval urmează să se efectueze odată în 2 și, corespunzător, 3 ani.
3. În cazul efectuării arăturii în direcția deal-vale urmează:
  - pe versanții cu înclinarea 3 grade, minimum 2 ani agregatele se vor deplasa de 2 ori de jos în sus și odată în 2 ani de sus în jos;
  - pe versanții cu înclinarea 6 grade, 3 ani agregatele urmează să se deplaseze de jos în sus și odată în 3 ani de sus în jos.

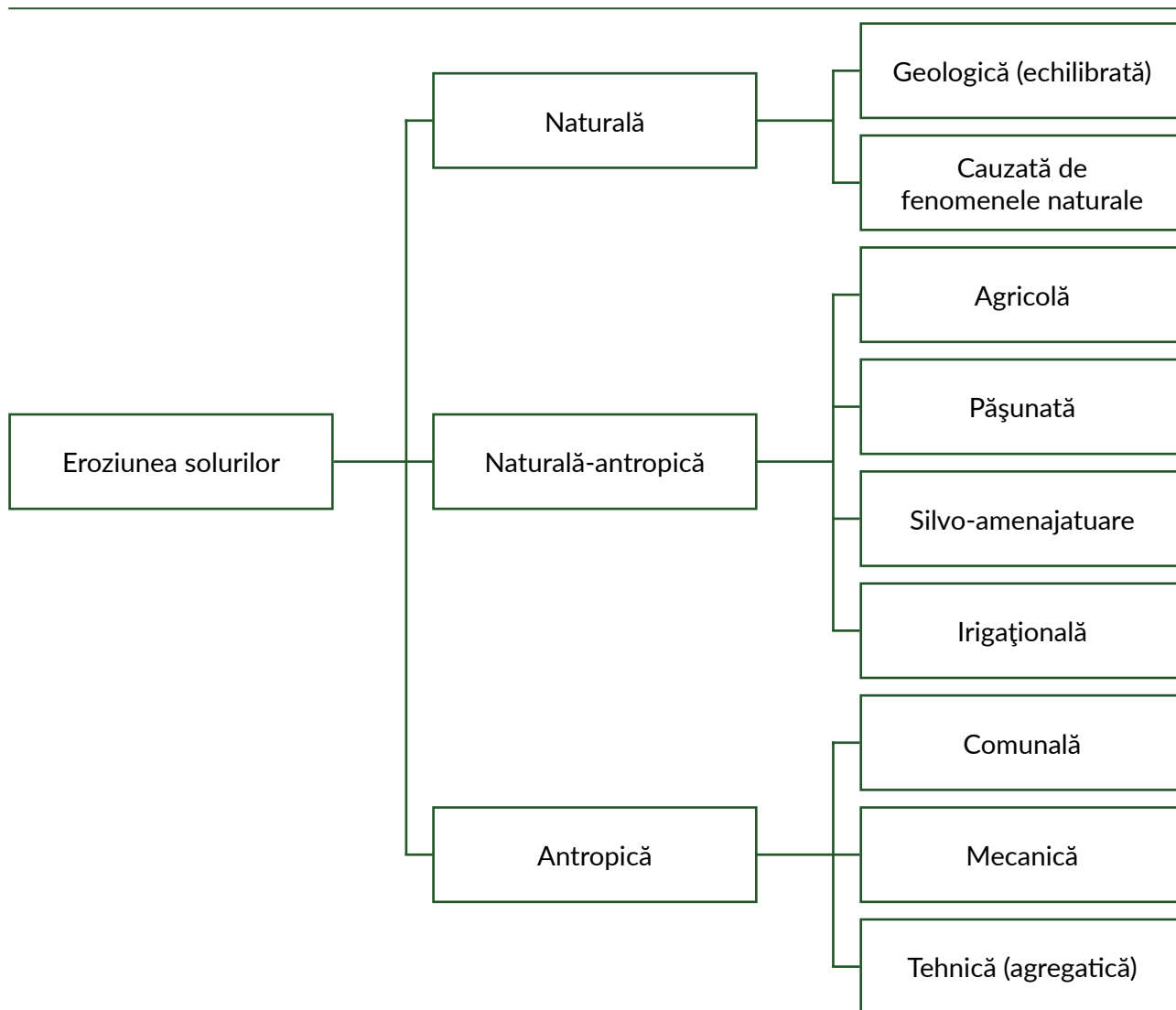


Fig. 5. Clasificarea eroziunii solurilor în funcție de raportul dintre energia naturală și antropogenă

O altă formă de eroziune indusă de factorul antropic este „eroziunea tehnogenă”. Originea acesteia este indispensabil legată de „degradarea tehnogenă”. Degradarea tehnogenă reprezintă un complex de consecințe parvenite în urma presiunilor exercitate asupra solurilor de pneurile și șenilele mașinilor și agregatelor agricole. Aceasta presupune formarea de urme bătătorite (puternic compactate). În cadrul acestora, compactarea se extinde până la 1 m în adâncime și 0,8 m în lățime, iar parametrii fizici nefavorabili se mențin până la următoarea perioadă agricolă.

În cazul dat are loc deteriorarea structurii (mărunțirea acesteia până la dimensiuni <0,25 mm), reducerea permeabilității pentru apă, conductivității hidraulice și capacității de valorificare a apei provenită din precipitații, formarea scurgerilor superficiale (chiar torenților) cu viteză accelerată și putere mare de erodare.

Prin prisma conceptului de „eroziune tehnogenă” considerăm că „dușmanii” solurilor sunt tractoarele cu pneuri. Pe parcursul unei perioade agricole, un tractor „Беларусь” (MTZ-82) care cântărește 3,4 tone formează 12-14 t de agregate <0,25 mm care foarte ușor se spală. Tractorul K-744 (care pe larg este utilizat în Republica Moldova) și combinele, chiar și cele mai moderne, cântăresc 12-14 tone și exercită asupra solurilor forțe de cca 2,6 kg/cm<sup>2</sup>, pe când pragul maximal admisibil alcătuiește 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. Ca urmare, cantitatea de agregate prăfoase formată este de 3-4 ori mai mare (36-56 t). Astfel, „degradarea tehnogenă” conduce la pierderea de la 15-20 t până la 50-55 t de sol per hectar pentru o perioadă agricolă.



În baza sistematizării celor expuse mai sus au fost identificate formele și mecanismele proceselor care favorizează eroziunea integrate în cadrul conceptual-teoretic al eroziunii solurilor în cadrul agroecosistemelor/agrolandșaftelor, care constituie baza teoretică a măsurilor complexe de reducere a intensității proceselor de eroziune până la normele admise (Fig. 5, 6, 7).

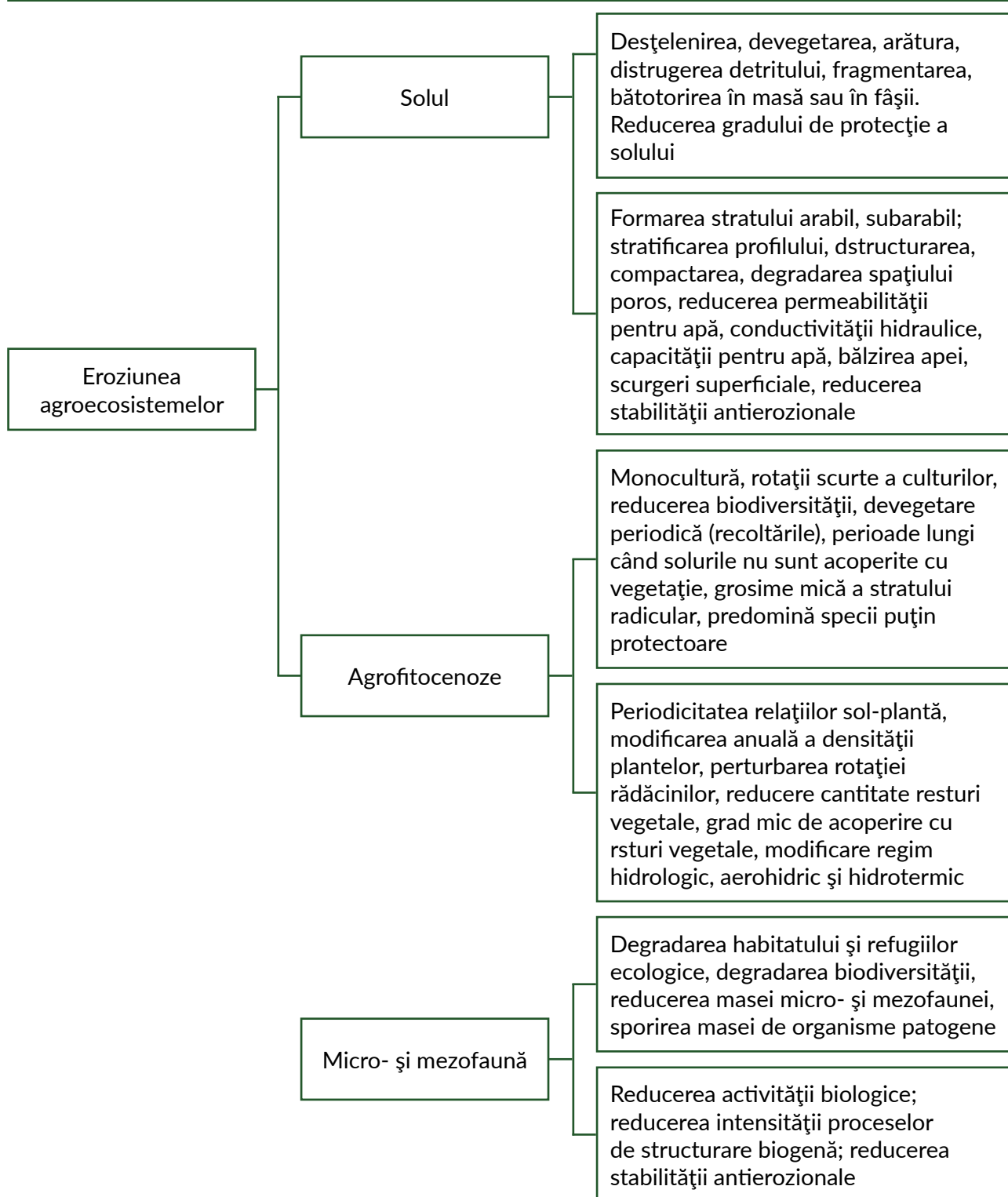


Fig. 6. Factorii care favorizează eroziunea în condiții de agroecosisteme

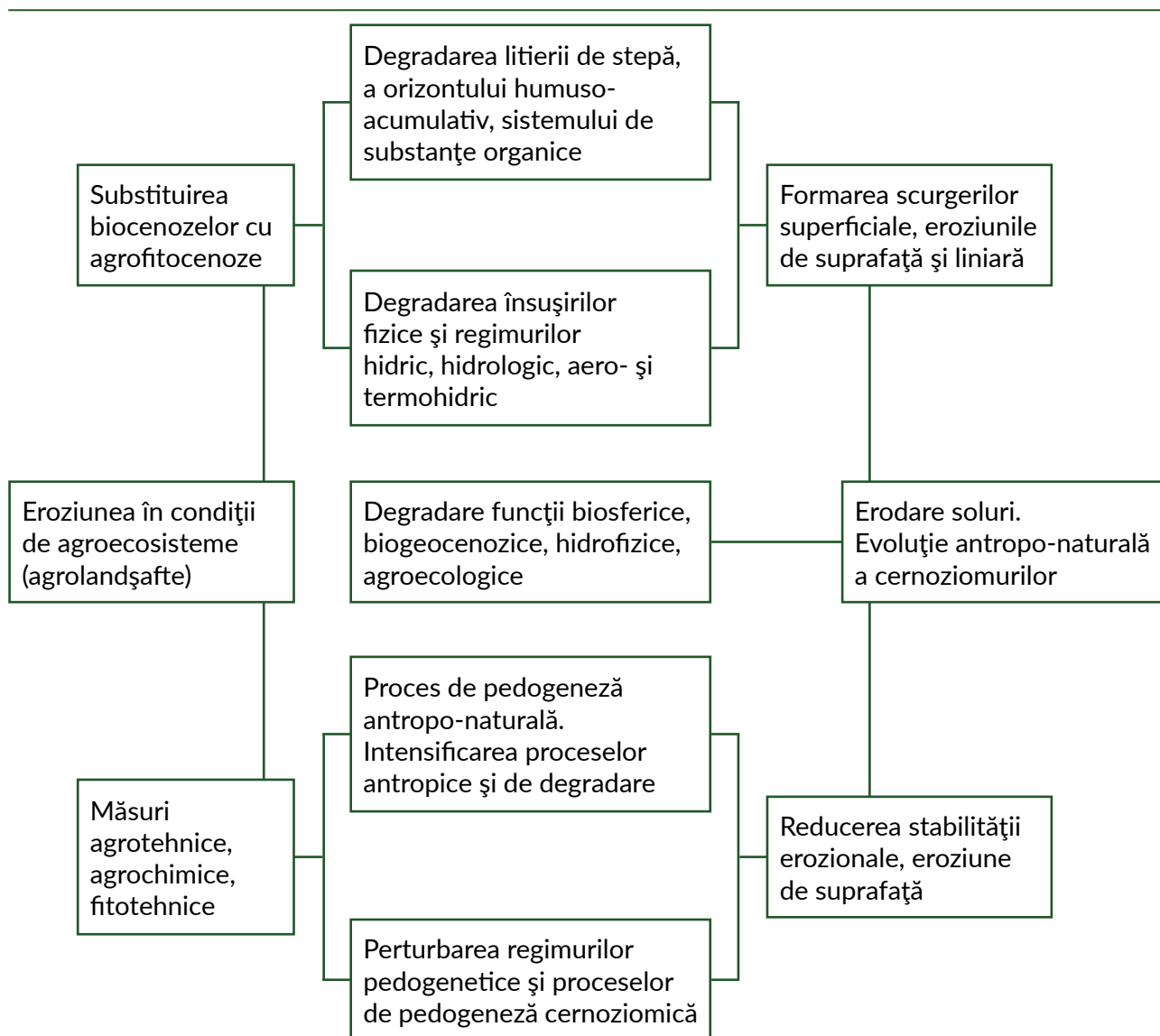


Fig. 7. Cadrul conceptual-teoretic al eroziunii solurilor în condiții de agroecosisteme / agrolandșafte

### 1.1.5. Sărăturarea și solonețizarea

Cadrul fizico-geografic și pedoclimatic al Republicii Moldova presupune formarea și prezența solurilor halomorfe în structura învelișului de sol, iar pe harta proceselor contemporane de salinizare (la scara pedologică a timpului) teritoriul țării noastre este inclus în spațiul cu regim progresiv acumulativ al sărurilor (Ковда, 1946). Prin această prismă de idei procesul de salinizare în spațiul nostru poartă caracter natural și este favorizat de alcătuirea litologică a stratului de aeratie (biogeochemicoactiv), condițiile climatice și procesele contemporane de evoluție a reliefului.

Deși rolul decisiv în formarea solului pe teritoriul Republicii Moldova revine luturilor loesoidale și celor argiloase de origine continentală nesalinizate, acestea pretutindeni sunt așternute de argile neogenice salinizate. Conținutul de săruri în acestea depășește 3%, iar în componența sărurilor cca 80% revin sulfatilor de sodiu.

În spațiile cu relief puternic accidentat și activitate erozională străveche activă argilele neogenice sarmațiene se dezgolesc la suprafață. În atare condiții chiar din fazele incipiente ale pedogenezei sărurile prezente în roca mamă sunt încadrate într-un circuit biogeochimic scurt: rocă-sol-plantă-rocă cu acumularea unidirecționată a acestora și formarea de soluri specifice cunoscute cu denumirea de soluri sărăturate/salinizate/halomorfe.

În funcție de grosimea stratului încadrat în pedogeneza halomorfă activă se deosebesc trei grupe de terenuri:

- cu soluri salinizate – sărurile sunt prezente în stratul 0-100 cm;
- cu soluri adânc salinizate – sărurile se atestă în stratul 100-200 cm;
- potențial salinizate – sărurile sunt prezente în intervalul 200-500 cm.

Degradarea solurilor în urma salinizării, în întelesul larg al cuvântului, reprezintă procesul de supraacumulare a sărurilor ușor solubile în soluția sărurilor. În cadrul acestuia urmează să distingem:

- salinizarea solurilor propriu-zisă – acumularea progresivă a sărurilor care determină succesivă în timp a formațiunilor vegetale de la glicofile la ușor halofile și până la halofile cu intensificarea proceselor de pedogeneză determinate de cantitățile, componența și circuitele sărurilor și formarea solurilor salinizate;
- evoluția solurilor/terenurilor în funcție de sensul și intensitatea proceselor determinate de participarea sărurilor la pedogeneză.

Procesele specificate sunt sincronizate și alcătuiesc esența fenomenului de salinizare primară determinată de factorii naturali: roca mamă și cea așternută, clima, relieful, drenarea teritoriului, apele freatice mineralizate.

Prezența sărurilor în rocile din cadrul stratului cu circuit activ de apă este furnizorul de săruri ușor solubile în cadrul pedogenezei automorfe.

Clima, în calitate de factor care determină dezvoltarea procesului de salinizare se caracterizează prin predominarea evaporării asupra precipitațiilor, cauzează regim hidric nepercolativ în cadrul căruia sunt predominante curențele ascendente de apă, care conduc la acumularea sărurilor ușor solubile în stratul pedogenetic activ. Curențele descendente de apă sunt caracteristice pentru o perioadă scurtă de timp, ca urmare doar o parte de săruri este levigată cu acestea din segmentul superior al profilului în cele mediu și inferior.

Sensul și intensitatea procesului de salinizare sunt determinate de constituirea barierei geo-chimice evaporative care asigură sensul unidirecționat acumulativ al sărurilor.



Fig. 8. Sărăturarea solului  
Sursa: <https://ru.wikipedia.org/>

Prin prisma conceptului stadiilor procesului de pedogeneză mai activă, acumularea sărurilor decurge în faza de dezvoltare a solurilor până la instaurarea unui echilibru osmotic între segmentul superior al profilului și celor inferioare (faza de echilibru). Pe parcursul acesteia în profilul salifer activ se realizează alternanța proceselor de acumulare și celor de levigare a sărurilor, care conduc la diferențierea sărurilor pe profilul solurilor cu formarea profilului salifer. Concomitent are loc și diferențierea texturală a profilului. Aceasta conduce la inițierea procesului de formare a orizontului argilo-iluvial. Pe măsura maturizării acesta se conturează ca barieră geochimică fizică care diminuează, iar ulterior reduce, practic, la zero migrația sărurilor pe profilul solului. În același timp, procesele de exogeneză (deflația, eroziunea) conduc la reducerea conținutului de săruri în orizontul superficial al solului. Aceasta contribuie favorabil la dezvoltarea asociațiilor ireboase și demarării fazei de stepizare a solurilor, care presupune: a) formarea orizontului humoso-acumulativ molic luvic Am/l cu structură bulgăroasă-nuciformă și consolidării orizontului argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>) cu structură columnară.

Procesele specificate sunt examinate ca o etapă de sinestătătoare în evoluția solurilor salinizate în cadrul degradării solurilor în urma salinizării, prin urmare, aceasta va fi examinată aparte.

Factorii enumerați determină geografia proceselor de salinizare primară, aceasta având o răspândire mai largă în cadrul Podișului Ciuluc-Soloneț și spațiile periferice aferente acestuia, periferia Podișului Central Moldovenesc, Dealurile Priprutene, Câmpia silvostepii xerofitice, Câmpia Moldovei de Sud.

În cadrul spațiilor specificate, solurile salinizate sunt răspândite în areale cu suprafața de la câteva zeci de ari până la câteva hectare, formând complexe cu solurile zonale (Tabelul 9).

Tabelul 9. Gruparea agroameliorativă a complexelor de cernoziomuri, cernoziomuri solonețizate și solonețuri

Agrogrupe	Specificații
I	Complexe de soluri zonale, cernoziomuri slab și moderat solonețizate, cernoziomuri adânc și moderat solonețizate și slab adânc (<100 cm) solonețizate cu ape freatice <6 m
II	Complexe de soluri zonale, cernoziomuri slab și moderat solonețizate, cernoziomuri adânc solonețizate și solonețuri cu coloane adânci (<30 cm) cu ape freatice sub 6 m
III	Complexe de soluri zonale, cernoziomuri moderat și puternic solonețizate adânc și mediu slab salinizate și solonețuri cu coloane adânci și mijlocii, moderat mediu salinizate cu nivelul apelor freatice <6 m
IV	Complexe de soluri zonale neerodate și slab erodate, cernoziomuri moderat și puternic solonețizate, moderat mediu salinizate (15-20%) solonețuri cu coloane medii și mărunte (20-30%)
V	Complexe de solonețuri crustice și coloane mărunte solonchacoide (50-60%), cu coloane adânci (15-20%) și cernoziomuri moderat și puternic solonețizate
VI	Complexe de cernoziomuri zonale slab, moderat și puternic erodate, cernoziomuri puternic solonețizate și solonețuri cu coloane mărunte și crustice

Prezența complexelor din prima și a doua grupă creează condiții defectuoase pentru desfășurarea operațiilor agrotehnice, în plus dispun de productivitate redusă și conduce la reducerea recoltelor masivelor agricole cu 30-40%.

Complexele din grupele III-IV reduc productivitatea culturilor de câmp cu 50-60%.

Utilizarea terenurilor din grupa V și VI nu este rentabilă.

În regim natural, complexele de solonețuri și cernoziomuri solonețizate sunt în fază de autoameliorare, pentru care este caracteristică succesiunea în timp a asociațiilor vegetale în funcție de regimul de umiditate.

În regim arabil, ca urmare a perturbării echilibrelor naturale, se atestă extinderea la scara pedologică a suprafețelor afectate de solonețizare în spațiu. Aceasta conduce la reducerea productivității terenurilor (Tabelul 10).

Tabelul 10. Gradul de salinizare și starea plantelor de cultură

Gradul de salinizare a solurilor	Starea culturilor cu toleranță moderată la salinizare
Nesalinizate <0,1%	Dezvoltare și creștere normală, plante afectate/uscate nu se atestă, recoltele sunt normale
Slab salinizate 0,1-0,3%	Afectare slabă a culturilor: plante nedezvoltate și uscate 10-20%. Recolte mai reduse cu 10-20%
Moderat salinizate 0,3-0,5%	Afectare moderată a culturilor: plante nedezvoltate și uscate 20-50%; recolte mai reduse cu 20-50%
Puternic salinizate 0,5-1,2%	Afectare foarte puternică și puternică a culturilor: plante uscate 50-80%; recolte mai reduse cu 50-80%
Solonceacuri >1,2%	Supraviețuiesc doar unele plante în parte. Recolte practic nu se formează

Creșterea și dezvoltarea culturilor pe solurile salinizate se produce în funcție de concentrația și componența chimică a sărurilor (chimismul sărurilor) în soluția solului. Influența sărurilor asupra plantelor este determinată de mecanismele osmotice de imobilizare a apei și de acțiunea ionilor asupra protoplasmei. Soluțiile de săruri imobilizează apa, prin urmare, cu cât este mai mare concentrația sărurilor în soluția solului, cu atât este mai mic gradul de mobilitate și de accesibilitate a apei pentru plante. În plus, sărurile pătrunzând în celule exercită acțiune toxică asupra protoplasmei. Toleranța la săruri este o însușire a protoplasmei. În cazul culturilor sensibile la salinizare, protoplasmele pier la concentrații ale clorurii de sodiu (NaCl) în soluție 1,0-1,5%. Culturile rezistente la salinizare suportă concentrația de 6% și chiar mai mare.

Pentru evaluarea ecologică a solurilor salinizate sunt utilizate trăsăturile: „toleranța biologică la salinizare” și „toleranța agronomică la salinizare”.

Toleranța biologică – capacitatea plantelor de a asigura întregul ciclu individual de dezvoltare pe soluri salinizate, uneori cu intensitate redusă de acumulare a materiei organice, dar cu menținerea capacității de reproducere a generațiilor.

Toleranța agronomică – capacitatea organismului de a desfășura întregul ciclu de dezvoltare pe soluri salinizate și de a produce recolte satisfăcătoare.

În tabelul 11 este prezentată toleranța culturilor la salinizare, care urmează a fi luată în calcul în cazul când terenurile agricole sunt afectate de procesele de salinizare. La utilizarea acestei clasificări a culturilor se va ține cont că toleranța la săruri a culturilor este în funcție de condițiile de creștere. Gradul de salinizare, de exemplu, suportat de către plantele de cultură este în funcție de conținutul de apă în sol: în condițiile când aerația solului este în intervalul 12-25%, toleranța la săruri sporește odată cu sporirea conținutului de apă în sol. În condiții de climă rece și consum mai redus de apă, plantele se dezvoltă normal chiar și în condiții de concentrații sporite de săruri în sol. În condiții de climă mai caldă toleranța plantelor scade la salinizare. Anume din această cauză, recoltele pe terenurile afectate de săruri variază de la an la an.

Un factor important care influențează toleranța la săruri este alcătuirea granulometrică a solurilor. Pe soluri cu alcătuire granulometrică fină culturile sunt afectate în măsură mai mică de salinizare decât pe solurile cu alcătuire granulometrică ușoară (luto-nisipoasă, nisipo-lutoasă). O dependență direct proporțională se atestă între conținutul de humus și toleranța la salinizare – cu cât este mai mare conținutul de humus în sol, cu atât toleranța la salinizare este mai mare. Particularitățile menționate sunt luate la baza procedurii biofizico-tehnologic de valorificare a solurilor salinizate, elaborat recent de Laboratorul de Cercetări Științifice „Procese Pedogenetice” al Universității de Stat din Moldova.

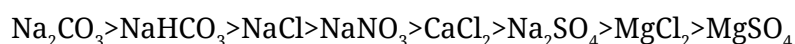
Salinizarea conduce nu numai la condiții dificile pentru adsorbția apei, dar și a nutrienților de către rădăcinile plantelor. Totodată, plantele care sunt supuse stresului osmotic folosesc o parte din energia produsă de procesele metabolice pentru sinteza osmolitelor organice. Acestea sunt complexe care scad potențialul osmotic la nivel celular, când se instalează o concentrație ridicată și când se pierde apă prin evaporare. De altfel, plantele care suferă de stres salin, suferă de multe ori și de carențe (de exemplu, carența de potasiu sau de calciu în cazul unei concentrații ridicate de sodiu în soluția solului) și își dezvoltă mai mult rădăcina în detrimentul dezvoltării frunzelor.

Toate plantele sunt sensibile la o anumită concentrație de săruri, dar pragul critic de concentrație variază de la specie la specie și în interiorul speciei de la plantă la plantă. Sensibilitatea plantelor depinde de: specie, stadiul de dezvoltare și durata stresului ozmotic.

Tabelul 11. Toleranța relativă a culturilor la salinizare (Ковда, 1973)

Netolerante	Moderat tolerante	Tolerante
<b>Culturi de câmp</b>		
Fasolea (boabe)	Secara, boabe Grâul, boabe Sorgul Soia Porumbul Floarea soarelui	Orzul, boabe Sfecla de zahăr Rapița
<b>Culturi furajere</b>		
Trifoiul	Sulfina Raigrasul Iarba de Sudan Lucerna Secara (masă verde, fân) Grâul (masă verde, fân) Ovăzul (masă verde, fân)	
<b>Culturi legumicole</b>		
Ridichea Țelina Fasolea (boabe verzi)	Tomatele Varza Salata Porumbul zaharat Cartoful Ardeiul Morcovul Ceapa Mazărea Dovleacul Castravetele	Sfecla roșie Sparceta Șpinat
<b>Pomicole</b>		
Părul Mărul Prunul Migdalul Caisul Piersicul Căpșunul	Vița de vie	
<b>Culturi etero-oleaginoase</b>		
	Isopul Menta Melisa Salvia	Levănțița Siminocul italian Pelinul de Crimeea

În funcție de gradul de toxicitate și nocivitate, pentru majoritatea culturilor agricole sărurile sunt distribuite după cum urmează în sensul reducerii acestuia:



În acest context constatăm că un grad mai mare de nocivitate îl are carbonatul ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) și hidrocarbonatul de sodiu ( $\text{NaHCO}_3$ ), urmate de clorura ( $\text{NaCl}$ ) și nitratul ( $\text{NaNO}_3$ ) de sodiu. Mai puțin nocive sunt sulfatul de sodiu, clorurile și sulfatii cationilor bivalenți. În același timp, se cunoaște că amestecurile de săruri sunt mai puțin toxice decât fiecare sare în parte, lucru care se materializează în chimismul salinizării, care se determină conform tabelului 12, iar gradul de salinizare conform tabelului 13.

Tabelul 12. Clasificarea solurilor în funcție de chimismul salinizării (Н.И. Базилевич și Е.И. Панкова)

Chimismul salinizării	Raportul anionilor, ml 100 g de sol			Raportul cationilor și anionilor
	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$	
Cloruric și sulfato-cloruric	1,0-2,5 și mai mult	-	-	-
Cloruro-sulfatic	0,2-1,0	-	-	-
Sulfatic	<0,2	-	-	-
Sodo-cloruric	>1	<1	>1	$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$
Sodo-sulfatic	<1	>1	<1	$\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$
Cloruro-sodic	>1	>1	>1	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$
Sulfato- și cloruro-hidrocarbonatic (alcalino-pământos)	-	>1	>1	$\text{HCO}_3^- > \text{Na}^+$

Gradul de salinizare se evaluează în baza conținutului de reziduu ars % (suma sărurilor, %).

În contextul actualului trend al condițiilor climatice și al resurselor de sol din spațiul Pridanubian prezintă interes locul proceselor descrise mai sus în cadrul acestora.

Conform lui В.А. Ковда, salinizarea este unul din principalii factori care cauzează aridizarea-deșertificarea cernoziomurilor (Ковда, 1968, 1974). În acest context, monitorizarea și managementul terenurilor salinizate-solonețizate are importanță nu numai economică, dar și ambientală. Este demonstrat că lipsa de măsuri orientate pe stabilizarea terenurilor cu soluri salinizate și neadmiterea extinderii acestora în spațiu conduce la deșertificarea acestora.

În acest capitol ținem să atragem atenția că la extinderea în spațiu a proceselor de salinizare-solonețizare contribuie mai mulți factori (Gh. Jigău, 2005).

Tabelul 13. Clasificarea solurilor în funcție de gradul de salinizare

Gradul de salinizare	Chimismul salinizării						
	Cloruric	Sulfato-cloruric	Cloruro-sulfatic	Sulfatic	Sodo-cloruric, cloruro-sodic, sodic	Sodo-sulfatic, sulfato-sodic	Sulfato- sau cloruro-hidrocarbonatic
Nesalinizate	<0,05	<0,1	<0,2	<0,3	<0,1	<0,15	<0,2
Slab salinizate	0,05-0,15	0,1-0,2	0,3-0,4	0,3-0,4	0,1-0,2	0,15-0,25	0,2-0,4
Moderat salinizate	0,15-0,3	0,2-0,4	0,4-0,6	0,4-0,8	0,2-0,3	0,25-0,4	0,4-0,5
Puternic salinizate	0,3-0,7	0,4-0,8	0,6-0,9	0,8-1,2	0,3-0,5	0,4-0,6	nu se întâlnesc
Foarte puternic salinizate	>0,7	>0,8	>0,9	>1,2	>0,5	>0,6	Idem

Procesele de migrare orizontală a sărurilor cu soluția solului în baza diferenței potențialului osmotic/forței de osmoză de la spațiile cu conținut de săruri la cele cu conținut mai redus (Gh. Jigău, 2020). În acest context atragem atenția că salinizarea și acumularea sărurilor nu se reduce doar la profilul solurilor și învelișul acestora, ci, în mod obligatoriu, afectează straturile de rocă mamă și subiacentă în cadrul schimbului permanent de substanțe în sistemul sol ↔ rocă (unul din principalele circuite biogeochimice în cadrul pedogenezei).

Un alt circuit biogeochimic în cadrul pedogenezei este schimbul de substanțe în sistemul sol (soluția solului) – apa freatică. Modificările specificate afectează agrobiocenoză atât la nivel taxonomic superior, cât și la nivel de microbiotă. Astfel procesul de salinizare și de degradare sub acțiunea salinizării afectează întregul geosistem/agrolanșaft. Aceasta se răsfrânge asupra relațiilor solului cu apa. În condițiile unei permeabilități relativ satisfăcătoare a stratului arabil, permeabilitatea orizontului Bt<sub>na</sub> este extrem de nesatisfăcătoare. Ca urmare, întregul masiv agricol este afectat de secetă pedologică severă, practic, pe parcursul întregii perioade de vegetație (Tabelul 14).

Tabelul 14. Însușirile hidrofizice ale solonețului molic arabil argilos pe argilă (loc. Călărași, 2019)\*

Orizont genetic	Grosime, cm	Indici hidrofizici			
		Coeficient de higroscopicitate, % g/g	Coeficient de ofilire, % g/g	Capacitate de câmp pentru apă, % g/g	Diapazon de apă utilă, % g/g
Aar	0-23	11,40	15,53	28,07	12,54
Bt <sub>na1</sub>	23-47	14,97	18,69	26,33	7,64
Bt <sub>na2</sub>	47-63	14,31	19,31	26,80	7,49
Bt <sub>na3</sub>	63-81	14,60	19,71	25,13	5,42
BC <sub>ca</sub>	81-98	14,86	20,06	27,81	7,75

\* Permeabilitatea pentru apă medie pentru 6 ore 0,37 mm/min (în condiții de grad sporit de fisurare a solului).

Din tabelul 14 constatăm că doar în cazul stratului arabil diapazonul de apă utilă prezintă valori caracteristice secetei pedologice puternice (12,54% g/g). Valorile acestuia sunt sub valoarea coeficientului de ofilire stabilă (15,53% g/g). În orizonturile subiacente diapazonul de apă utilă prezintă valori sub coeficientul de higroscopicitate corespunzătoare secetei pedologice extreme.

Dacă facem abstracție de la diferențierea texturală, structural-agregatică a profilului și prezența sărurilor, profilul solurilor salinizate extraaluviale este identic cu cel al cernoziomurilor zonale. Mai mult ca atât, conținutul de humus, gradul de îmbogățire a humusului cu azot, alcătuirea humusului, distribuția acestuia pe profil sunt relativ identice cu trăsăturile cernoziomurilor aferente. Aceasta ne permite să conchidem că în faza incipientă și cea de dezvoltare, pedogeneza a decurs în condiții de desfășurare concomitentă a proceselor zonale (formarea și acumularea humusului, agregarea-structurarea masei solului, migrarea carbonaților) și a celor de salinizare cu prevalarea cantitativă a celor zonale. În favoarea acestei afirmații indică caracterul eluvial-iluvial carbonatic al profilului carbonatic, dar și distribuția gipsului pe profilul solului.

Pe măsura acumulării sărurilor, se reduce capacitatea bioproductivă a solurilor, respectiv și cantitatea de surse vegetale și microbiene pentru formarea humusului. În același timp, se modifică semnificativ componența complexului adsorbiv.

În componența acestuia în orizontul humuso-acumulativ molic luvic predomină cationul Ca<sup>2+</sup>. În orizontul argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>) conținutul de calciu în complexul adsorbiv se reduce de cca 2 ori și variază în intervalul 36-26% din suma cationilor reținuți. În schimb, sporește de 1,3-1,5 ori conținutul de magneziu și de cca 1,2-1,3 conținutul de sodiu adsorbit.



Tabelul 15. Însușirile fizico-chimice ale solenețului molic (Ursu, 2011)

Adâncimea, cm	Conținut, %		pH	Cationi schimbabili						
	Humus	CaCO <sub>3</sub>		ml/100 g de sol				% din sumă		
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Σ	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
0-2	10-40	-	6,70	15,81	7,07	-	22,89	69,10	30,90	-
2-10	6,79	-	7,1	12,82	6,20	2,89	21,91	58,60	28,20	13,20
12-24	5,16	-	7,7	10,90	14,70	7,76	33,36	32,70	44,06	23,30
30-40	2,42	4,15	8,8	8,40	17,20	5,88	31,48	26,67	54,63	18,70
45-55	1,15	14,26	8,60	12,50	16,25	5,87	34,62	36,06	46,93	17,00
70-80	0,48	17,96	8,30	-	-	-	-	-	-	-
90-100	0,42	16,75	8,30	20,77	14,20	7,66	42,55	52,52	33,18	14,30

Considerăm că procesele de degradare sub acțiunea salinizării presupun reducerea intensității proceselor elementare de degradare a complexului adsorbativ cu ulterioara modificare a modului de organizare structural-funcțională la toate nivelele ierarhice de organizare a ecosistemului solului: ionic-coloidal-particulă elementară-agregat-orientat-profil-înveliș de sol. Ca urmare, se modifică o serie de funcții ecologice, în special, funcția hidrofizică, nutritivă și bioproductivă.

Modificarea funcției hidrofizice este determinată de dezagregarea-destructurarea structurii agronomic valoroasă (0,25-10 mm) și celei optimale cu ulterioara formare a structurii columnare puternic compactată cu capacitate totală mică pentru apă, în special celei productive.

Un rol important în modificarea acesteia revine sărurilor ușor solubile. Conform E.И. Панкова, sărurile ușor solubile sporesc presiunea osmotică a apei din sol, reduc accesibilitatea acesteia pentru plante, exercită acțiune specifică toxică asupra acestora, perturbază raportul normal dintre elementele nutritive, afectează mai multe însușiri și regimuri ale solurilor, reducând fertilitatea acestora.

B.A. Ковда indică neaccesibilitatea apei „sărate” din sol pentru plante: „Pentru majoritatea plantelor nehalofite apa „sărată” este inaccesibilă pentru plante, iar unele săruri (gipsul, mirabilitul, tenarditul ș.a.) au proprietatea de a „lega” o parte din apă în formă cristalină”. Ca urmare, în solurile săratate, chiar și în cazul când este prezentă apa, aceasta este în deficit, lucru care conduce la pierirea plantelor nehalofite (Ковда, 1977).

În dezvoltarea conceptului privind rolul degradării terenurilor sub acțiunea salinizării, considerăm că acest tip de degradare reprezintă interacțiunea proceselor de salinizare și celor de deșertificare (Fig. 9).

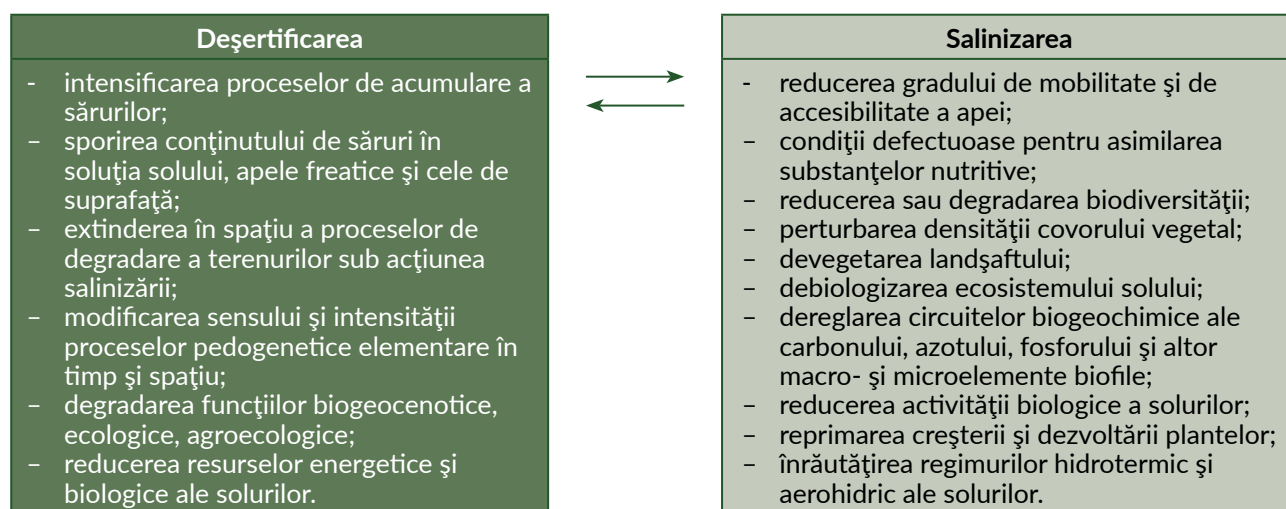


Fig. 9. Interacțiunea dintre parametrii și consecințele deșertificării și salinizării (Szabolcz, 1996; Perfecționată Gh. Jigău, 2016)

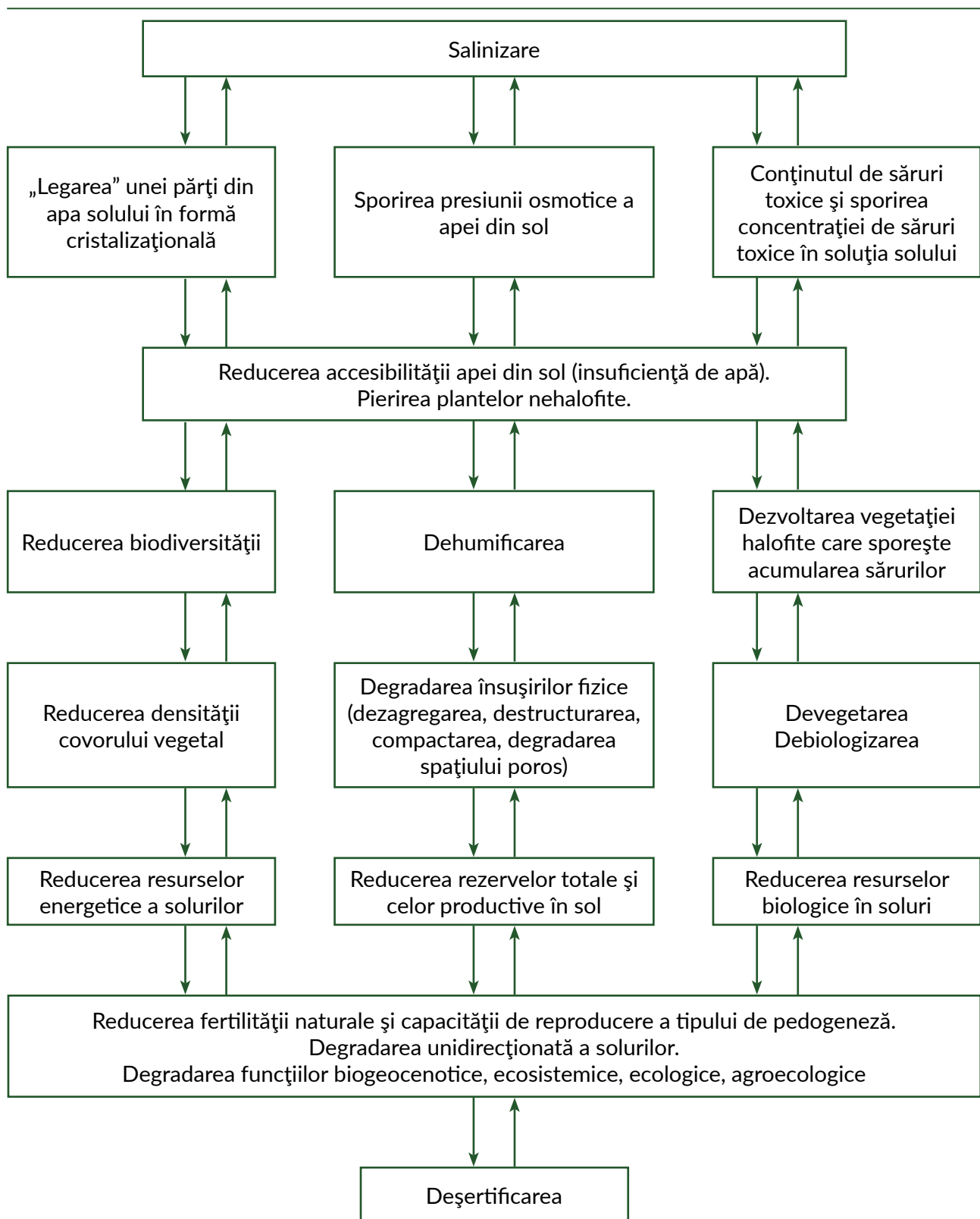


Fig. 10. Procesele de degrađaionale care conduc la deșertificare în condiții de salinizare (Szabolcz, 1996; Perfectare Gh. Jigău, 2016)

## Solonețizarea

Procesul de solonețizare reprezintă procesul de dezvoltare și de susținere în sol a unui complex de fenomene interacționate, care este determinat de conținuturi mici de săruri în soluția solului și conținuturi mari de sodiu în complexul adsorbțiv al solului (CAS). Componentele de bază ale acestui complex de fenomene sunt:

- adsorbția sodiului în complexul adsorbțiv al solului;
- gradul avansat de solubilitate a substanțelor humice;
- alcalinitatea sporită ( $\text{pH} > 8,4$ ) a soluției solului și/sau formarea sodei;
- transformarea și descompunerea mineralelor și substanțelor humice în mediu alcalin (hidroliza alcalină);
- migrarea pe descendentă a argilei, coloizilor peptizați și substanțelor humice solubile (levivajul sodic);
- peptizarea coloizilor și sporirea capacității de migrare a acestora.

1. Adsorbția sodiului în complexul adsorbțiv presupune reținerea acestuia din soluția solului și substituția cationului de calciu ( $\text{Ca}^{2+}$ ) din acesta. Respectivul proces se realizează în condițiile când conținutul cationului de natriu ( $\text{Na}^+$ ) în soluția solului depășește semnificativ conținutul cationilor bivalenți ( $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+} > 4$ ), iar raportul  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} > 1$ .

Sensul și energia de adsorbție a sodiului este în funcție de chimismul sărurilor în soluția solului. În funcție de aceasta, interacțiunile dintre [CAS] și soluția solului sunt posibile 3 grupe:

a) ireversibile cu energie maximală de reținere a sodiului în [CAS]



Energia maximală de adsorbție este determinată de caracterul ireversibil ca urmare a solubilității extrem de mică a produselor finale ale reacției ( $\text{CaCO}_3$ ) (0,013 mg/l);

b) reversibile cu energie moderată de adsorbție



Caracterul reversibil al reacției este determinat de solubilitatea mai sporită a sulfatului de calciu (3 g/l);

c) reversibile cu energie slabă de adsorbție

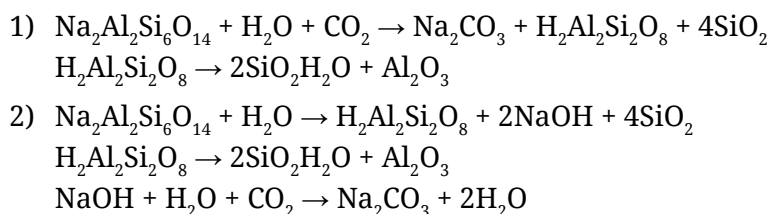


2. Gradul avansat de solubilitate a substanțelor humice: conținutul sporit de sodiu în complexul adsorbțiv al sodiului favorizează formarea humaților de sodiu, care sunt ușor solubili în apă și în perioada umedă a anului sunt levigați din orizontul humuso-acumulativ livic în orizontul subiacent. Totodată, în condiții de saturare a CAS cu sodiu se formează compuși organo-minerali sodici puternic hidratați și cu capacitate mare de migrare din segmentul superior al profilului în cel inferior mai bogat în săruri, unde coagulează. În opinia mai multor cercetători, aceste două grupe de substanțe organo-minerale au un rol extrem de important în constituirea orizontului argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>). În același timp, conform lui В.А. Ковда (1937) humații de sodiu cauzează valori  $\text{pH} > 8,7$ . Prin urmare, acumularea lor în orizontul Bt<sub>na</sub> conduce la deplasarea echilibrului acido-alcalin în sensul reacției puternic alcaline, aceasta fiind un factor important în realizarea hidrolizei alcaline cu formarea de compuși minerali și organo-minerali puternic hidratați.

3. Alcalinitatea sporită ( $\text{pH} > 8,4$ ) a soluției solului și/sau formarea sodei: conform lui К.К. Гедройц alcalinizarea soluției solului și formarea sodei este un element-cheie în realizarea procesului de solonețizare și formarea solonețurilor, deoarece anume aceasta este forță motrică a fenomenului de peptizare a coloizilor.

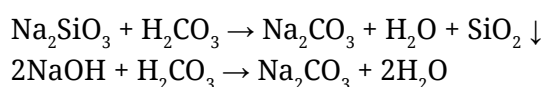
Conform cercetărilor noastre, alcalinitatea solurilor este poligenetică (Gh. Jigău, 1983).

Asemănător altor săruri, soda în soluri se formează în rezultatul alterării mineralelor care conțin sodiu în rețeaua structurală – albit, nefelin, ortoclaz ș.a.:

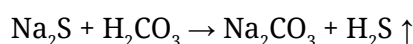


Ca urmare a hidrolizei profunde și descompunerii albitului ( $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{14}$ ) se formează soluții coloidale ale acidului silicic, oxizi ai aluminiului și carbonați de sodiu (reacție de carbonatare). Reacția de hidroliză a alumosilicaților este una din cele mai răspândite în natură și conduce la formarea compușilor mobili ai silicei și carbonaților de calciu, magneziu, potasiu și sodiu.

O altă sursă de săruri alcaline în soluri este reacția de carbonatare cu participarea acidului carbonic:



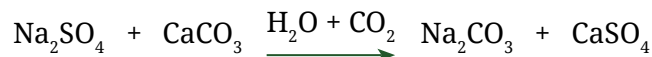
Procesului de carbonatare pot fi supuse și sulfurile:



Cu cât este mai mare conținutul de dioxid de carbon în apă/soluția solului, cu atât sunt mai intensive procesele de formare a bicarbonaților și silicei și cu atât va fi mai mare intensitatea de migrare a coloizilor și rolul lor în geneza și evoluția solonețurilor și solurilor solonețizate.

Din numărul proceselor specifice pedogenezei halomorfe alcaline fac parte:

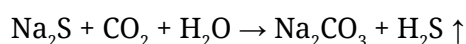
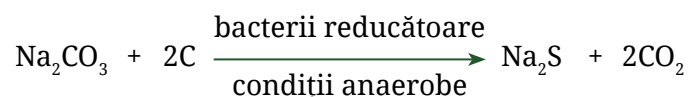
1) Reacția Hilgard – interacțiunea sărurilor natrice cu carbonatul de calciu:



2) Reacția Chedroit



O sursă importantă de formare a sodei sunt procesele de reducere biochimică a sulfatilor. Reducerea sulfatilor până la sulfuri se realizează în condiții de supraumezire cu participarea bacteriilor sulfatreducătoare: *Sporovibrio desulfuricans*, *Vibrio desulfuricans* (Gh. Jigău, 1983). Acestea utilizează oxigenul din componența sulfatilor pentru activitățile vitale.



Soda se mai formează și în rezultatul descompunerii resturilor vegetale mezoxerofite.

4. Peptizarea coloizilor și sporirea capacității de migrare a acestora – peptizarea sodică.

Peptizarea sodică – capacitatea argilei fine (<0,001 mm) și coloizilor (<0,0001 mm) de a se autotransfera de sinestătător din stare coagulată (gel) în stare peptizată (zolă) la umezire favorizată de prezența sodiului în complexul adsorbativ al solului.

La peptizarea și migrarea coloizilor contribuie:

- 1) prezența sărurilor neutre ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) în soluția solului în cantități 0,1-0,3%;
- 2) predominarea mineralelor argiloase din grupa smectitelor în componența fracțiunii de argilă fină;
- 3) reacția alcalină a soluției solului  $\text{pH} > 8,4$ ;
- 4) percolarea periodică, fie și de scurtă durată, a segmentului superior al profilului solului.

„Lesivajului sodic (natric)” îi revine rolul prioritar în cadrul procesului de solonețizare, care decurge în condiții de salinizare-desalinizare și este însoțit de dispersarea, descompunerea și iluvierea (precipitarea și acumularea particulelor fin argiloase și coloizilor).

„Lesivajul sodic” este favorizat de procesele permanente de alcalinizare a soluției solului, care contribuie la aprofundarea procesului de dispersare a coloizilor solului și de sporire a capacității de migrare a acestora.

În perioada cu predominarea curenților descendente de apă, acestea sunt levigate din segmentul superior al profilului în cel mediu, unde sub influența soluțiilor electrolitice de săruri trec din stare petizată (din suspensie) în stare coagulată (stare de gel), se acumulează și formează orizontul argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>).

O trăsătură specifică a solonețurilor din Republica Moldova este conținutul relativ moderat de sodiu în complexul adsorbantiv (Tab. Ursu), încât acesta nu corespunde trăsăturilor morfologice ale solonețurilor. În schimb, acestea sunt mai bogate în magneziu. К.К. Гедрејц considera că chiar dacă magneziul adsorbit se deosebește de cationii monovalenți, influența acestuia asupra însușirilor solurilor este considerabilă, iar solurile cu conținut mare de magneziu poartă trăsături identice cu cele ale solonețurilor. În acest sens, cercetările au arătat că prin impactul asupra unor însușiri (higroscopicitate maximală, gradul de dispersie, gonflarea, contractia, permeabilitatea pentru apă, ș.a.) în condiții de saturație totală cu magneziu, solurile ocupă o poziție intermediară între cele saturate cu calciu și cele saturate cu sodiu. Mai multe cercetări au constatat că magneziul adsorbit intensifică acțiunea peptizatoare a sodiului, când acestor doi cationi le revine ponderea majoră în CAS. Totodată, s-a stabilit că acțiunea intercalată a Na și Mg intensifică gradul de exprimare morfologică și funcțională a solurilor solonețizate și solonețurilor.

Însușirile nefavorabile ale solurilor sunt cauzate de gradul mai sporit de hidratare a cationului de  $\text{Mg}^{2+}$  decât al cationului de  $\text{Ca}^{2+}$ . În plus, acesta este reținut în CAS cu energie mai mare decât  $\text{Ca}^{2+}$ . Prin urmare, în cadrul proceselor de schimb cationic în sistemul CAS – soluția solului bogată în sodiu din CAS este substituit  $\text{Ca}^{2+}$ . Astfel se creează condiții pentru acțiunea intercalată a cationilor de Mg și Na. Prin această trăsătură solonețurile și solurile solonețizate din spațiul nostru se deosebesc de cele din alte spații și reprezintă un obiect de solonețizare mult mai complicat, deoarece metodele tradiționale bazate pe folosirea amendamentilor cu  $\text{Ca}^{2+}$  nu asigură substituirea magneziului din CAS, acesta fiind reținut mai puternic. Prin urmare, sunt necesare alte măsuri de ameliorare bazate pe măsuri complexe agro-, fito- și bioameliorative și practicarea unor cantități moderate de amendamente cu calciu.

În plus, prezența Mg în CAS contribuie la degradarea/descompunerea mineralelor secundare, care alcătuiesc CAS cu formarea compușilor hidrofili reprezentați prin forme coloidale ale acidului silicic  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ . Ultimelor le revine un rol important în constituirea trăsăturilor nefavorabile ale solonețurilor și solurilor solonețizate.

Cercetările lui H.П. Панов și coaut., au arătat că la consolidarea și slizizarea orizontului iluvial Bt<sub>na</sub> un rol important au nu numai humații de sodiu și magneziu fin dispersați, dar și substanțele minerale și organice naturale care pot fi foarte diverse. Acestea se pot acumula în soluri în rezultatul dezagregării mineralelor fin dispersate, dar și în urma proceselor biologice. Particularitățile complexelor de solonețuri și cernoziomuri solonețizate sunt determinate de evoluția îndelungată a pedogenezei regionale în condiții de landșaft de stepă și alternanță a perioadelor umide și uscate (Gh. Jigău și coaut., 2018; Gh. Jigău, 2019).

Depozitele cuaternare, preponderent lutoase, sunt așternute de depozite neogenice argiloase de origine marină salifere. În condiții de relief accidentat, procesele de eroziune conduc la dezgolirea acestora la suprafață cu implicarea pe spații restrânse a unor condiții și procese pedogenetice specifice. În plus, prezența depozitelor fin argiloase la adâncime creează condiții defectuoase de drenare. Ca urmare, pedogeneza în condiții de alternare a perioadelor umede și uscate determină procese pedogenetice contrar opuse.

Ciclicitatea climatică în regim secular și multianual (3, 5, 11, 21, 31 de ani) a contribuit și contribuie extinderii în spațiu a arealelor de acumulare intensivă a sărurilor (perioade uscate) succedate de perioade de desalinizare parțială și de realizare a proceselor cernoziomice zonale.

În cadrul procesului de dezvoltare a procesului de pedogeneză alcalină în spațiul Pridanubian în conformitate cu dinamica condițiilor bioclimatice se conturează 4 etape:

1. Umidă, în cadrul căreia predominau procesele tipogenetice zonale (formarea-acumularea humusului, agregarea-structurarea, migrarea carbonaților) și rol secundar al proceselor de mineralizare a apelor freatice, soluției solului, adsorbție a sodiului în complexul adsorbțiv al solului, gleizare cu formarea solurilor cernoziomice desalinizate, solonețizate.

Conform lui A.B. Ковда, principalii factori care determină formarea mineralizației și chimismului apelor freatice sunt:

- 1) Chimismul inițial al surselor (izvoarelor) care alimentează apele freatice;
- 2) Însușirile straturilor acvifere și interacțiunea apelor freatice cu acestea;
- 3) Regimul termic și de gaze al apelor;
- 4) Influența organismelor;
- 5) Caracterul bilanțului apelor freatice.

Sărăturarea soluției solurilor este determinată de sursele de apă și procesele care decurg în sol.

În solurile automorfe originea soluției solurilor se datorează în exclusivitate apei provenite din precipitațiile atmosferice, care se reține în porii solului.

În condiții de pedogeneză cu participarea apelor freatice (hidromorfe, semihidromorfe), soluția solurilor se formează din apa provenită din precipitații, dar și cele aportate din apele freatice cu franjul de apă capilar sprijinită. Rolul apelor freatice în constituirea soluției solurilor este variabilă în dependență de adâncimea apelor freatice și cantitatea de precipitații atmosferice (Ковда, 1984).

Sporirea concentrației sărurilor ușor solubile în apele freatice și soluția solului este însoțită de transferul concomitent în precipitat al sărurilor cu solubilitate mai mică în roci și profilul solului.

2. Uscată, în cadrul căreia decurge intensiv procesul de acumulare a sărurilor și de adsorbție intensivă a sodiului în complexul adsorbțiv al solului. Intensitatea procesului de formare și de acumulare a humusului pe parcursul acesteia se reduce, semnificativ, ca urmare a reducerii cantității de resturi organice încadrate în pedogeneză, dar și celor de modificare a componenței și activității biologice a microbiotei solului sub acțiunea sărurilor.

Adsorbția sodiului în complexul adsorbțiv conduce la dezagregarea-destructurarea masei solului și peptizarea particulelor fin dispersate (peptizarea sodică).

3. Alternanța proceselor de salinizare-desalinizare, care conduce la migrarea și diferențierea sărurilor, compușilor minerali și organici pe profilul solului. Reducerea conținutului de săruri în condiții de desalinizare conduce la sporirea capacității de migrare a coloizilor minerali, organici și organo-minerali cu formarea orizontului luvic însărăcit în particule fin dispersate saturate cu sodiu și celui iluvial în care acestea se acumulează. Ulterioara uscare a profilului solului conduce la structurarea stratului pedogenetic activ cu formarea structurii nuciform-bulgăroase în orizontul Am/l și celei columnare în orizontul Btna.
4. Stepizare–autoameliorare care presupune extragerea și înstrăinarea sărurilor din orizontul humoso-acumulativ molic cu vegetația ierboasă de stepă (în cenușa acesteia cca 40% revin sulfatului de sodiu) și substituirea sodiului cu calciu provenit din descompunerea resturilor vegetale. Aceasta conduce la ameliorarea structurii în orizontul Am/l, permeabilității pentru apă și conductivității hidraulice, capacității pentru apă etc. În timp procesele specificate se extind în orizontul argilo-iluvial natric.

În cazul solonețurilor crustice și celor cu coloane mărunte, procesele specificate se realizează direct în orizontul Btna.

În toate cazurile acestea decurg foarte lent la scara pedologică a timpului. Ca urmare, în soluri se păstrează trăsăturile relictice formate în precedentele faze de pedogeneză. Relictivitatea însușirilor solonețurilor este o trăsătură provincială a pedogenezei halomorfe alcaline în regiune și este determinată de durata relativ scurtă a pedogenezei de la ultima fază periglaciară a procesului regional de pedogeneză, în general, și a etapei de stepizare în particular. Totodată, aceasta se datorează intensității reduse a proceselor de stepizare în condiții de „aridizare halomorfă solonețică” a solurilor, ca urmare a ponderii mari de rezerve de apă „fiziologic moartă” prezentă

în solonețuri. „Aridizarea halomorfă solonețică” este determinată de alcătuirea granulometrică argiloasă fină și foarte fină a solurilor, ponderea mare a smectit-montmorillonitelor (până la 76%) în componența mineralelor argiloase, gradul înalt de hidrofilitate a coloizilor, porozitatea totală redusă și ponderea mică a porilor conductori de umiditate în componența acesteia.

Recunoașterea „relictivității” unor trăsături ale solonețurilor (conținutul de humus, componența humusului, specificul profilului humifer și celui carbonatic, alcătuirea mineralogică, ș.a.) nu presupune dezicerea de la principiul corespunderii pedogenezei mediului ambiant, care a fost formulat de V.V. Docuceaev. Perceperea contemporană a acestui principiu permite luarea în calcul a raporturilor reale a tuturor aspectelor pedogenezei și recunoașterea că formarea solonețurilor și solurilor solonețizate este produs a desfășurării permanente a proceselor de transformare parțială a mineralelor, acumulării biogene a compușilor hidrofilii proveniți din procesele locale de gleizare (Gh. Jigău, 1983).

În tabelul 16 sunt prezentate legitățile de evoluție a procesului de solonețizare în rândul evolutiv genetic: solonețuri hidromorfe → semihidromorfe → automorfe (Gh. Jigău, 1983).

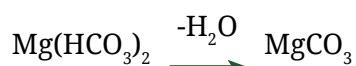
Tabelul 16. Analiza comparativă a însușirilor chimice, fizice și fizico-chimice ale solonețurilor molice hidromorfe, semihidromorfe și automorfe (Gh. Jigău, 1983)

Parametrii	Orizont	Subtipurile		
		hidromorf	semihidromorf	automorf
		n = 42	n = 53	n = 61
		M ± m	M ± m	M ± m
Săruri ușor solubile,%	Maximal salifer	1,68 ± 0,14	1,75 ± 0,09	1,23 ± 0,05
Conținut de humus, %	Am	5,94 ± 0,32	5,0 ± 0,30	3,96 ± 0,20
	Bt <sub>na</sub> 1	3,40 ± 0,30	3,1 ± 0,15	2,80 ± 0,09
	Bt <sub>na</sub> 2	2,93 ± 0,28	2,64 ± 0,19	2,60 ± 0,11
Conținut de sodiu, % din suma de baze reținute	Am	16,10 ± 0,08	11,33 ± 0,10	9,08 ± 0,06
	Bt <sub>na</sub> 1	28,73 ± 2,80	21,36 ± 1,34	13,8 ± 1,26
	Bt <sub>na</sub> 2	24,65 ± 2,67	22,57 ± 1,50	16,7 ± 2,19
Conținut de magneziu, % din suma de baze reținute	Am	26,81 ± 1,37	29,13 ± 1,64	30,00 ± 1,28
	Bt <sub>na</sub> 1	28,30 ± 1,53	37,02 ± 1,84	35,40 ± 1,80
	Bt <sub>na</sub> 2	28,60 ± 2,89	36,20 ± 1,68	38,47 ± 1,53
Conținut de argilă fină (<0,001 mm), %	Am	24,30 ± 1,93	18,64 ± 1,70	14,30 ± 1,04
	Bt <sub>na</sub> 1	38,30 ± 1,20	41,30 ± 1,84	36,60 ± 2,13
	Bt <sub>na</sub> 2	34,90 ± 1,40	38,90 ± 1,83	36,12 ± 2,10
Conținut de calciu, % din suma de baze reținute	Am	57,09	59,54	60,92
	Bt <sub>na</sub> 1	42,97	41,62	50,80
	Bt <sub>na</sub> 2	50,75	41,23	44,83

În cadrul șirului evolutiv solonețuri hidromorfe → semihidromorfe → automorfe, cele mai mici modificări le suferă regimul carbonaților. Multiplele cercetări în teren au arătat că profilul carbonaților este determinat de starea inițială a acestuia, orizontul iluvial-carbonatic atestându-se aproximativ la aceeași adâncime. Aceasta ne permite să concluzionăm că datorită gradului mic de solubilitate a carbonaților, modul de distribuire a acestora pe profilul solurilor, indiferent de regimul hidric, se conservează. În schimb, se atestă schimbări cantitative și calitative.

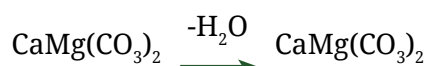
Primele presupun sporirea cantității de carbonați în orizontul iluvial carbonatic ca urmare a depunerii carbonaților în urma interacțiunii cu apele freatiche. Mai intensiv aceste procese se atestă în solonețurile hidromorfe. Pe măsura reducerii ponderii și rolului apelor freatiche în pedogenează, se reduce și intensitatea schimbărilor cantitative.

Schimbările calitative presupun procesele de dolomitizare a carbonaților ca urmare a depunerii carbonatului de magneziu în urma aportului acesta cu apele freatice și deshidratării partiiale a acestuia:



Dată fiind capacitatea mare de hidratare a cationului de magneziu ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sporirea conținutului de  $\text{MgCO}_3$  în componența carbonaților din sol conduce la sporirea gradului de hidrofilitate a carbonaților.

În cadrul șirului evolutiv solonețuri hidromorfe → semihidromorfe → automorfe, pe măsura sporirii gradului de automorfizare, gradul de hidrofilitate al carbonaților se reduce:



Orizontul cu acumularea maximală a acestora este limita inferioară a stratului pedogenetic activ.

Ghipsul, ca urmare a unei solubilități mai mari, pe măsura intensificării gradului de automorfizare, este levigat mai adânc, așa încât orizontul de acumulare a acestuia se formează sub stratul pedogenetic activ.

Orizontul de acumulare maximală a sărurilor ușor solubile se atestă în stratul subiacent celui ghipsic. Totuși, în anii cu umiditate sporită se atestă ascensiunea lor în stratul pedogenetic activ.

Automorfizarea lentă conduce la reducerea conținutului de humus ca urmare a oxidării-mineralizării substanțelor humice puternic reduse puțin stabile.

În cadrul procesului de stepizare a solonețurilor au loc procese de transformare a complexului adsorbativ al solurilor: se reduce cantitatea de sodiu în complexul adsorbativ al solului și sporește cantitatea de calciu. Aceasta indică autoameliorarea solonețurilor în cadrul rândului evolutiv: solonețuri hidromorfe → semihidromorfe → automorfe. În schimb conținutul de magneziu, în virtutea energiei mai mari de reținere în CAS, sporește, acesta fiind principalul factor care limitează procesul de autoameliorare. Aceasta ne permite să conchidem că trăsăturile morfologice ale solonețurilor automorfe poartă caracter relictic și nu sunt pasibile proceselor de ameliorare prin metode agrotehnice. În același timp, considerăm că trăsăturile agrofizice extrem de nefavorabile sunt determinate de gradul avansat de peptizare a argilei fine și coloizilor minerali, organo-minerali și organici formați în fazele anterioare de pedogeneză. Autoameliorarea este limitată și de particularitățile geochemice menționate mai sus, care fac imposibilă încadrarea resurselor proprii ale solurilor (carbonații de calciu, ghipsul) în pedogeneză și autoameliorare. Pornind de la aceasta, au fost elaborate principiile procedurii biofizico-tehnologic de ameliorare a complexelor de solonețuri și cernoziomuri solonețizate (Gh. Jigău și coaut., 2020), care vor fi examinate în respectivul compartiment al prezentei lucrări.

Culturile agricole reacționează în mod diferit la trăsăturile nefavorabile ale solonețurilor (tabelul 17).

Tabelul 17. Stabilitatea plantelor de cultură la conținutul de sodiu (Ковда, 1984)

Nestabile	Moderat stabile	Stabile
Fasolea	Morcovul	Lucerna
Porumbul	Trifoiul	Orzul
Piersicul	Salata	Sfecla roșie
Mărul	Ceapa	Sfecla de zahăr
Părul	Ridichea	Gutuiul
Cireșul	Secara	Sulfina
Prunul	Raigrasul	Iarba de Sudan
Caisul	Sorgul	
Prazul	Tomatele	
Cartoful	Grâul	
Migdalul	Măzăricea	



Solonețizarea reduce recoltele majorității culturilor agricole (tabelul 18).

Tabelul 18. Impactul solonețizării asupra nivelului fertilității solului (Вальков и др.)

Gradul de solonețizare a solurilor Subtipul de solonețuri	Nivelul fertilității pentru zona		
	Nord	Centru	Sud
Nesolonețizate	1,00	1,00	1,00
Slab solonețizate	0,80	0,88	0,88
Moderat solonețizate	0,71	0,68	0,68
Solonețuri cu coloane adânci	0,55	0,55	0,60
Solonețuri cu coloane medii	0,45	0,45	0,45
Solonețuri cu coloane mărunte	0,30	0,30	0,40
Solonețuri crustice	0,15	0,15	0,25

Tabelul 19. Nivelul fertilității solurilor solonețizate în condiții de plantații multianuale

Gradul de solonețizare	Conținut de sodiu, % din capacitatea de schimb cationic	Plantații	
		Viticole	Pomicole
Nesolonețizate	<3	1,00	1,00
Foarte slab solonețizate	3-5	1,00	0,95
Slab solonețizate	5-10	0,90	0,50
Moderat solonețizate	10-15	0,70	0,25
Puternic solonețizate	15-20	0,50	0,10
Solonețuri	>20	0,00	0,00

Luând în considerație cele prezentate mai sus, urmează a fi identificați principalii factori care limitează fertilitatea solurilor solonețizate și a solonețurilor, care la rândul lor pot conduce la deșertificare.

**Factorul agrofizic.** Se realizează în condiții de absență a structurii agronomic-valorose. Condițiile agrofizice ale solonețurilor sunt determinate de trăsăturile orizontului argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>): la umezire acesta gonflează puternic, devine foarte plastic, vâcos, brusc se reduce porozitatea, aerul din fisuri este eliminat, iar ca urmare plantele suferă din cauza deficitului de oxigen.

La uscare, în rezultatul tasării, densitatea solului sporește până la valori care creează condiții extrem de defectuoase pentru dezvoltarea și creșterea rădăcinilor plantelor. Se formează bolovani, coloane sau formațiuni columnoide departajate prin fisuri adânci, care formează căi preferențiale pentru deplasarea apei în straturile adânci. În perioadele uscate, cu temperaturi extreme, prin acestea se pierde umiditatea la evaporare.

În orizontul subiacent, condiții favorabile pentru dezvoltarea rădăcinilor se creează doar în spațiile formate de scurgerile de humus (limbi humifere). În același timp, în acesta sunt prezenți carbonații și sărurile ușor solubile, uneori în cantități toxice.

**Factorul hidrologic.** Dat fiind faptul că solonețurile și solurile solonețizate dispun de alcătuire structural-agregatică extrem de nefavorabilă, compactare puternică și foarte puternică, volum total al spațiului poros <40%, în componența căruia predomină porii fini ocupați de apa fizic stabilă și labil legată, acestea se caracterizează cu permeabilitate foarte mică pentru apă, conductivitate hidraulică extrem de mică, care sunt de 10-15 ori mai mici decât în solurile nesolonețizate. Ca urmare solonețurile și solurile solonețizate valorifică <40% din precipitațiile atmosferice.

O altă particularitate a regimului de umiditate a solonețurilor și solurilor solonețizate este ponderea mare a rezervelor de apă inaccesibilă (neproductivă) plantelor în componența rezervelor totale de apă. Aceasta se datorează alcătuirii granulometrice fină și foarte fină, conținutului mare de coloizi puternic hidrofilii, spațiului poros foarte fin <0,2 μm și 0,2-10 μm. Ca urmare, apa este

reținută cu forțe care depășesc de mii de ori forța de suucțiune a rădăcinilor plantelor, încât chiar fiind prezentă în sol, apa este inaccesibilă. Prin urmare, terenurile cu soluri solonețizate și solonețuri se caracterizează cu deficit pronunțat de apă chiar și în anii cu condiții climaterice normale.

**Factorul fiziologic.** Formarea solonețurilor și solurilor solonețizate este determinată de procesele de salinizare-desalinizare, prin urmare pe parcursul perioadei de vegetație se atestă perioade cu conținuturi de săruri în soluția solului în cantități toxice pentru plante, cu reprimarea și chiar peirea în masă a culturilor. Totodată, atragem atenția că sodiul schimbabil are impact negativ nu numai indirect prin însușirile fizice ale solurilor, dar și direct prin crearea unei alcalinități sporite ( $pH > 8,4$ ), îndeosebi când în soluția solului este prezentă soda ( $Na_2CO_3$ ). În aceste condiții în soluri se instaurează un deficit pronunțat de calciu.

Impactul carbonatului de sodiu este mult mai mare decât a altor săruri. Dacă considerăm toxicitatea sulfatului de sodiu 1, atunci toxicitatea clorurii de sodiu alcătuiește 3, iar a carbonatului de sodiu 10. Deja la valori  $pH = 8$  carbonatul de sodiu conduce la excluderea calciului din soluție și cauzează carență de calciu, iar la valori de  $pH > 8,7$  – carență pronunțată de magneziu.

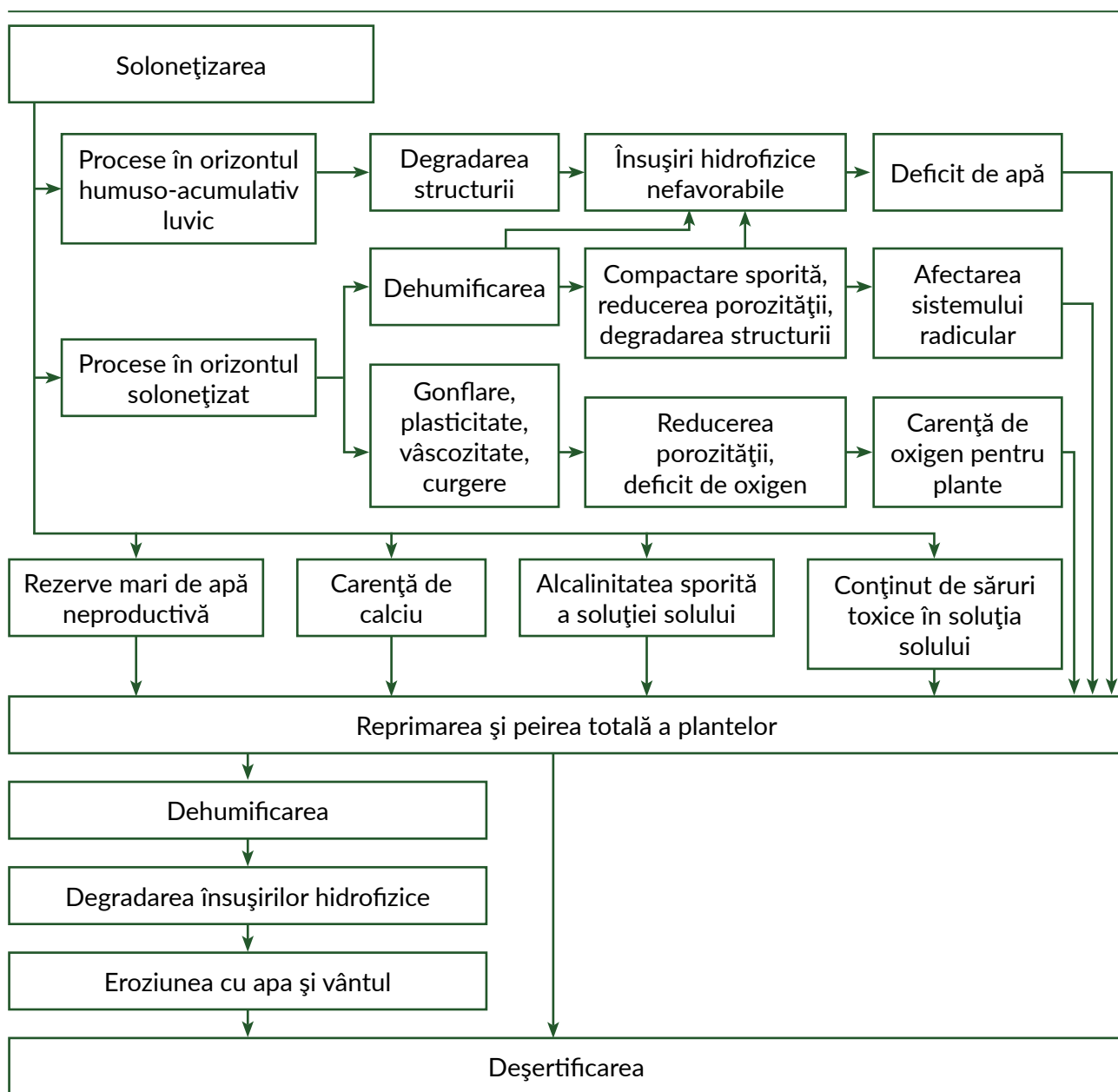


Fig. 11. Rolul și locul solonețizării în deșertificarea terenurilor

### 1.1.5. Supraumezirea și hidromorfizarea

În cadrul celor două escale întreprinse în gubernia Basarabia la sfârșitul sec. XIX, V.V. Docuceaev a atestat prezența pe versanții lini a arelelor de soluri „umede” cu vegetație „de baltă” (Докучаев, 1901). Mai târziu, informații despre solurile „umede” se constată în rapoartele cu privire la starea agriculturii în Basarabia, elaborate în perioada 1911-1916 de A.I. Nabochih.

Conform rezultatelor primului tur de cartografiere în masă a teritoriului Republicii Moldova, care a demarat la începutul anilor 50 ai secolului trecut, suprafața terenurilor supraumezite (umede) extraaluviale alcătuia mai puțin de 10 mii ha (conform unor calcule, cca 7 mii ha). Tot în această perioadă s-a afirmat și denumirea de „mociar” pentru atare spații, termen folosit încă în anii 40 pentru descrierea spațiilor umede în stânga Nistrului. Ulterior, acest termen s-a întronat în literatura de specialitate, fiind utilizat pentru terenurile extraaluviale supraumezite din zonele de silvostepă și de stepă cu cernoziomuri.

În anii 70 ai secolului trecut, suprafața „mociarurilor” alcătuia cca 30 mii ha (Сувак и др., 1972), iar către sfârșitul anilor 80, deja 50 mii ha (Сувак и др., 1986). Actualmente, dezvoltarea „mociarurilor” în zona de stepă înregistrează proporții necontrolate, în același timp diversificându-se mecanismele de formare și formele de manifestare în Republica Moldova, Ucraina, Regiunea Cernoziomică Centrală a Rusiei, România.

Dezvoltarea lor presupune transformarea contemporană a însușirilor, regimurilor, sensului procesului de pedogeneză a cernoziomurilor cauzată de supraumezire. Conform ultimelor calcule, la sfârșitul secolului XX în țara noastră suprafața terenurilor extraaluviale supraumezite alcătuia mai mult de 80 mii ha. Dacă ținem cont de suprafețele aferente spațiilor supraumezite, suprafața totală degradată sub acțiunea supraumezirii depășește 120 mii ha de terenuri înalt productive. O trăsătură specifică a supraumezirii (mociarizării) contemporane este extinderea accelerată a acestora în spațiu. Ca urmare, terenurile afectate de supraumezire, în timp, se constituie ca un tip nou de landșafturi cu vegetație tipică hidrofilă și soluri minerale hidromorfe, cu grad diferit de gleizare, salinizare și solonetizare. Atare landșafturi poartă denumirea de landșafturi mociarice.

Landșafturile mociarice (sinonim – „mociar”, „mociac”) – spațiu supraumezit de stepă, format sub acțiunea factorilor naturali (primari) și antropogeni (secundari), caracterizat printr-un regim hidrologic specific.

În Republica Moldova landșafturile mociarice pot fi primare și secundare.

Landșafturile mociarice primare aparțin de versanții cu suprafață ondulată cu „ochiuri” cu nivel ridicat pulsant al apelor freatice asigurat de prezență la adâncime mică a straturilor de argile fine neogenice impermeabile sau foarte greu permeabile pentru apă. Apele freatice în mezelemente de relief provin din scurgerile interne pe suprafața rocilor impermeabile, dar și din infiltrarea apei acumulată din scurgerile superficiale în acestea.

Landșafturile mociarice secundare se formează în rezultatul acțiunii factorilor antropogeni – lucrări de desfundare (0,6-0,8 m) în spațiile cu risc de stagnare a apei provenite din topirea zăpezilor sau din precipitațiile atmosferice abundente în martie-aprilie, determinat de prezența argilelor impermeabile la adâncimi de 1,0-1,5 m; supracompactarea stratului subarabil cu reducerea semnificativă a permeabilității pentru apă, iar ca urmare stagnarea apei în stratul arabil sau chiar băltirea acesteia în spații depresionabile; dereglarea regimului hidrologic al versanților ca urmare a activităților antropogene intensive (lucrări de desfundare, afânări adânci, amenajări hidrologice, irigații ș.a.) în amonte de spațiile din cadrul versanților cu risc de supraumezire. Ultimul factor conduce la formarea landșafturilor mociarice în segmentul inferior al versanților sau chiar la piciorul acestora.

Spre deosebire de alte regiuni din zona de stepă, în Republica Moldova nu se atestă terenuri supraumezite, originea cărora este cauzată de irigații, inundări etc.



Fig. 12. Supraumezirea solului  
Sursa: <https://www.hey moldova.com/>

Diversificarea mare a factorilor și condițiilor de formare a terenurilor extraaluviale implică necesitatea identificării unor criterii ușor accesibile de sistematizare a acestor terenuri. În acest sens, considerăm că cea mai indicată este divizarea lor în două grupe:

- a) climatogene;
- b) litogene.

În opinia noastră, o atare divizare ia în calcul tipul de alimentare cu apă (sursa de apă care determină supraumezirea) și factorii care cauzează acumularea apei în exces și stagnarea acesteia. În funcție de aceasta, se disting două tipuri de alimentare cu apă: atmosferic și subteran.

„Landșafturile mociarice” litogene se caracterizează cu tip subteran de alimentare cu apă și se formează în spațiile cu nivel ridicat al apelor freatice așternute de depozite argiloase greu permeabile pentru apă, preponderent de vârstă neogenică de origine marină salifere. Se formează preponderent pe versanții cu înclinația 1-5°. În spațiu, acestea se disting printr-un grad mai sporit de umiditate și vegetație higrofilă. Componenta covorului vegetal este în funcție de gradul de salinizare și solonețizare. Pe terasele râurilor astfel de terenuri se atestă în spațiile cu adâncime mică a argilelor eluvial-deluviale de origine continentală, nesalinizate, de vârstă cuaternară greu permeabile pentru apă. Covorul vegetal este reprezentat prin asociații de plante higrofite, în care predomină stuful și diverse specii de rogoz. Se caracterizează printr-un grad redus de salinizare și solonețizare.

Pe versanții cu înclinația >5°, „landșafturile mociarice” se formează în spațiile alunecărilor de teren străvechi și contemporane, în cadrul cărora se creează un bilanț și regim specific al apei. Trăsătura specifică a acestor landșafturi este relieful neomogen și covorul vegetal complex. În cadrul acestora gradul de salinizare și de solonețizare variază de la slab până la foarte puternic.

Pentru landșafturile mociarice litogene de rând cu procesele zonale de pedogeneză cernoziomică, decurg o serie de procese specifice induse de ambianța pedogenetică caracteristică acestora: gleic, salinizarea, solonețizarea, dolomitizarea carbonaților, slitizarea, iar uneori și turbificarea.

Criteriul-diagnostic de bază al acestora este prezența orizonturilor gleice, mai frecvent BG (orizont de tranziție gleic).

Principalul factor care cauzează formarea landșafturilor mociarice climatogene este stagnarea apei provenită din precipitațiile atmosferice.

Supraumezirea accelerată a cernoziomurilor este favorizată de modificarea condițiilor de umezire cauzată de alternarea perioadelor cu anii secetoși cu perioadele umede în cadrul ciclurilor de 5, 11, 21, 30, 100 ani. Mai frecvente sunt perioadele cu parametri climatici mai sporți sau mai reduși comparativ cu parametri medii multianuali în cadrul ciclurilor 3-11 ani. Un loc aparte revine ciclului de 30 ani (ciclul Brikner).

Conform cercetărilor Г.С. Базыкина, un atare ciclu a demarat în anii 70 ai secolului trecut și continuă până în prezent. Acesta se caracterizează prin temperaturi mai ridicate în perioada rece a anului („încălzirea globală”) și umiditate (cantități mai sporite de precipitații) mai sporită în perioada caldă a anului (Базыкина, 2014).

Conform autorului citat, o particularitate specifică a acestui ciclu atmosferic este suprapunerea acestuia în timp cu alt fenomen ciclic – sporirea nivelului apelor freatice, cauzat de sporirea activității solare și a nivelului oceanului planetar și bazinelor acvatice continentale.

O atare îmbinare a factorului climatic și celui hidrologic a condus la supraumezirea solurilor în spațiile unde se creează condiții defectuoase pentru deplasarea descendentă a apei din precipitații înmagazinată în sol și stagnarea acesteia pentru perioade îndelungate de timp și deplasarea regimurilor aerohidric și celui de oxido-reducere în favoarea proceselor de reducere. Sporirea frecvenței stărilor de supraumezire și celor de suprauscă cauzează procese de metastructurare și sporește predispunerea terenurilor la supraumezire chiar și în anii cu cantități normale de precipitații atmosferice. Gradul de exprimare cantitativă a modificărilor specificate este în funcție de condițiile geomorfologice, litologice, hidrologice, hidrogeologice a teritoriilor și este mai pronunțat în solurile arabile decât în cele native.

Anul hidrologic al teritoriilor presupune două perioade distincte:

- a) rece – octombrie-martie;
- b) caldă – aprilie-septembrie.



Fig. 13. Supraumezirea solului (excesul de umiditate din sol)

Sursa: <https://gorjeanul.ro/>

Pe parcursul primei perioade are loc înmagazinarea apei în sol cu predominarea curenților descendente de apă. Perioada caldă este caracterizată de predominarea curenților ascendente și evaporarea apei din sol.

O serie de cercetări au scos în evidență o tendință stabilă de sporire a cantității de precipitații atmosferice și de încălzire a climei în secolul XX și începutul secolului XXI (Золотокрылин и др., 2006, 2007) și o tendință regională de sporire și redistribuire a temperaturilor și precipitațiilor atmosferice în sensul sporirii în perioada de iarnă în zonele de silvostepă și de stepă ale platformei Est-Europene (Кузьмина, 2007). Aceasta a condus la modificarea regimului hidric al landșafturilor. În același timp, Г.С. Базыкина și О.С. Бойко în cadrul unei analize a condițiilor climatice în perioada 1947-1972 (până la „încălzirea globală”) și din 1973 până în 2010 au constatat că în perioada 1973-2010 se atestă o încălzire sesizabilă, îndeosebi în lunile de iarnă, sporirea cantității de precipitații atmosferice pe parcursul perioadei calde și sporirea coeficientului de umezire (Базыкина, Бойко, 2010). În iernile „calde” zăpada umedă nu este suflată de pe suprafața solului, iar în perioadele scurte de încălzire se topește, iar apa se înmagazinează în solul neînghețat. Ca urmare, pe parcursul perioadei iarnă-primăvară sporește atât adâncimea de percolare a profilului, cât și rezervele de apă în sol. Mai pronunțat aceasta se atestă în cernoziomurile arabile. Conform calculelor autorilor citați, în perioada 1973-2010 prin astfel de condiții s-au caracterizat 76% din numărul total de ani. A sporit și adâncimea de percolare a profilului cernoziomurilor, franjul de apă descendentă depășind 150 cm, cu scurgerea apei gravitaționale în straturile mai adânci. Dat fiind că pe parcursul vegetației mai intensiv sunt consumate rezervele de apă din stratul 0-150 cm, apa din straturile mai adânci practic rămâne neconsumată. Periodic în acestea sunt aportate noi porțiuni de apă, astfel realizându-se efectul cumulativ de neohidromorfizare adâncă a cernoziomurilor.

În perioada 1973-2010 numărul anilor cu percolare adâncă a profilului a sporit de la 8% (1947-1972) până la 18%. În așa ani, profilul solului a funcționat în condiții de suprasaturare cu apă necharacteristice cernoziomurilor. Ca urmare, în soluri se dezvoltă procese care se răsfrâng asupra mai multor trăsături: levigarea produselor bio- și pedogenezei mobile din stratul pedogenetic activ, inclusiv a substanțelor humice mobile, modificarea profilului humifer, carbonatic și neoformațiunilor carbonatice.

În cernoziomurile arabile procesele specificate se realizează cu intensitate mai redusă ca urmare a unei permeabilități și conductivități pentru apă mai reduse.

În condițiile Republicii Moldova, impactul anomaliilor climatice asupra însușirilor și regimurilor cernoziomurilor presupune 3 variante evolutive:

- 1) În condiții de nivel adânc al apelor freatice (sub 5-6 m) și alcătuire litologică omogenă a profilului solului, care exclude prezența de straturi nepermeabile pentru apă care ar putea conduce la formarea pânzei de apă așezată, solul, în funcție de volumul și structura spațiului poros, înmagazinează apa până la saturarea tuturor porilor cu apă sau până ce viteza cu care o înmagazinează sau o deplasează prin pori nu este depășită.

O parte din aceasta se deplasează lent prin sol sub acțiunea forței de gravitație și formează rezervele potențiale de apă. Cea mai mare cantitate însă, se reține în sol sub acțiunea forțelor meniscular-capilare, în pofida forței de gravitație.

Cantitatea maximală de apă reținută în porii capilari în stare capilar-suspendată, când toți aceștia sunt ocupați de apă, reprezintă capacitatea de câmp pentru apă (CC). În aceste condiții în soluri porii necapilari rămân neocupați de apă și nu se atestă procese caracteristice supraumezirii și nu persistă riscul acesteia.

- 2) În condiții de nivel ridicat al apelor freatice (4-5 m), franjul de apă capilar sprijinită se atestă la adâncimea de 2,0-1,5 m. În anii cu umiditate sporită, când profilul solului se percolează până la 1,5-2,0 m, are loc conexiunea franjului de apă capilar suspendată și celui de apă capilar sprijinită și supraumezirea profilului pentru o perioadă lungă de timp. Doar în perioada uscată (iulie-august) umiditatea în segmentele superior și mediu al profilului se reduce sub nivelul URC.

În schimb, pe parcursul perioadei pedogenetic active, în acestea, procesele pedogenetice decurg în condiții de hidromorfism.

- 3) În condiții de nivel adânc al apelor freatice (sub 5-6 m), dar alcătuire litologică neomogenă cu prezența de orizonturi mai greu permeabile (subarabil compact, argilo-iluvial, vertic, slitizat, consolidat), în anii și perioadele umede se formează pânza de apă capilar suspendată care în timp implică un trend modificat al procesului de pedogeneză.

Procesele specificate se intensifică în cadrul schimbărilor climatice respective.

Cercetările desfășurate de H.M. Новикова și O.Г. Назаренко în perioada 1997-2006 au evidențiat dependența dintre evoluția suprafețelor terenurilor cu supraumezire climatogenă și abaterile precipitațiilor anului concret de la suma lor medie multianuală în perioada noiembrie-mai. În condițiile când gradul de asigurare cu precipitații  $\geq 75\%$  se atestă suprafețe maxime de terenuri cu supraumezire climatogenă. Dacă asigurarea cu precipitații este  $P \leq 25\%$  – suprafețele sunt minime. Pedogeneza, în condiții de supraumezire locală climatogene permanente sau periodice/sezoniere, este determinată de ambianța în care se realizează interacțiunea dintre faza solidă și cea lichidă. În cadrul acestei interacțiuni rolul decisiv îl are prezența materiei organice în componența fazei solide. Prezența materiei organice în soluri conduce la dezvoltarea anaerobiozei. În aceste condiții este posibilă conservarea materiei organice, dezvoltarea procesului gleic și celui de reducere a sulfatilor. Aferente acestora sunt formarea humusului grosier, salinizarea, solonețizarea, vertisolarea, slitizarea. Prin această prismă de idei, hidromorfismul climatogen presupune restructurarea profundă a tuturor fazelor solului, iar interacțiunile dintre acestea poartă caracter ireversibil.

Modificarea însușirilor și regimurilor solurilor supraumezite se caracterizează cu tendințe și sensuri comune ale proceselor transformationale atât în cadrul landșafturilor mociarice litogene, cât și celor climatogene. Astfel, atât supraumezirea freatică, cât și cea climatogenă conduc la formarea unor soluri identice, dar în termeni diferiți în funcție de starea inițială diferită a cernoziomurilor supuse supraumezirii.

Caracterul comun al modificărilor se datorează faptului că în condiții de landșafturi mociarice rolul prioritar în pedogeneză revine apelor solului (climatogene) și celor freatice (litogene) care determină modificările caracteristice supraumezirii. Acest factor transformational comun atenuează în mare măsură posibilele particularități cauzate de condițiile geomorfologice și geologice (roca mamă). Prin urmare, modificările în cadrul însușirilor și regimurilor solurilor cauzate de supraumezire pot fi prognozate.

În cadrul fenomenului de supraumezire a cernoziomurilor este necesar să distingem două aspecte:

- a) pedogenetic;
- b) degradativ.

Sub aspect pedogenetic supraumezirea/hidromorfismul este un fenomen aferent evoluției pedogenezei cernoziomice la scara pedologică a timpului sincronizat cu evoluția climei și a proceselor de modelare a suprafeței scoarței terestre cauzate de aceasta în cadrul actualei etape de evoluție a pedogenezei regionale.

Analiza factorial-procesuală a pedogenezei cernoziomice în regiune a arătat că hidromorfizarea cernoziomurilor s-a repetat cu o periodicitate de 3-4 mii ani pe parcursul holocenului (ultimii 12-10 mii ani) (Gh. Jigău și coaut., 2018).

O particularitate specifică a pedogenezei hidromorfe este sporirea resurselor energetice și inițierea proceselor de restabilire a pedogenezei cernoziomice în cadrul spațiilor unde intensitatea acesteia s-a redus sub pragul critic (Gh. Jigău și coaut., 2018).

Aspectul degradativ presupune modificări cantitative și calitative în sensul proceselor tipogenetice zonale cernoziomice și implicarea unor procese noi necaracteristice pedogenezei zonale (Fig. 14).

Procesele degradative în fazele incipiente ale metapedogenezei hidromorfe decurg cu viteză mică, dar regimul relativ constant al ambianței pedogenetice atribuie acestora un trend progresiv evolutiv și se atestă doar din momentul când acestea ating nivelul critic.

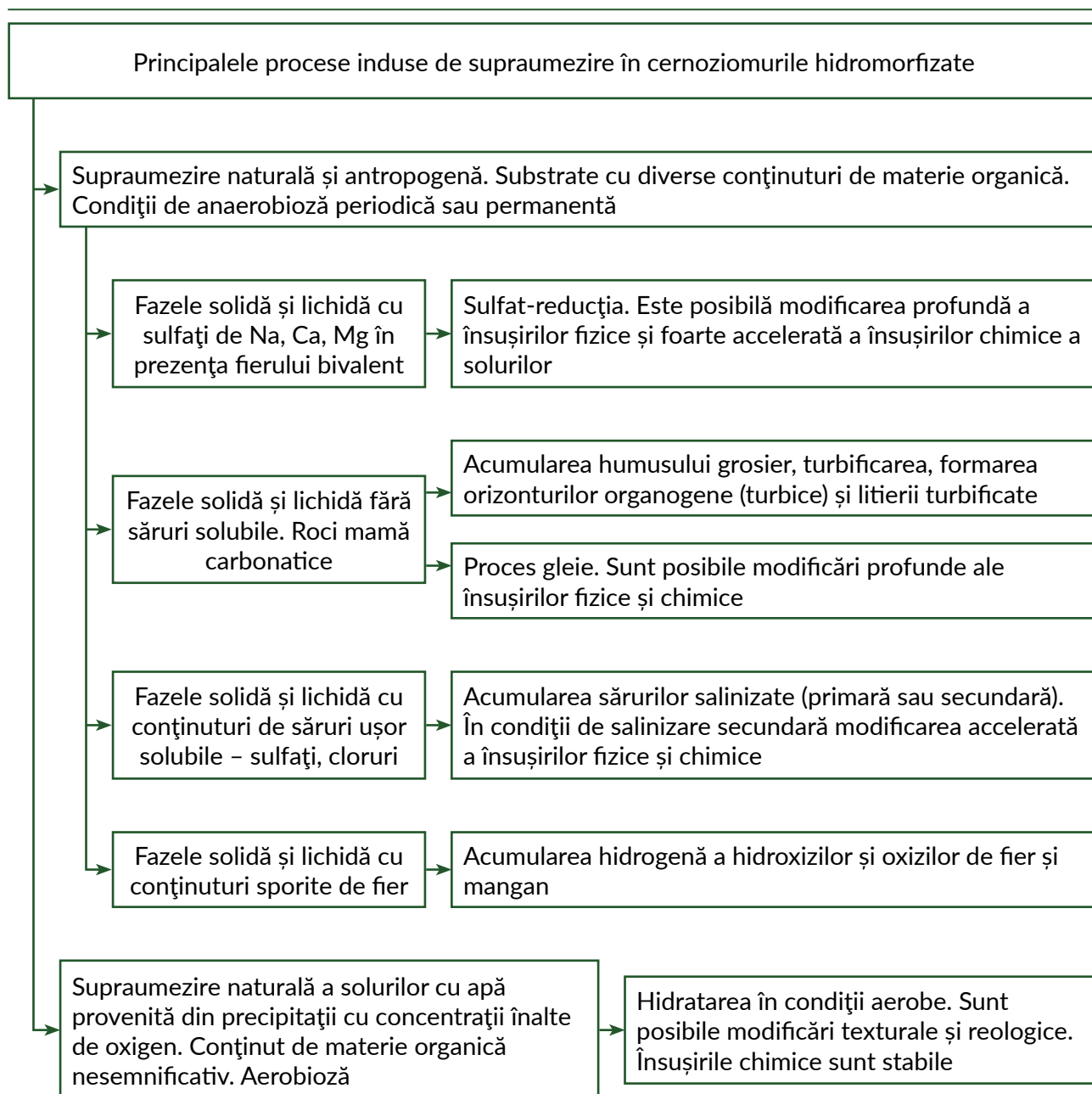


Fig. 14. Procese pedogenetice contemporane induse de supraumezire

#### *Evoluția procesului de formare și de acumulare a humusului în condiții de supraumezire*

Supraumezirea cernoziomurilor este însoțită de modificarea stării de humus a acestora. Conform mai multor autori (Безуглова, Тищенко, 2012; Тищенко, 2004; Ильина, 2006), dar și cercetărilor noastre (Gh. Jigău, 1983; Gh. Jigău și coaut., 2017), supraumezirea locală este însoțită de sporirea conținutului de humus. Conținutul de humus sporește de 1,5-2,0 ori față de conținutul acestuia în cernoziomuri, lucru cauzat de mai mulți factori:

- în condiții de supraumezire în soluri se instaurează un regim oxido-reducător preponderent reducător. În aceste condiții în porii capilari agregatici decurg, preponderent, procese biochimice de humificare. În același timp, se reduce intensitatea procesului de mineralizare a resturilor organice și humusului (nu se mai alternează umezirea-uscarea așa cum are loc în cernoziomuri);
- intensitatea de decompunere a resturilor organice se reduce semnificativ, iar ca urmare în soluri se acumulează materie organică semidescompusă. Datorită acestui fapt, în solurile supraumezite se constată sporirea conținutului de substanțe organice în fracțiunea de



praf grosier (0,05-0,01 mm) și praf mediu (0,01-0,005 mm). Conținutul de materie organică în acestea variază în intervalul 3-4%;

- în condiții de supraumectare, cantitatea de biomasă produsă anual și respectiv și de resturi vegetale, sporește semnificativ comparativ cu cernoziomurile automorfe și, îndeosebi, comparativ cu cele erodate;
- în componența covorului vegetal al landsafturilor mociarice predomină stuful și rogozurile, resturile vegetale ale cărora se caracterizează cu conținuturi mai sporite de compuși care sunt mai greu supuși descompunerii.

Se modifică și modul de distribuire a humusului pe profilul solului, lucru cauzat de acumularea, preponderentă, a resturilor vegetale în segmentul superior al profilului. Deși profilul humifer poartă caracter progresiv acumulativ, în profilul solurilor se atestă o reducere bruscă a conținutului de humus în orizontul de tranziție Bm.

Prin conținutul de humus >6,3% se caracterizează și fracțiunea de praf fin (0,005-0,001 mm), iar în fracțiunea de argilă fină (<0,001 mm) conținutul de humus prezintă valori cuprinse în intervalul 5,6-6,3%.

În fracțiunea de praf fin sunt concentrați humații proveniți din reacțiile de schimb dintre acizii humici cu cationii de calciu schimbabili; în cantități mai mici sunt prezenți compușii acizilor humici cu rețeaua cristalină a mineralelor. În componența fracțiunii de argilă fină predomină compușii acizilor humici cu aluminiul și fierul din rețeaua cristalină a mineralelor. Mai multe cercetări au constatat că în particulele de praf fin sunt concentrați acizii huminici, iar în particulele de argilă fină predomină acizii fulvici.

Gradul sporit de asigurare cu apă contribuie la dezvoltarea unei formațiuni vegetale bogate care, la rândul ei contribuie la acumularea unei surse mai bogate de humus.

Insuficiența de oxigen conduce la reducerea proceselor de mineralizare a resturilor organice.

Alternanța sezonieră a regimurilor hidrotermic și aerohidric al solurilor conduce la dezvoltarea proceselor de salinizare, solonețizare și gleizare, care se răsfrâng asupra sensului și intensității procesului de formare și de acumulare a humusului și stării de humus, în special asupra componenței calitative a humusului:

- sporirea conținutului de sodiu în complexul adsorbativ determină reducerea conținutului de calciu schimbabil, iar ca urmare, are loc reducerea conținutului fracțiunii de acizi humici care formează compuși cu calciul (Gh. Jigău, 1983);
- procesul de gleizare contribuie la mobilizarea ionului de sodiu, care formează compuși cu acizii humici (humați de sodiu) care disociază cu formarea de hidroxid de sodiu și sporește valorile pH-ului până la pH=9,2. În plus, sporește energia de reținere a cationului de sodiu în CAS cu intensificarea proceselor de substituție a calciului din acesta. În aceste condiții se reduce, practic, până la zero mobilitatea ionului de calciu în soluția solului și, respectiv, a rolului acestuia în coagularea și agregarea-structurarea substanței solului;
- conținutul de săruri ușor solubile mai mare de 0,3% în soluția solului conduce la reducerea activității biologice a solurilor și a proceselor de formare a acizilor huminici. Ca urmare, salinizarea conduce la fulvatizarea lentă a humusului. În plus, prezența sodiului în soluția solului conduce la sporirea gradului de solubilitate și de mobilitate a substanțelor humice. Acestea, în perioadele cu predominare a proceselor de înmagazinare a apei în sol, sunt levigate din segmentul superior al profilului în segmentul inferior, astfel asigurându-se fulvatizarea relativă a humusului.

Cercetările noastre au arătat că procesele menționate nu conduc la modificarea radicală a tipului de humificare, acesta rămânând humato-fulvatic, dar au arătat că în cadrul lanțului evolutiv al cernoziomurilor în condiții de hidromorfism conținutul total de substanțe huminice (conținutul relativ al acizilor huminici) se reduce de la solurile cernoziomoide slab solonețizate slab gleizate către solurile cernoziomoide puternic solonețizate și solonețuri gleice. În solonețurile molice gleice solodizate (r-nul Orhei) gradul de fulvatizare este maximal – raportul dintre carbonul acizilor huminici (Cah) și carbonul acizilor fulvici (Cat) (Cah:Cat) în orizontul humuso-acumulativ luvic (Am/l) alcătuiește 1,47-1,42. În orizontul argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>) acesta se reduce până la 1,31-1,24. În componența acizilor huminici predomină fracțiunea a II-a, care formează compuși cu calciul. Fracțiunea I în condiții de reacție alcalină (pH>8,7) este levigată în segmentul inferior al profilului. Conținutul acizilor humici care

formează compuși cu formele silicatică ale Fe și Al variază între 9 și 13%, iar a rezidului nehidrolizat între 24 și 27%.

În componența acizilor fulvici predomină fracțiunea a II-a, care formează compuși cu calciul. Frațiunile I și Ia puternic agresive sunt levigate adânc pe profilul solului.

În baza celor expuse putem conchide că deja în fazele incipiente ale procesului de hidromorfizare se atestă modificări în cadrul procesului de humificare (solurile cernoziomoide adânc gleizate). Pe măsura intensificării proceselor pedogenetice degradative aferente supraumezirii (salinizarea, solonețizarea, gleizarea), modificările în cadrul procesului de humificare și stării de humus a solurilor sunt tot mai sesizabile (Tabelul 20).

Tabelul 20. Alcătuirea fracțională a humusului cernoziomului tipic, solurilor cernoziomoide și solonețurilor molice din cadrul landșafturilor mociarice (r-nul Orhei)

Solul	Orizont	C total, %	C acizilor huminici, % Ct			C acizilor fulvici, % Ct			C reziduu, % Ct	Σ Cah	Σ Cat	Cah:Cat	
			I	II	III	Ia	I	II					III
Cernoziom tipic	Aar	3,94	8,8	28,8	11,6	0,7	2,6	8,7	9,6	29,5	49,2	21,6	2,18
	Am	3,60	6,3	25,3	13,6	1,1	3,9	11,1	3,6	32,5	45,2	19,7	2,29
	Abm	1,26	-	16,2	21,5	2,5	3,7	16,3	9,9	27,8	37,7	32,4	1,16
Sol cernoziomoid adânc gleic	Aar	3,27	9,6	31,9	5,6	2,1	0,8	18,1	7,9	19,7	47,1	28,9	1,63
	Am	3,06	5,7	33,5	5,6	1,8	2,0	20,8	7,5	19,2	44,8	32,1	1,39
	ABm	2,25	-	36,0	5,7	0,9	4,2	26,0	8,2	20,2	41,7	39,3	1,06

Modificările intervenite în evoluția procesului de humificare conduc la modificarea proceselor de organizare structural-funcțională a solurilor, în special a sistemului agregatic al acestora.

#### *Evoluția însușirilor fizice ale cernoziomurilor în condiții de supraumezire*

Supraumezirea se răsfrânge asupra tuturor nivelurilor ierarhice de organizare structural-funcțională a cernoziomurilor. La nivelul ierarhic particulă elementară supraumezirea conduce la sporirea conținutului de argilă fizică (<0,01 mm) din contul argilei fine (<0,001 mm).

Conform cercetărilor noastre, sporirea conținutului de argilă fizică este cauzată de procesele de argilizare în situ și argilizarea gleică induse de supraumezire.

Argilizarea în situ este caracteristică segmentului superior al profilului solului (Am-AmB și Bm) și este favorizată de alternarea regimurilor hidrotermic și aerohidric al acestuia în funcție de gradul de supraumezire.

Argilizarea gleică este caracteristică segmentului inferior al profilului în care se realizează procesul gleic favorizat de caracterul relativ stabil al regimurilor hidrotermic și aerohidric, ambianță pedogenetică preponderent reducătoare și prezența substanțelor organice reprezentate prin substanțe humice mobile levigate din stratul humificațional activ (Am+AmBm).

Ca urmare, pe întreg profilul solului se atestă sporirea cu 3-4% a conținutului de argilă fină comparativ cu cernoziomurile aferente.

În condiții de supraumezire și valori pH>8,4 în soluri decurge intensiv procesul de montmorillonizare, care conduce la reducerea conținutului relativ al illitului și sporirea celui al montmorillonitului. Ca urmare, sporește gradul de hidrofilitate, de peptizare și capacitatea de migrație a argilei. Aceasta creează premise pentru eluvierea-iluvierea argilei în segmentul superior al profilului, care se caracterizează cu alternarea curenților ascendenți și descendenți de apă. În segmentul inferior al profilului argila nou-formată se acumulează în situ și contribuie la compactarea profilului.

La nivelul ierarhic de „microagregat” în solurile supraumezite se atestă sporirea conținutului de argilă neagregativă. Conținutul de agregate >0,01 mm suferă schimbări nesemnificative. Aceasta ne permite să conchidem că sporirea conținutului de argilă neagregativă are loc din contul proceselor de argilizare gleică, care se acumulează în orizonturile în care s-a format.

La nivelul ierarhic de „agregat” se atestă procese de metastructurare care se materializează în sporirea conținutului fracțiunii >10 mm. În componența acesteia predomină fracțiunea 10-20 mm. În componența agregatelor 7-10 mm predomină formațiunile nuciforme. Predominante în alcătuirea agregatică sunt agregatele 7-1 mm, iar în cadrul acesteia ponderea majoră revine agregatelor 7-3 mm. Fracțiunii 1-0,25 mm îi revin cca 15-20%, iar celei <0,25 mm sub 3% (Gh. Jigău și coaut., 2017).

În baza celor expuse deducem că supraumezirea conduce la sporirea gradului de bulgăritate a structurii. Aceasta presupune modificarea modului de împachetare a particulelor elementare și microagregatelor în componența agregatelor >0,25 mm. Ca urmare sporește densitatea agregatică a formațiunilor metastructurate, reducerea volumului total al porilor și porilor agregatici. În aceste condiții sporește stabilitatea mecanică a agregatelor 7-1 mm, dar și hidrostabilitatea acestora ca urmare a „selecției naturale”.

Trebuie să se țină cont de faptul că în condiții de modificare a regimului hidric are loc degradarea accelerată a acestei structuri cu ulterioara slitizare și fisurare puternică a segmentului superior al profilului cu formarea de blocuri compacte, în cadrul cărora densitatea aparentă depășește 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

La nivelul ierarhic „orizont” are loc modificarea însușirilor fizice, fizico-mecanice, hidrofizice, indicilor de așezare. În plus, în orizonturi se constituie un șir de neoformațiuni (trăsături gleice, acumulări de săruri, carbonatare ș.a.) prin care acestea capătă trăsături specifice solurilor hidromorfe.

La nivelul ierarhic „profil” se formează profile hidromorfic transformate, materializate în profile pedofuncționale (humifer, agregatic, carbonatic, salifer) caracteristice pedogenezei hidromorfe.

Schimbările menționate atrag după sine modificarea parametrilor ecopedologici de bază responsabili de evoluția fertilității naturale a solurilor în regim de supraumezire.

Pentru evaluarea gradului de degradare a acestora a fost adoptată gradația elaborată de B.П. Власенко (2012) (Tabelul 21).

Tabelul 21. Criterii de evaluare a nivelului de degradare hidromorfă a solurilor

Parametrii stării fizice	Nivel de degradare			
	Absent	Slab	Moderat	Puternic
Porozitatea, % totală	>50,0	50,0-46,0	46,0-42,0	<42,0
agregate (3-10 mm)	>26,0	26,0-21,0	21,0-16,0	<16,0
interagregatică	>30,0	30,0-26,0	26,0-22,0	<22,0
Volumul porilor, % conductori de umiditate	>40,0	40,0-35,0	35,0-30,0	<30,0
Protectori de umiditate	>12,0	12,0-10,0	10,0-8,0	<8,0
Densitate aparentă echilibrată, g/cm <sup>3</sup>	<1,35	1,35-1,40	1,40-1,45	>1,45
Alcătuire agregatică: Conținutul agregatelor agronomic valoroase (0,25-10 mm), %	>75,0	75,0-60,0	60,0-45,0	<45,0
Conținutul de agregate hidrostabile >0,25 mm, %	>65,0	65,0-50,0	50,0-35,0	<35,0
Conținutul de apă productivă, %	>15,0	15,0-12,0	12,0-10,0	<10,0

În condiții de metastructurare hidromorfă se atestă tendință stabilă de modificare a structurii spațiului poros care presupune reducerea volumului porilor protectori de umiditate. Ca urmare, în condiții de exces de umiditate, rezervele de apă productivă în segmentele mediu și inferior se reduc de cca 1,6-2,0 ori, cu instaurarea unei forme specifice de „secetă fizică”.

Tabelul 22. Dependența parametrilor fizici ecopedologici de nivelul de degradare hidromorfă

Solul	Nivelul de degradare hidromorfă	Parametrii				
		Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup>	Porozitatea totală, %	Conținutul porilor		Cantitatea de apă accesibilă, %
				Conductori de umiditate (<50 mkm)	Protectori de umiditate (>50 mkm)	
Cernoziomuri levigate	absent	1,38	48,0	38,8	11,4	16,9
Cernoziomuri tipice moderat humifere	absent	1,33	52,7	40,1	11,2	18,0
Cernoziomuri tipice slab humifere (obișnuite)	absent	1,32	52,1	41,4	10,9	17,5
Cernoziomoide levigate gleizate moderat solonețizate	slab	1,42	44,6	35,7	9,8	11,0
Cernoziomice umede gleizate moderat solonețizate	moderat	1,45	42,0	33,1	10,0	10,5
Cernoziomice umede moderat gleizate moderat solonețizate vertice	puternic	1,50	41,3	32,0	8,7	9,4
Cernoziomice umede vertice puternic solonețizate	puternic	1,53	40,3	26,0	7,7	9,0
Soloneț cernoziomoid vertic	puternic	1,57	39,1	24,3	6,6	8,7

Activitățile aplicative în teren în raioanele Căușeni, Cimișlia, Telenești, Glodeni, Sîngerei, Călărași, Ștefan Vodă, Anenii Noi au indicat extinderea terenurilor cu supraumezire sezonieră de primăvară. Aceasta presupune supraumezirea segmentelor superior și mediu al profilului în perioada prevegetală și fazele timpurii de vegetație (martie-mai) cu grad diferit de exprimare cantitativă în funcție de specificul condițiilor climatice a fiecărui an în parte. Geomorfologic acestea aparțin platourilor interfluviale, spațiilor netede și teraselor și se formează în arealele cu alcătuire granulometrică lutoargiloasă, dar mai frecvent argilo-lutoasă cu conținut de argilă fină mai mare de 35%, conținut de humus 3-4% și alcătuire agregatică neechilibrată, predispusă la desfacere în agregate <1 mm.

La umezire structura se „înmoaie” și se desface în agregate <1 mm și particule elementare. În condiții de predominare a curentelor descendente de apă, agregatele fine migrează pe verticală și colmatează porii în segmentul mediu al profilului, astfel contribuind la stagnarea apei în segmentul superior al profilului și băltirea acesteia la suprafață. În timp, procesele specificate se intensifică cu formarea de „bălți” care rămân umede perioade îndelungate de timp.

Prin această prismă de idei considerăm că în dezvoltarea landșafturilor mociarice sezoniere, un rol important îi revine degradării fizice a solurilor, în special compactării, tasării și dezagregării-destructurării segmentului superior al solurilor (Figura 15).

În baza celor expuse considerăm că există două grupe de factori care determină formarea landșafturilor mociarice climatogene:

- a) perturbarea regimului hidrologic al terenurilor;
- b) degradarea fizică.

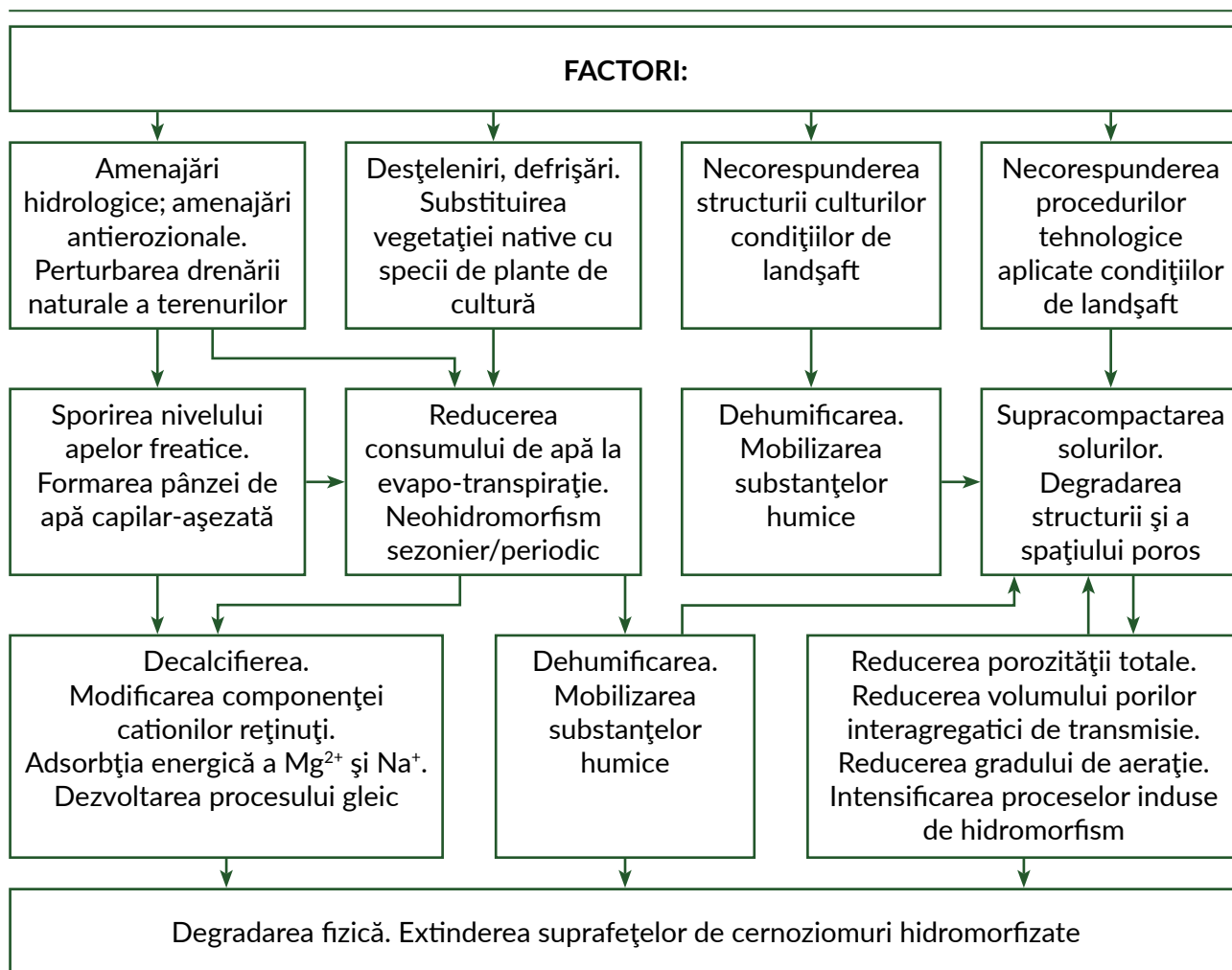


Fig. 15. Mecanisme și interacțiuni ale degradării fizice și hidromorfismului în cadrul dezvoltării și evoluției terenurilor supraumede

Conform cercetărilor noastre, în raioanele Căușeni și Ialoveni deja în fazele incipiente de hidromorfizare în segmentul superior al solurilor, impactul acestuia se răsfrânge asupra structurii și indicilor de așezare: în stratul arabil sporește ponderea agregatelor bolovănoase (>10 mm), preponderent din contul agregatelor >20 mm.

Densitatea aparentă în perioada prevegetală (martie) alcătuiește 1,48-1,51 g/cm<sup>3</sup>, în fazele timpurii ale perioadei de vegetație aceasta se modifică nesemnificativ – 1,46-1,49 g/cm<sup>3</sup>. Stratul subarabil se caracterizează prin valori relativ stabile ale densității aparente >1,50 g/cm<sup>3</sup> și așezare slitică consolidată. Con tracția segmentului superior al profilului solurilor supraumede alcătuiește 27% în stratul arabil și 32% în stratul subarabil, de 1,7-2,1 ori mai mare decât în cernoziomurile tipice moderat humifere aferente.

În segmentul mediu al profilului se atestă sporirea conținutului de argilă fină cu 3-5% ca urmare a levigării din segmentul superior. Aceasta se atestă prin valorile ariei specifice calculată în baza higroscopicității maxime și în baza alcătuirii granulometrice a solurilor (Tabelul 23).

Din tabelul 23 constatăm că în cernoziomurile tipice moderat humifere aria specifică rămâne relativ identică pe întregul segment 0-90 cm ca urmare a unei alcătuirii granulometrice relativ omogene. În solurile cernoziomoide aria specifică cu adâncimea se lărgeste ca urmare a sporirii conținutului de argilă provenită preponderent din argilizarea în situ. Prin urmare sporește vulnerabilitatea solurilor cernoziomoide la slitzare.

În acest context, pentru reducerea efectelor acestor procese sunt mai indicate măsurile agrotehnice și fitotehnice orientate spre sporirea permeabilității pentru apă și conductivității hidraulice ale segmentelor superior și mediu ale profilelor.

Tabelul 23. Aria specifică a solurilor cernoziomoide și cernoziomurilor aferente (r-nul Căușeni, r-nul Orhei)

Orizont genetic	Grosimea, cm	Număr de determinări	Aria specifică, m <sup>2</sup> /g	
			Calculată în baza higroscopicității maxime	Calculată în baza alcătuirii granulometrice
Cernoziom tipic moderat humifer argilolutos				
Aar	0-26	6	110,4	112,6
Asubar	26-48	6	112,8	110,8
AB	48-62	6	112,1	109,9
B1	62-87	6	110,5	102,4
Slab cernoziomoid gleizat moderat solonețizat				
Aar	0-22	6	119,7	117,4
Asubar	22-44	6	123,1	123,7
AB	44-63	6	127,0	124,6
B1	63-79	6	124,6	124,2
Cernoziom tipic moderat humifer argilolutos				
Aar	0-24	6	114,4	114,2
Asubar	24-47	6	112,7	110,9
AB	47-65	6	110,9	111,3
B1	65-77	6	110,0	108,6
Sol cernoziomoid vertic gleizat puternic solonețizat				
Aar	0-22	6	121,3	117,1
Asubar	22-48	6	133,4	117,5
AB	47-66	6	135,1	113,6
B1	66-83	6	135,8	113,3

#### Evaluarea proceselor de evoluție a cernoziomurilor induse de hidromorfism

Supraamezirea implică o serie de procese necaracteristice pedogenezei cernoziomice determinate de modificarea raportului dintre volumul și masa fazelor solului, dar și a relațiilor dintre faza solidă și cea lichidă, care conduce la modificarea sensului procesului de evoluție a cernoziomurilor.

Criteriul-diagnostic al pedogenezei hidromorfe este procesul gleic. Pentru realizarea acestuia este necesară îmbinarea obligatorie a trei factori: supraamezirea, prezența microbiotei heterotrofe anaerobe și a substratului organic predispus la fermentare.

Procesul gleic este un proces pedogenetic elementar biochimic de restructurare a rețelei cristaline a mineralelor în condiții anaerobe cu mobilizarea fierului și sodiului în condiții de anaerobioză permanentă sau temporară, prezența de materie organică ușor mineralizabilă cu participarea microflorei heterotrofe anaerobe.

Acestuia îi sunt asociate procesele de argilizare gleică și de formare a sodei care intensifică gradul de alcalinitate a soluției solului. Ca urmare, majoritatea landșaftelor mociarice se caracterizează printr-un chimism mixt al salinizării: sulfato-sodic și sodo-sulfatic în zona de nord și centrală a republicii și sodo-sulfato-cloruric în zona de sud. În același timp, prezența sodei în soluția solului conduce la modificarea accelerată a componenței complexului adsorbiv.

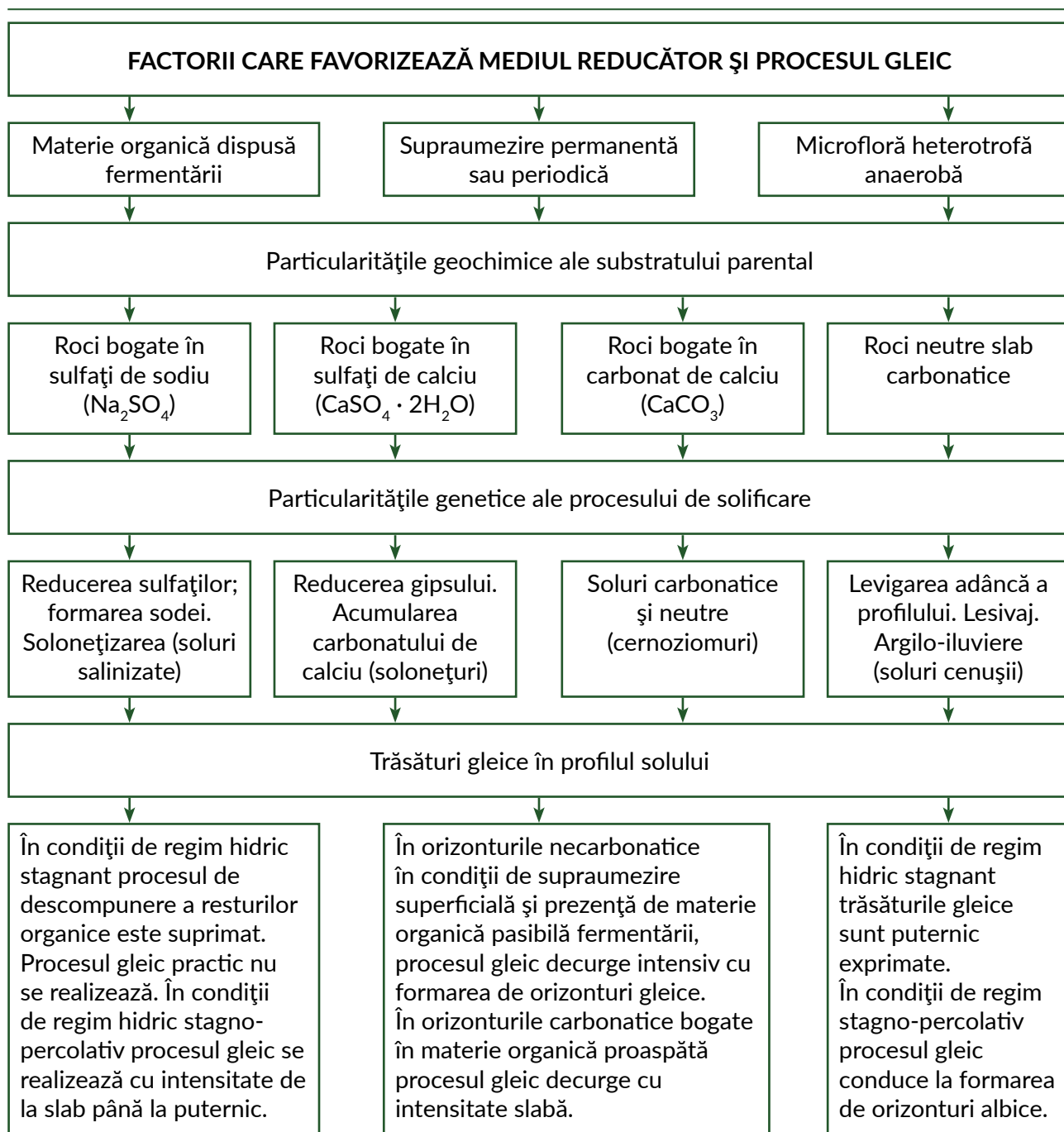


Fig. 16. Mecanisme ale procesului gleic în cadrul ambianței pedoecologice (Republica Moldova)

Cercetările noastre au arătat că în prezența sodiei în soluția solului calciul este sedimentat în componența carbonatului de calciu greu solubil. Ca urmare, raportul cationilor bivalenți este deplasat în sensul reținerii mai intensive a magneziului în complexul adsorbțiv. Conținutul sporit (>30%) a magneziului în complexul adsorbțiv al solului este unul din criteriile diagnostice de bază ale hidromorfismului contemporan (Gh. Jigău și coaut, 2017). Raportul  $Ca^{2+}:Mg^{2+}$  în solurile hidromorfe alcătuiește de la 4:1 până la 0,5:1. În prezența sodiei sporește semnificativ și energia de reținere a sodiului în complexul adsorbțiv:



În condiții anaerobe procesul gleic este însoțit de acumularea substanțelor organice cu impact puternic agresiv asupra substratului mineral al solurilor și rocilor mamă. În acest context, procesul gleic reprezintă un proces biogeochimic activ, care imprimă fazei solide a solului însușiri ireversibile, care conduc la degradarea factorilor fizici și hidrofizici de fertilitate (volumul total al porilor, porozitatea de aeratie, densitatea aparentă, rezistența la penetrare). Acestea se atestă chiar în fazele primare de dezvoltare ale procesului gleic.

Pe versanți, procesul gleic poate fi favorizat de lucrările adânci care captează scurgerile superficiale. Mai vulnerabile la gleizare sunt orizonturile humuso-acumulative îmbogățite în substanțe organice ale cernoziomurilor argilo-iluviale, levigate și tipice moderat slab humifere.

În cernoziomurile carbonatice procesul gleic este frânat, deoarece carbonații și bicarbonații de calciu, prezenți în acestea chiar la suprafață, conduc la neutralizarea acizilor fulvici. În timp însă, pe măsura reducerii rezervelor de calciu, procesul gleic demarează și în cernoziomurile carbonatice.

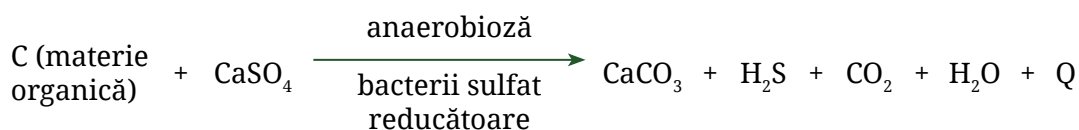
În toate cazurile procesul gleic este însoțit de mobilizarea fierului, calciului, siliciului ș.a.

Mobilizarea calciului conduce la decalcifierea substratului mineral. Pe măsura intensificării acestui proces se reduce gradul de stabilitate a [CAS], care conduce la sporirea gradului de peptizare a coloizilor organo-minerali saturați preponderent cu sodiu și magneziu. Ca urmare, în soluri se intensifică procesele de dezagregare-destructurare a masei solului. Ulterioarele procese de structurare a acesteia este însoțită de formarea agregatelor columnoide și suprafețelor de alunecare a acestora.

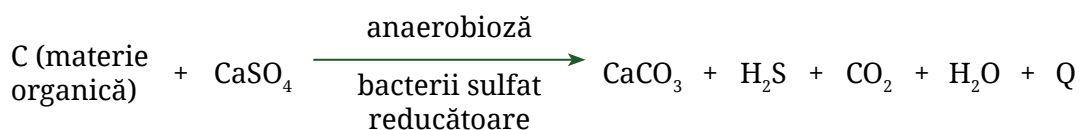
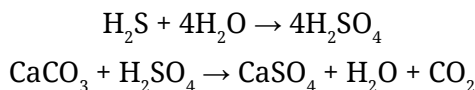
Concomitent cu decalcifierea, în soluri decurge intensiv procesul de mobilizare a siliciului cu formarea formelor hidrate ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Ulterioara deshidratare a acestora conduce la slitizarea masei solului chiar și în stare umedă (duripănizarea).

În funcție de originea și componența substratului mineral sulfat, reducția implică două stări distincte ale solurilor supraumede.

În condițiile când în soluri sulfații sunt reprezentați prin săruri ale calciului și magneziului, procesele decurg după cum urmează:

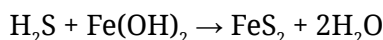


Q – energia degajată la descompunerea hidraților de carbon



Astfel, în soluri se creează un circuit închis al sulfaților de calciu și magneziu care atenuează intensitatea procesului gleic și exclude procesele de acumulare a sodiei, de alcalizare a soluției solului și de solonețizare.

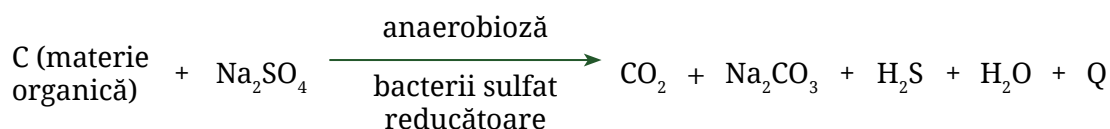
În același timp, în condiții de anaerobioză se realizează și procesele de formare a sulfurii de fier:



Ca urmare se reduce mobilitatea fierului, iar în profilul solului acestea formează acumulări de culoare neagră, care este unul din criteriile diagnostice de bază ale procesului de reducere a sulfaților fără acumularea sodiei.

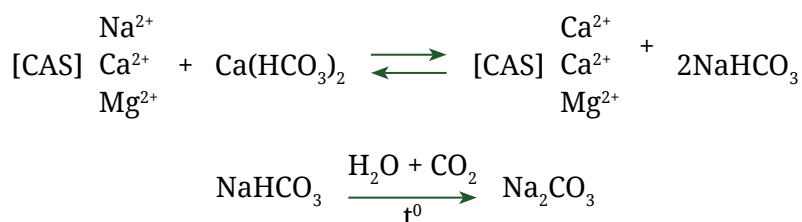
În condițiile când în soluri sunt prezenți și sulfații de sodiu, sulfat-reducția decurge cu formarea sodiei:





Cercetările noastre au arătat că procesul de formare a sodiei decurge în toate solurile cernoziomice supraamezite. În același timp, nu întotdeauna se atestă acumularea acesteia (Gh. Jigău, 1983). În acest context este necesar să deosebim procesele de formare a sodiei și procesele de acumulare a acesteia.

În prezența materiei organice și a sulfatilor sulfat-reducția întotdeauna este însoțită de formarea sodiei. Acumularea ei, însă, este posibilă doar în condițiile când mediul anaerob poartă caracter permanent. Pornind de la aceasta, considerăm că de rând cu procesele de reducere a sulfatilor, soda în solurile supraamezite se formează și în rezultatul schimbului de cationi în sistemul [CAS]: soluția solului:



Dat fiind caracterul reversibil al reacției de formare a sodiei în solurile landșafturilor mociarice este prezentă permanent în conținuturi variabile.

În contextul celor expuse, considerăm că procesul gleic și cel de sulfat-reducție sunt etapele de la care demarează modificarea sensului procesului de pedogeneză în condiții de supraamezire și de hidromorfizare a cernoziomurilor. Prin această prismă de idei măsurile agrotehnice și fitotehnice de stopare și de combatere a supraamezirii urmează a fi aplicate în perioada pregleică.

În același timp, procesul gleic și sulfat-reducția determină procesele de degradare halomorfă: salinizarea și solonețizarea.

Salinizarea este caracteristică, în primul rând, landșafturilor mociarice litogene, originea căror aparține de prezența în alcătuirea litologică a argilelor neogene salifere. Acesta este principalul factor care implică supraamezirea cu participarea apelor freactice sau formarea izvoarelor de coastă de la care demarează dezvoltarea spațiilor supraamezite.

Conform cercetărilor noastre, anume terenurile cu atare sursă de supraamezire sunt predominante pe versanți. Inițial, supraamezirea afectează suprafețe mici – de câteva zeci de m<sup>2</sup>. Acestea reprezintă „focarele” în care începe dezvoltarea proceselor de gleizare și de reducere a sulfatilor de la care demarează procesele de extindere în spațiu a supraamezirii și a proceselor aferente.

Principala sursă de săruri este roca argiloasă care se caracterizează prin chimismul sulfatic al salinizării. În cadrul pedogenezei chimismul sărurilor este supus metamorfizării datorită acumulării lente a sodiei provenită din procesul de sulfat-reducție. Ca urmare, sistemul apă freatică □ sol se caracterizează cu chimism sodo-sulfatic cu participarea clorurilor în periferia Codrilor Centrali și în zona de sud.

Conținutul de săruri în apă alcătuiește 1-3 g/l în zona de nord și 3-6 g/l în zona de sud. În cadrul Podișului Ciuluc-Soloneț, periferia Codrilor Centrali, gradul de mineralizare al apelor freactice variază în intervalul de valori 1,5-6 g/l în funcție de gradul de drenare naturală.

În zona de nord solurile supraamezite se caracterizează cu conținuturi de săruri preponderent 0,2-0,4%, în zona de sud – 0,3-0,4%. Pentru aprecierea în teren a terenurilor supraamezite și nivelului apelor freactice și a gradului de mineralizare a apelor și a solurilor, se vor utiliza criteriile prezentate în figura 10 și plantele edificatoare:

- rogozul indică prezența apei în primii 0-100 cm cu conținuturi de săruri în apă <1 g/l, iar în soluția solului <0,25%;
- stuful indică a prezența apei în intervalul 1-3 m și grad slab (0,25-0,3%) și moderat (0,3-0,4%) de salinizare;
- patlagina cu frunza lată, păpădia, pirul indică nivelul apelor freactice sub 3 m și conținut de săruri în sol <0,25%.

În cadrul spațiilor supraumezite arabile, factorii de vegetație se evaluează în baza caracterului suprafeței terenului relativ proaspăt lucrat și starea culturilor:

- suprafața solului puternic bolovănoasă, aceștia purtând trăsături gleice vizibile, prezența carbonaților la suprafață, culoarea neagră închisă indică prezența apei freatice în stratul 0-100 cm. Culturile în cadrul unor atare spații sunt rare și puternic suprimate;
- suprafața arăturii bolovănoasă, fragmente cu formă alungită, muchii și capete rotunjite (structură columnoidă) pudrate cu silice (praf fin de culoarea cimentului), alocuri bolovănoși au trăsături clare gleice, indică prezența apei în intervalul 0-3 m și alternanța curentelor ascendente și descendente de apă și săruri pe parcursul anului. Structura columnoidă indică prezența stratului argilo-iluvial în primii 0-50 cm. În perioada uscată pe suprafața solurilor se acumulează săruri. Culturile agricole sunt puternic suprimate, în perioada uscată majoritatea pier;
- suprafața solului în perioada octombrie-iunie (inclusiv) este umedă, la căderea precipitațiilor are loc băltirea apei, indică supraumezirea atmosferică a spațiului. Solurile dispun de culoare neagră închisă. Primăvara structura solului este preponderent mărunță, se suflă ușor de vânt. Starea culturilor este satisfăcătoare pe parcursul întregii perioade de vegetație.

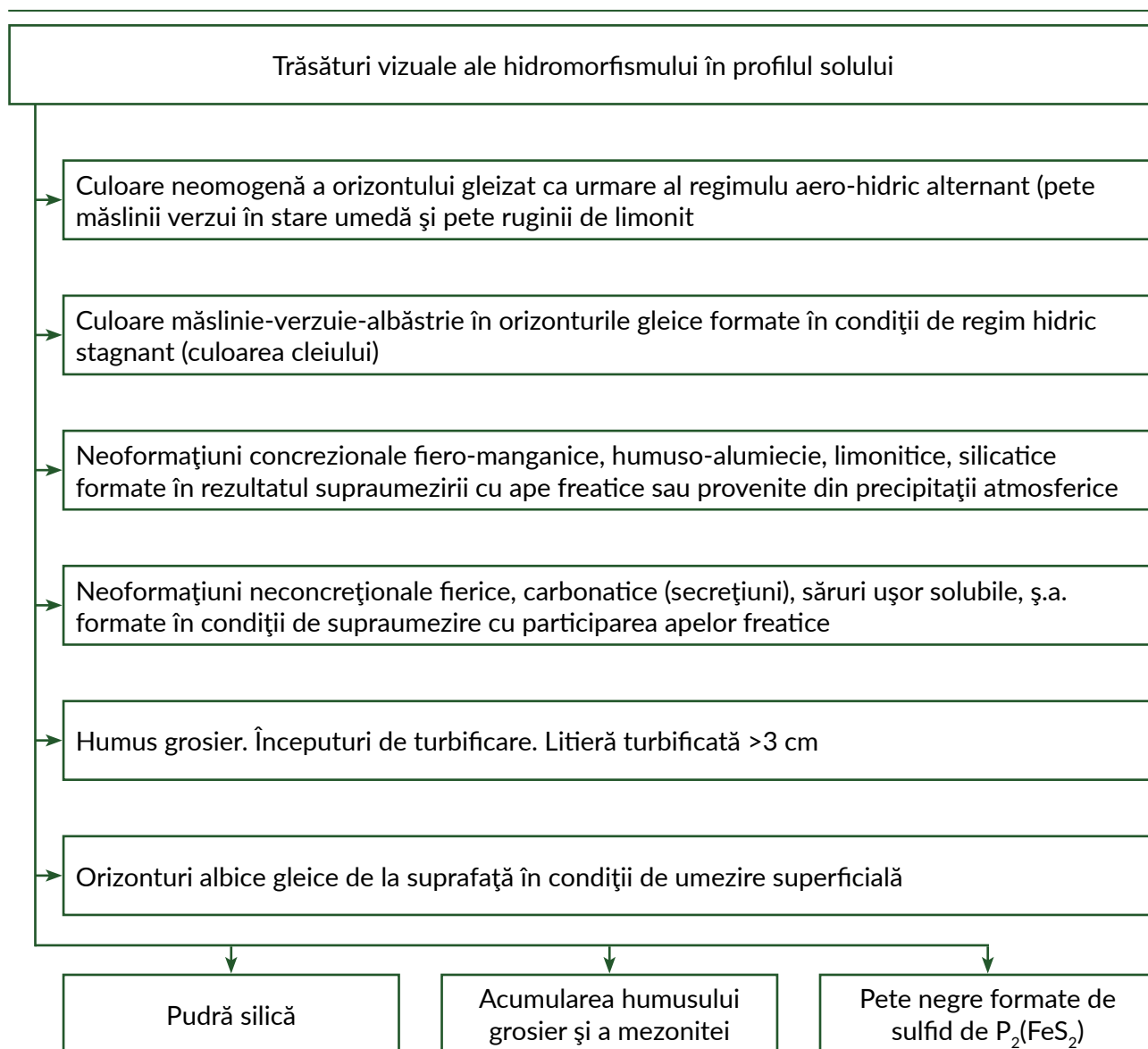


Fig. 17. Criterii de identificare a hidromorfismului (supraumezirii) în teren

Procesul de salinizare a solurilor supraamezite presupune câteva etape succesive:

1. sezonieră – se atestă în pete în spații lipsite de vegetație sau cu densitate mică a acesteia, doar în perioada cu intensitate mare a procesului de evaporare a apei de pe suprafața solului (iulie-august). În perioada toamnă-iarnă au loc procesele de desalinizare;
2. permanentă neuniformă cu formarea de pete permanent salinizate. Cantitatea de săruri nu este levigată pe parcursul perioadei de toamnă-iarnă. Ca urmare, în cadrul procesului de salinizare intervine faza progresiv-acumulativă cu sporirea conținutului ionului de clor în componența sărurilor;
3. salinizări intensive cu extinderea procesului de salinizare activă pe întreaga suprafață a spațiului supraamezit. În cadrul acestei faze are loc diferențierea sărurilor solubile pe profilul solurilor în funcție de gradul de solubilitate și de mobilitate a acestora cu formarea profilului salifer. În același timp, are loc diferențierea spațiului supraamezit în funcție de intensitatea gradului de salinizare, regimul și chimismul sărurilor.

Cu intensitate minimală a procesului de salinizare se caracterizează zona de „hidrocentru” cu nivel al apelor freactice în intervalul 0-50-100 cm. Dat fiind că în cadrul acestui spațiu se dezvoltă vegetație foarte bogată care umbrește suprafața solului, aici intensitatea proceselor de acumulare a sărurilor este minimală (0,2-0,3%) cu chimism preponderent sulfatic.

Printr-o intensitate maximă de acumulare a sărurilor se caracterizează arealele cu nivelul apelor în intervalul 0-3 m și alternanță a curenților ascendenți și descendenți de apă în soluri. În cadrul acestora conținutul de săruri în stratul superior al solurilor alcătuiește 0,4-0,6% cu chimism sulfato-sodic și sodo-sulfatic (în cadrul unor terenuri în parte au fost atestate cazuri când conținutul de săruri depășește 0,6% în condiții de chimism sodo-sulfatic).

Fâșia periferică a spațiilor supraamezite se caracterizează printr-un nivel al apelor freactice sub 4 m. Ca urmare, franjul de apă capilar sprijinită se instaurează în segmentul mediu al profilului cu formarea de soluri cernoziomice adânc gleizate moderat mediu vertice. Orizontul humuso-acumulativ (Am) al acestora se caracterizează printr-o structură grăunțoasă-bulgăroasă și spațiu poros total și diferențial „foarte bun și excelent”. Orizontul de tranziție Bm1 se caracterizează cu structură preponderent 5-10 mm cu pondere mare a agregatelor 7-10 m. Orizonturile subiacente se caracterizează cu volum total al porilor <50%. Astfel, în soluri se formează un spațiu poros specific care favorizează procesele descendente de apă și reduce ascensiunea capilară. Prin urmare, sărurile în cantități mai mari de 0,3% se atestă la adâncimi sub 2 m.

În orizontul de tranziție B conținutul de săruri alcătuiește 0,2-0,3%, iar în orizontul Am+Am-Bm conținutul acestora alcătuiește <0,2%.

Reducerea riscului de salinizare a stratului pedogenetic activ al solurilor în zona periferică a spațiilor supraamezite este susținută și de dezvoltarea unui covor vegetal foarte bogat format din asociații de ierburi în componența cărora predomină pirul cu rădăcina groasă care acoperă și umbrește suprafața solului. În același timp, acesta formează un orizont întelenit cu grosimea 8-12%. Toate acestea conduc la reducerea evaporării de pe suprafața solului și exclude procesul de acumulare a sărurilor în orizontul de suprafață din profilul acestuia.

În opinia noastră, acest model natural poate fi luat la baza procedurilor de combatere a salinizării în cadrul stratului agrogen. Acestea presupun o afânare adâncă de 40-50 cm fără întoarcerea brazdei, nivelarea suprafeței solului, închiderea porilor pentru a reduce evaporarea de pe suprafață.

Mecanismele procesului de solonețizare în condiții de landsafturi mociarice sunt identice cu cele descrise mai sus. În același timp, particularitățile regimului hidric al solurilor supraamezite presupun suprapunerea în timp a proceselor de salinizare și celor de solonețizare. Prin această prismă de idei considerăm că procesul de solonețizare demarează chiar din fazele incipiente ale procesului de sărăturare indiferent de raportul Na/Ca în soluția solului.

Conform cercetărilor, în fazele incipiente ale procesului de supraamezire are loc procesul de concentrare relativă a sulfatilor de sodiu în apă și în soluția solului. Tot în această fază în soluri demarează procesele de reducere a sulfatilor cu formarea sodei. Aceasta conduce la reținerea energetică a sodiului din soluție în complexul adsorbiv al solului. Ulterioara evoluția sincronizată a proceselor de salinizare și de solonețizare conduce la formarea de soluri halomorfe conform următorului rând evolutiv:

Cernoziomuri → soluri cernoziomoide slab salinizate slab solonetișate → soluri cernoziomoide moderat salinizate moderat solonetișate → soluri cernoziomoide puternic salinizate puternic solonetișate → solonetiș-solonceac.

O altă particularitate specifică a procesului de solonetișare în condiții de hidromorfism este conținutul sporit de magneziu adsorbit în componența complexului adsorbțiv al solului.

În solurile landsafturilor mociarice litogene conținutul mediu de magneziu adsorbit depășește 40% din suma cationilor reținuți. În cele ale landsafturilor mociarice climatogene conținutul lui variază între 30 și 47% din suma cationilor reținuți. Conținutul lui mediu în acestea depășește 25% din sumă. În atare cantități, magneziul adsorbit afectează metabolismul plantelor de cultură și suprimează dezvoltarea sistemului radicular al acestora (Мамаева, 1966).

În condiții de conținuturi mari de magneziu în complexul adsorbțiv sporește dispersitatea solurilor în virtutea unui grad sporit de hidratare a acestuia. Sporesc valorile gonflării, adeziunii, densității, solubilității siliciului și substanțelor humice. Ca urmare, solurilor mociarice le sunt caracteristice slitizarea, bolovănirea și bulgărizarea structurii agregatice, porozitate totală, permeabilitate pentru apă și ascensiune capilară reduse (Gh. Jigău, 1983).

Este cunoscut că magneziul prin acțiunea sa asupra însușirilor fizice și chimice este mai aproape de calciu decât de sodiu. Totuși, când raportul Ca:Mg:Na alcătuieste 1:3:1 sau 2:1:2, impactul magneziului este mai aproape de cel al sodiului. Sporirea conținutului de magneziu în prezența unor cantități stabile de sodiu conduce la sporirea gradului de dispersitate a solului, reduce cantitatea de acizi huminici și sporește cantitatea de acizi fulvici, lucru care conduce la formarea humaților de magneziu și sodiu și peptizarea coloizilor.

Calcululele noastre au arătat că magneziul, asemănător sodiului, se adsorbe în complexul adsorbțiv mai intensiv în fazele incipiente ale procesului de salinizare. În același timp, s-a constatat că magneziul substituie intensiv sodiul din complexul adsorbțiv în condițiile când din profilul solului sunt levigate sărurile ușor solubile.

În cadrul mecanismelor de impact al magneziului asupra însușirilor fizice ale solurilor se configurează două etape distincte:

- a) adsorbția intensivă a acestuia în complexul adsorbțiv al solului;
- b) ulterioara cristalizare a compușilor adsorbțivi cu formarea mineralelor secundare și substanțelor organo-minerale care cimentează masa solului.

Atenuarea impactului magneziului prin procedeele care se aplică actualmente pentru ameliorarea chimică a solurilor este nesemnificativă. Prin urmare, mai indicate pentru ameliorarea solurilor supraumezite sunt măsurile agro- și fitotehnice.

#### Degradarea biologică a solurilor supraumezite

Procesele pedogenetice elementare induse de supraumezire-hidromorfizare conduc la restructurarea întregii biocenoză: asociațiilor vegetale și microbiomului solului.

Atât în cadrul terenurilor nearabile, cât și în cadrul terenurilor arabile, arealele supraumezite se disting prin covorul vegetal, în cadrul căruia de rând cu speciile ierboase de stepă umedă, o răspândire largă au speciile higrofile, acestea formând brăuri/fâșii în funcție de gradul de supraumezire a solurilor, de la asociații de ierburi la specii de luncă umedă și la cele de luncă înmlăștinată. În mod obișnuit, în spațiile mai puțin umede se dezvoltă pirul (*Elytria repens*), păpădia (*Taraxacum officinale*), mușetelul (*Matricaria perforatamera* + L.), patlagina (*Plantago major* L), stegea (*Rumex confersus*), vetricea (*Tanacetum Vulgare*).

Dintre speciile de luncă răspândire mai largă o au rogozul (*Cirsium arvense*).

Spațiile cu grad maxim de umezire se caracterizează prin predominarea stufului (*Phragmites communis*).

Cercetările au arătat că microflora solurilor supuse supraumezirii reacționează chiar și la impacturi ușoare, iar reacția ei, uneori, este mai rapidă decât cea a covorului vegetal, însușirilor fizice și chimice ale solurilor. Aceasta se datorează faptului că deja în etapele incipiente ale supraumezirii în soluri se instaurează regim de aeratie deficitar. În același timp, în aerul solului sporește, vertiginos, conținutul de dioxid de carbon ca urmare a unui schimb mai defectuos de aer în sistemul sol:atmosferă. Ca urmare, pe parcursul unei perioade foarte scurte de timp, în solurile supraumezite, conținutul microorganismelor este de două ori mai mic decât în solurile

automorfe. Mai pronunțate aceste deosebiri sunt în orizonturile superioare ale solurilor. Odată cu adâncimea numărul de microorganisme se reduce lent atât în solurile automorfe, cât și în cele supraumezite/hidromorfe. Totuși, în solurile automorfe reducerea numărului de microorganisme concomitent cu adâncimea este mai lentă decât în solurile hidromorfe.

Conform gradației elaborate de Д.Г. Звягинцев, atât solurile automorfe, cât și cele hidromorfe se apreciază, în majoritatea cazurilor, ca „foarte bogate” în microorganisme și doar în orizonturile sub 80 cm se apreciază ca „bogate”.

Modificările degradative induse de supraumezire sunt în funcție de durata acțiunii supraumezirii, concentrația și chimismul soluției solului, conținutul de materie organică. Cercetările au arătat că procesele degradative induse de supraumezire au impact negativ asupra biotei solului, mult mai puternic decât variabilitatea regimului de umiditate (Кандашова, 2016).

Impactul proceselor degradative afectează în mod diferit activitatea biotei solurilor:

- gleizarea: micromicete>actinomicete>catalaza;
- salinizarea: fosfataza>ciupercile>algele.

Autoarea cercetărilor constată că impactul procesului glic se atestă atât în solurile cu anaerobioză permanentă, cât și în cele cu anaerobioză periodică (Кандашова, 2016). În același timp, s-a stabilit că dereglarea regimurilor termic și de aeratie suprimează activitatea microorganismelor responsabile de funcțiile biochimice ale solurilor.

În condiții de supraumezire, când volumul porilor de aeratie se reduce sub 7%, este imposibilă funcționarea vitală normală a rădăcinilor plantelor. Mai mult ca atât, în atare condiții în rădăcinile adsorbitive au loc schimbări ireversibile, care conduc la pierderea capacității de a forma perișori absorbantți chiar și în condițiile ulterioarei normalizări a regimului de aeratie. Prin urmare, suprafața activă a sistemului radicular se reduce brusc. În frunze se reduce conținutul de clorofilă, lucru care conduce la dezvoltarea clorozei. Prin aceasta se lămurește îngălbenirea frunzelor plantelor din spațiile afectate de supraumezire.

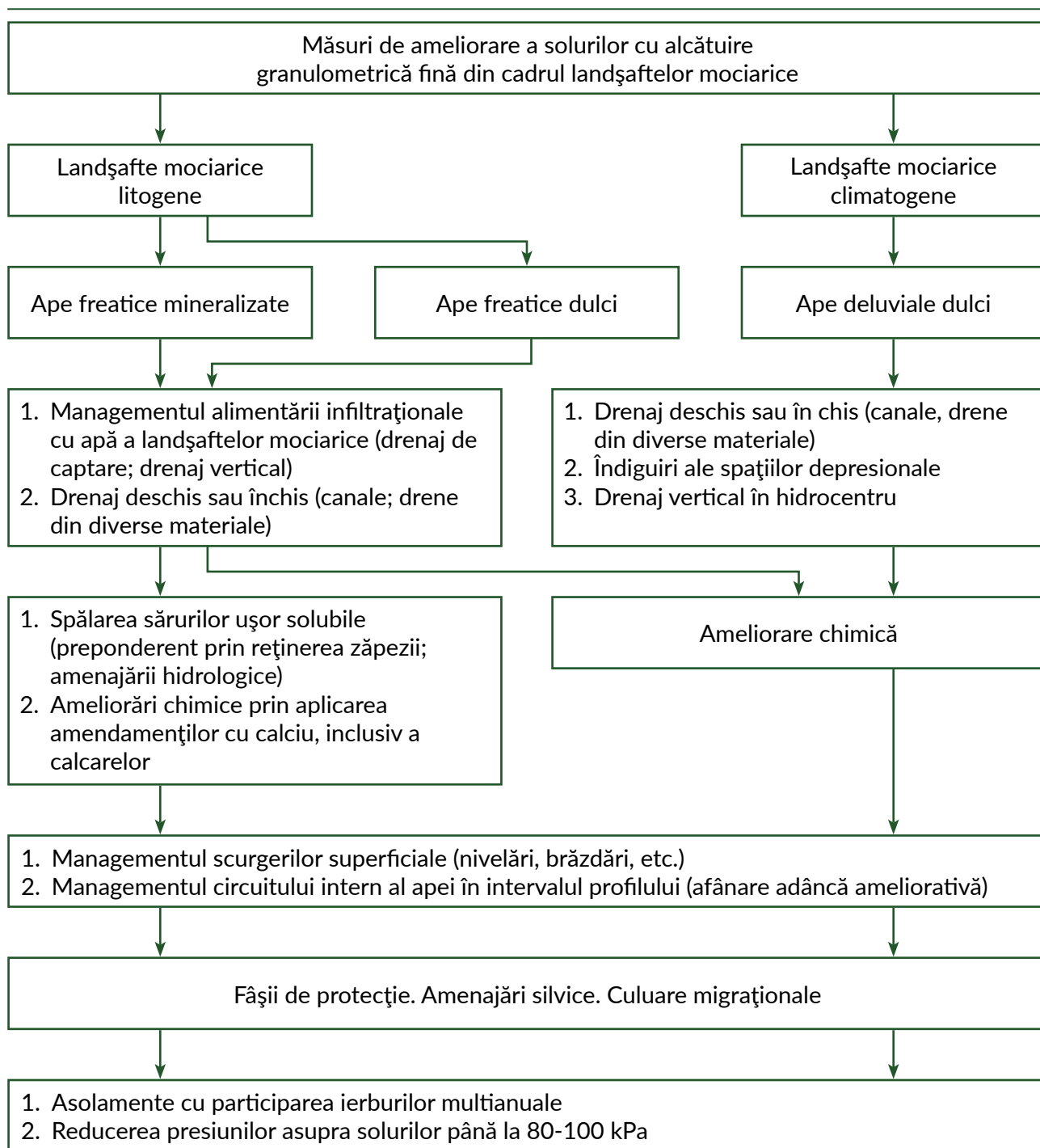
**Atenție:** Spațiile în cadrul cărora se atestă îngălbenirea frunzelor plantelor în condiții de ploi îndelungate sunt predispușe supraumezirii sau chiar deja sunt în fazele incipiente ale acesteia. Prin urmare, tehnologiile aplicate urmează să prevadă măsuri de combatere a fenomenului de supraumezire, cu luarea în calcul a condițiilor concrete pentru fiecare spațiu în parte.

Supraumezirea puternică și de lungă durată poate conduce la căderea frunzelor și pieirea în masă a plantelor de cultură. De altfel, activitățile aplicative în teren în anul 2020 în raioanele Cimișlia, Criuleni, Rîșcani, Glodeni, Dondușeni au arătat că atât deficitul extrem de pronunțat de umiditate cauzat de secetă, cât și surplusul sistematic al acesteia implică consecințe identice: pieirea în masă a rădăcinilor active și reducerea suprafeței de sucțiune, cloroză, albirea și îngălbenirea frunzelor, căderi abundente de frunze, suprimarea proceselor de creștere a plantelor, reducerea rezistenței la îngheț. Toate acestea se materializează în reducerea semnificativă a bioproductivității biocenozelor/agrofitocenozelor.

Supraumezirea conduce la insuficiență pronunțată de oxigen în sol și suprimarea proceselor de descompunere a resturilor organice. Se reduce semnificativ eficiența utilizării fertilizanților. Prin urmare, se dereglează regimul de nutriție a plantelor.

În solurile supraumezite pe parcursul vegetației se acumulează în cantități toxice mai multe substanțe nocive pentru plante: hidrogen sulfuros, amoniac, metan. Acestea conduc direct la putrefacția și pieirea rădăcinilor.

Solurile cernoziomice supraumezite reprezintă un obiect ameliorativ extrem de complicat. Lucrările de ameliorare a acestora în Republica Moldova, Ucraina, Rusia au început în anii 70 ai secolului trecut. În cadrul acestora s-au conturat componentele de bază ale sistemului de măsuri ameliorative cu luarea în calcul a particularităților solurilor cernoziomice supraumezite (Fig. 18, 19, 20).



*Fig. 18. Măsuri de ameliorare a solurilor cu alcătuire granulometrică mijlocie din cadrul landșafturilor mociarice*

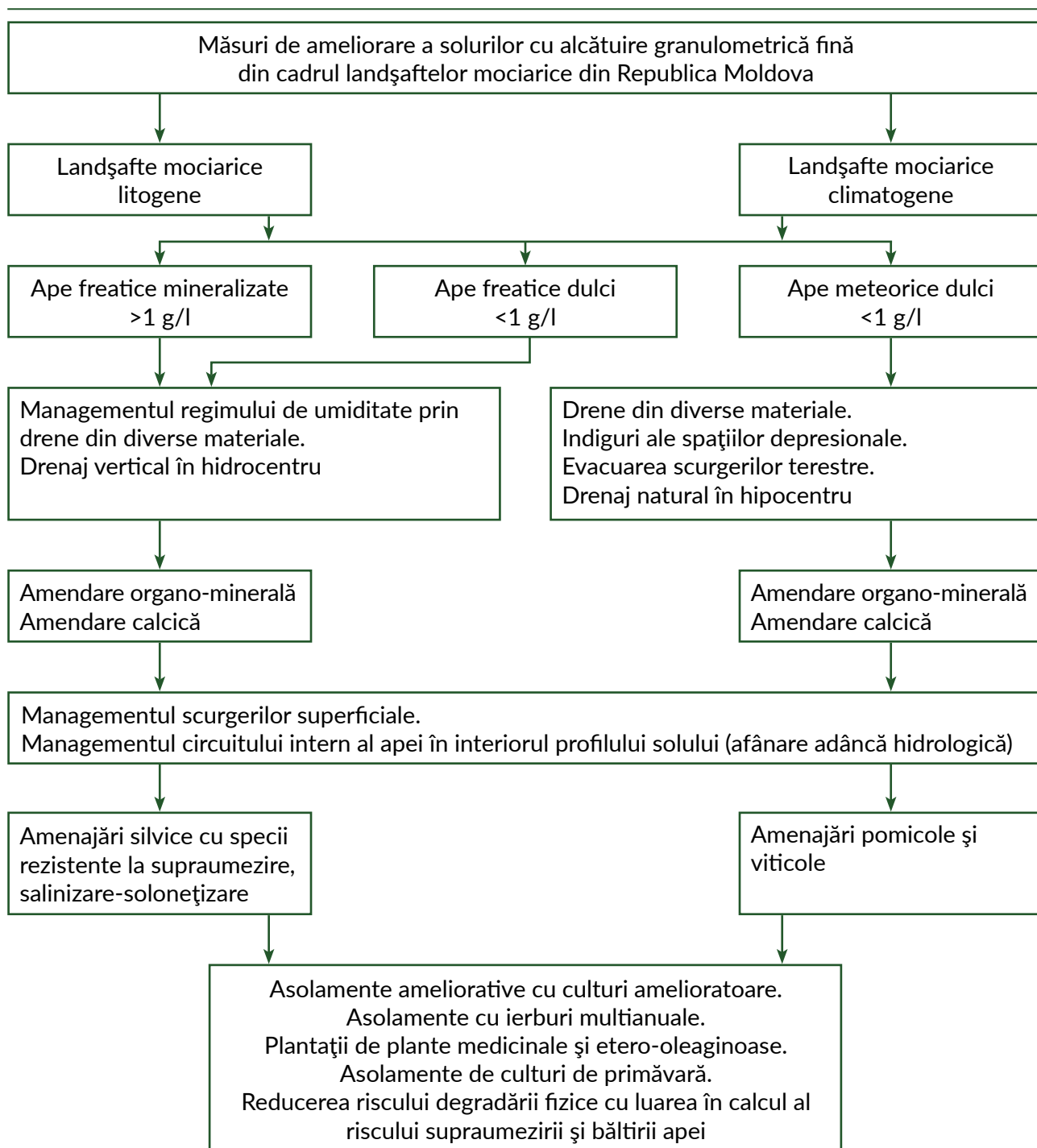


Fig. 19. Măsuri de ameliorare a solurilor cu alcătuire granulometrică fină din cadrul landșafturilor mociarice

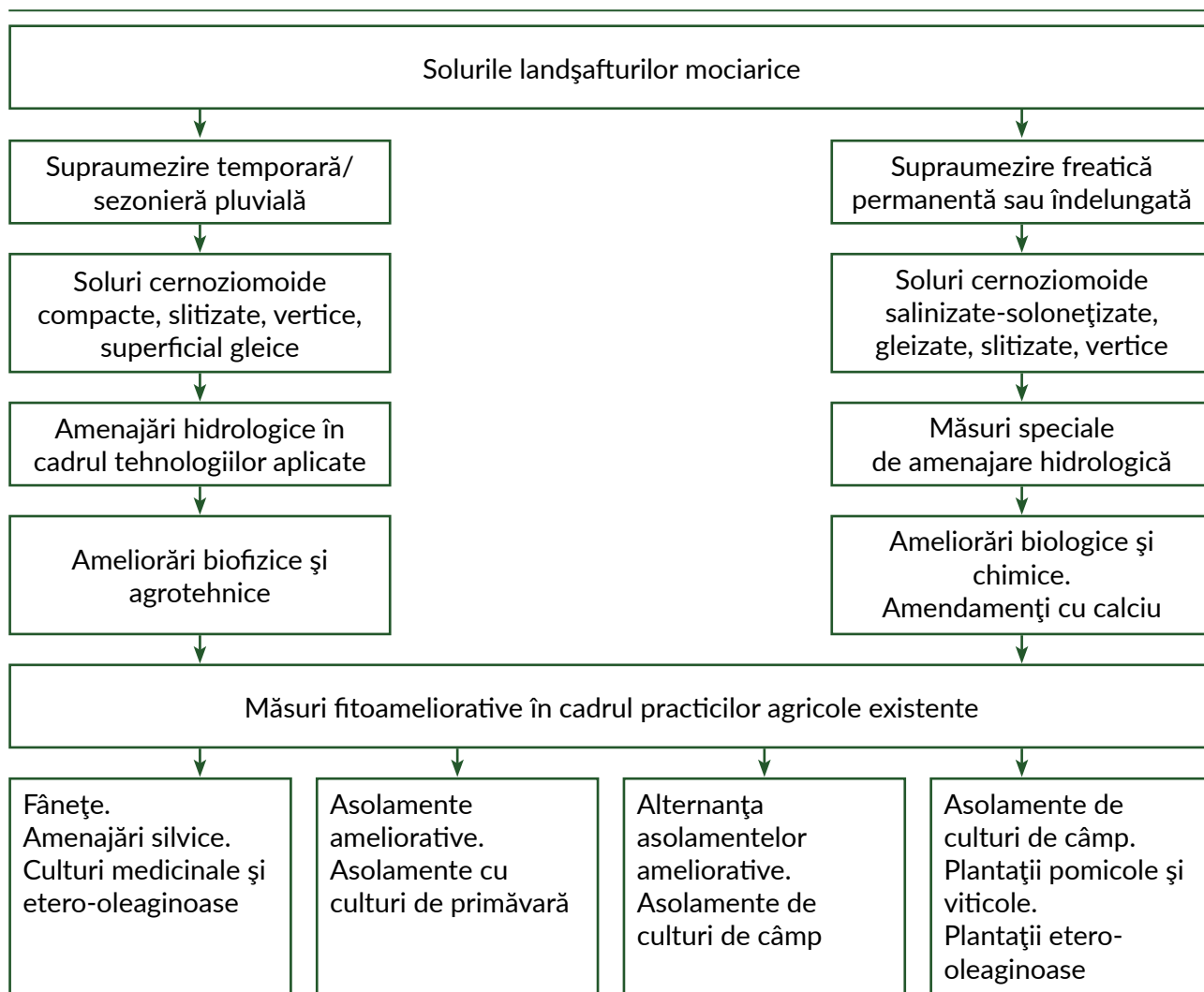


Fig. 20. Măsuri alternative de valorificare agricolă a terenurilor afectate de supraumezire

## 1.1.6. Efecte eco- și pedofuncționale aferente degradărilor naturale ale terenurilor

### 1.1.6.1. Degradarea funcțiilor biogeocenotice (ecologice globale)

Conform pedologiei contemporane, solul este un sistem natural polifuncțional, care asigură caracterul ciclic al procesului de reproducere a vieții în cadrul uscatului. Rolul învelișului de sol în biosferă și viața omului nu se limitează doar la producerea produselor alimentare în calitate de mijloc principal de producere în agricultură (funcția productivă a solului), cum se considera până nu demult.

Actualmente, în știința solului s-a acumulat un bogat material teoretic și experimental cu privire la importanța exclusivă a solului în funcționarea normală a sferelor Pământului – litosfera, atmosfera, hidrosfera și biosfera. Aceasta a pus bazele teoretice și experimentale ale conceptului despre funcțiile ecologice ale solului și ale învelișului de sol, dar și cu privire la rolul ecologic al solurilor, datorită cărora se asigură bunăstarea biosferei și a societății umane (sfera socială).

Conform lui В.И. Вернадский, învelișul de sol este veriga care leagă toate componentele geosferelor Pământului – litosferei, hidrosferei, atmosferei, biosferei. În comun cu organismele vii (plante, animale, microorganismele), solurile formează sisteme ecologice complicate (ecosisteme), care reglează multe procese care decurg pe suprafața uscatului, în bazinele acvatice și în straturile inferioare ale atmosferei.

Pedologia contemporană examinează două categorii de funcții ecologice ale solurilor și învelișului de sol în biosferă: globale și biogeocenotice (ecosistemice).



### *Funcțiile ecologice globale*

În cadrul funcțiilor ecologice globale, solurilor le revine un rol extrem de important în constituirea rezervelor și componenței apelor freatice și celor superficiale ale uscatului, componenței și regimului aerului atmosferic, desfășurarea proceselor de alterare în stratul superior al litosferei, precum și a celor mai importante procese biosferice (Tabelul 24).

Tabelul 24. Funcțiile ecologice globale ale solului

Categorii de bază și tipuri de funcții globale ale solului			
Litosferice	Atmosferice	Hidrosferice	Biosferice
Transformări biochimice în straturile superioare ale litosferei	Absorbția și reflectarea radiației solare	Transformarea componenței apelor superficiale și freatice	Mediu de viață, acumulator și sursă de substanțe și energie pentru organismele din cadrul uscatului
Sursă de substanțe pentru formarea mineralelor și rocilor	Factor al circuitului apei și regimului de gaze în atmosferă	Participarea la formarea scurgerilor fluviale	Verigă de legătură a circuitului geologic și celui biologic
Modelarea reliefului și protecție antierozională	Sursă de substanțe solide și microorganisme aportate în atmosferă cu vântul	Factor de productivitate biologică a râurilor și bazinelor acvatice	Barieră protectoare și condiție pentru funcționarea biosferei
Transfer de energie solară acumulată în segmentele mai adânci ale litosferei	Adsorbția și reținerea unor gaze și reducerea scurgerilor acestora în spațiul cosmic	Barieră sorbțională care limitează poluarea resurselor acvatice	Factor de evoluție biologică
	Reglarea regimului de gaze al atmosferei		

Din numărul celor mai importante funcții globale ale solurilor fac parte cele hidrosferice, atmosferice, litosferice și biosferice.

Principalele funcții hidrosferice ale solurilor și învelișului de sol sunt: transformarea apei provenită din precipitațiile atmosferice în ape pedo-freatice (apele solului) și ape freatice, trecând-o prin profilul solului; participarea solurilor în formarea scurgerilor fluviale și bilanțul apei, datorită permeabilității pentru apă și capacității de reținere a apei; influența solurilor asupra bioproductivității bazinelor acvatice prin intermediul fluxurilor de substanțe spălate din soluri (eutroficarea); solul formează bariere sorbționale care captează substanțele poluatoare.

Funcțiile atmosferice ale solurilor sunt factori de formare și de evoluție a componentei atmosferei prin schimbul permanent de gaze între sol și atmosferă. Această grupă include: absorbția și reflectarea radiației solare; reglarea circuitului apei în atmosferă ca urmare a evaporării apei din sol și condensării; furnizarea în spațiul atmosferic de substanțe solide și microorganisme, preponderent, prin suflarea (deflația) acestora de pe suprafața solului și acumularea lor din nou ca urmare a depunerii mecanice a acestora sau aportului cu precipitațiile atmosferice; absorbția și reținerea unor gaze în sol, reducându-se cantitatea care se pierde în spațiul cosmic; reglarea regimului de gaze al atmosferei și solului; solul este un furnizor important de gaze cu efect de seră în atmosferă (dioxid de carbon, metan, oxizi de azot) ca urmare a mineralizării humusului din sol.

De ultima funcție este direct legată una din cele mai grave probleme cu care se confruntă omenirea, în general și spațiul Pridanubian, în particular – schimbarea climei. Conform mai multor evaluări, pe parcursul ultimilor 100 ani temperatura atmosferei planetei a sporit cu 0,5-1,0°C, lucru care a cauzat mai multe cataclisme naturale – secete și alte fenomene climatice extreme, intensificarea eroziunii cu apa, iar în spațiul nostru și a celei cu vântul (eoliană). Aceste schimbări au loc în condițiile când concentrația de dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) în atmosferă a sporit cu 20-28%,

iar a metanului – cu 100%. În opinia mai multor cercetători, prin factorii care determină schimbările climatice sporirii concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă îi revine rolul decisiv. Este cunoscut că cca 80% din emisiile de CO<sub>2</sub> în atmosferă provin din pedosferă ca urmare a respirației organismelor din sol, plantelor și mineralizării materiei organice a solurilor. Aceste procese se intensifică ca urmare a sporirii gradului de dezmembrare erozională prin ravenare, de secetă erozională și pedologică, care conduc la sporirea intensității proceselor de mineralizare a substanțelor organice în soluri.

Procesele degradative induse de eroziune, salinizare și solonețizare conduc la reducerea fertilității solurilor, suprimarea biocenozelor, reducerea intensității procesului de fotosinteză și, respectiv, a cantității de dioxid de carbon încadrat în producerea de biomasă vegetală.

Atmosfera contemporană este supusă unor modificări permanente ale componenței sale, în-deosebi în straturile inferioare ale troposferei, care participă activ de schimburi de gaze în cadrul geoeosistemului solului (Fig. 21).

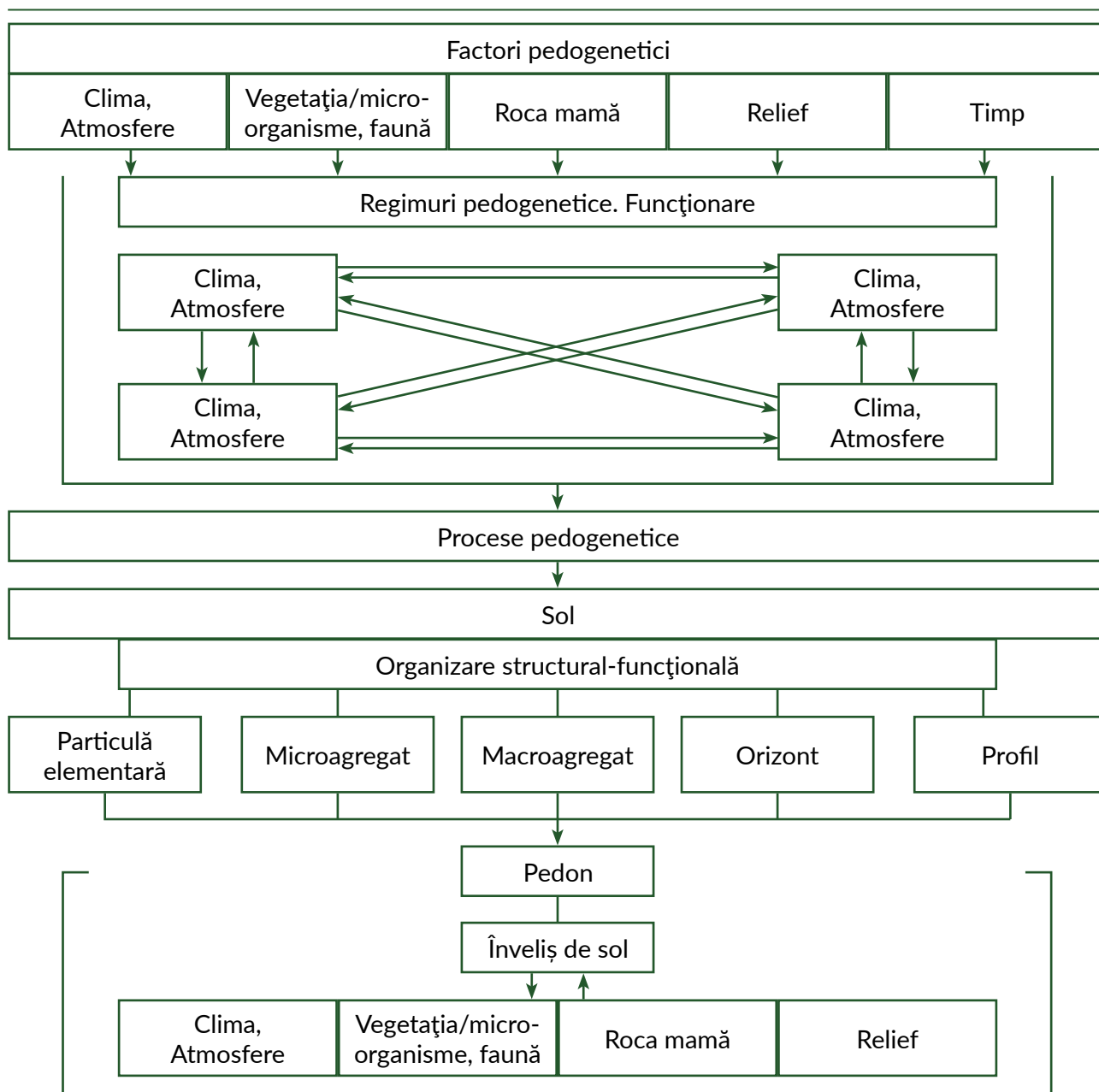


Fig. 21. Schema bloc a geoeosistemului solului

Totalitatea proceselor care asigură respectivul schimb de gaze și substanțe în sistemul sol:atmosferă caracterizează solul în calitate de factor care reglează componența actualii atmosfere. Această funcție este determinată de o serie de însușiri deosebite, caracteristice solului:

- 1) porozitatea solului: în mod obișnuit volumul total al porilor variază în intervalul 40-65%. Cca 1/3 din volumul total al porilor revine celor ocupați de aer (porozitatea de aeriație). Aceasta este suficientă pentru ca aerul prezent în stratul 0-30 cm al solului să se înnoiască la fiecare oră. Prin urmare, din sol în atmosferă au loc emisii permanente de gaze.
- 2) schimbul de gaze în sistemul sol:atmosferă este bazat pe difuzia și convecția acestora, prin urmare este în funcție de diferența de temperaturi ale solului și aerului. Un rol important revine vântului.
- 3) schimbul de gaze este în măsură foarte mare dependent de gradul de umiditate al solului și se reduce pe măsura sporirii conținutului de apă în sol. În intervalul de umiditate a solului de la puternic umezit până la saturația totală, viteza schimbului de gaze se reduce de un milion de ori (ЗВЯГИНЦЕВ, 1987).
- 4) influența semnificativă a solului asupra componenței atmosferei este determinată și de diferența mare în alcătuirea fazei solide a acestor două sisteme – atmosfera și pedosfera, deoarece aerul solului, datorită activității intensive a biotei solului, se deosebește de zeci și sute de ori de cel atmosferic. Comparativ cu aerul atmosferic, aerul solului conține de 10-100 ori mai mult dioxid de carbon și de câteva ori mai puțin oxigen. Prin conținutul de azot aerul atmosferic (78,09%) și cel al solului (78,5-80,5%) se deosebesc relativ nesemnificativ. Aerul solului întotdeauna conține o cantitate mai mare de vapori de apă (gradul de saturație cu vapori de apă este aproape 100%).
- 5) în aerul din sol sunt prezente substanțe organice ușor volatile și microgaze care se conțin în cantități foarte mici ( $1 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^{-12}\%$ ), dar dat fiind circuitul accelerat al acestora și acțiunea fiziologică puternică, prezența lor conduce la reducerea activității biotei solului.

Funcția solurilor de reglare a componenței atmosferei mai prevede și procesele inverse – de adsorbție a gazelor în sol, dar și de utilizare și descompunere a acestora.

Schimbul de substanțe și energie în sistemul sol:atmosferă presupune nu numai schimb de gaze, dar și de substanțe solide fine și microorganisme care sunt deplasate de pe suprafața solului în atmosferă, iar ulterior, după o oarecare perioadă de timp, să revină din nou în sol, dar deja în alte spații. Cu referință la aceasta, se știe că pe teritoriul Republicii Moldova uneori sunt aportate mase de sol de la distanțe de zeci de mii de kilometri. Particulele solide care se conțin în atmosferă au influență multilaterală asupra proceselor care se realizează în atmosferă:

1. Prezența unei oarecare cantități de material prăfos în atmosferă contribuie căderii precipitațiilor atmosferice, deoarece particulele de praf sunt „centre” de condensare a vaporilor de apă.
2. Praful conținut în atmosferă reduce semnificativ fluxul de radiație solară pe suprafața solului, astfel reducându-se efectul de supraîncălzire.
3. Particulele prăfoase afectează calitatea aerului, iar depunerile acestora afectează funcționarea bio- și agrofitecenozelor.
4. Cu particulele solide în aerul atmosferic sunt aportate substanțe nocive suflate din sol, dar și din spații de depozitare a fertilizanților, produsele de uz fitosanitar.
5. Într-un  $m^3$  de aer atmosferic se conțin până la câteva mii de microorganisme, astfel asigurându-se migrarea lor pe cale aeriană la zeci de mii de kilometri, aceasta conducând la răspândirea pe cale eoliană a diferitor organisme patogene pentru plante, animale, oameni.

Procesele de deflație și de poluare a aerului atmosferic cu materiale solide și microorganisme sunt favorizate de mai mulți factori:

- devegetarea suprafeței solurilor ca urmare a salinizării și solonetzării;
- distrugerea suprafeței solurilor și prăfuirea structurii ca urmare a suprapășunatului;
- mărunțirea și prăfuirea structurii sub influența tehnicii grele utilizată în diverse scopuri pe terenurile neagricole;
- efectuarea lucrărilor de excavare, de defrișare etc.

Locul și rolul solurilor în formarea și reglarea circuitului apei în atmosferă sunt determinate de capacitatea acestuia de a capta apa provenită din precipitațiile atmosferice și topirea zăpezii pe suprafața terenurilor, de a o înmagazina în profilul solului și de a consuma la evapo-transpi-

rație și evaporarea fizică, ca ulterior o bună parte din aceasta să revină pe suprafața solului în repetare sub formă de precipitații. În acest context, s-a stabilit că circuitul local al apei influențează puternic umiditatea relativă a aerului, care în mare măsură determină cantitatea totală de precipitații. Prin urmare, solului îi revine un rol important în constituirea climatului local. Solul nu doar contribuie la sporirea cantității totale de vapori de apă în atmosferă, dar mai contribuie prin intermediul circuitului local al apei, la uniformizarea nivelului/gradului de asigurare cu apă a landşaftului.

Procesele descrise au un rol foarte important în condițiile actualului trend al condițiilor climatice la nivel global și regional, însoțit de perturbarea regimului precipitațiilor atmosferice.

În ultimii 50-60 ani se atestă o tendință stabilă de degradare a acestei funcții ca urmare a:

- dereglării raportului optimal și echilibrelor ecologice dintre suprafețele ocupate de terenuri nearabile și terenuri arabile;
- defrișările și deștelenirile în masă care au afectat grav dinamica regimului hidrotermic al teritoriilor;
- devegetarea suprafeței solurilor, intensificarea vânturilor, sporirea frecvenței fenomenelor climatice extreme.

Încă în 1939, unul din fondatorii hidrologiei solurilor A.Ф. Лебедев, scria că orice picătură de apă înainte de a deveni apă curgătoare, stătătoare sau freatică, vine în contact cu solul, iar prin urmare poartă o serie de trăsături obținute de la sol, deoaecă trecând prin sol se modifică:

- componența chimică a apei; din sol în apă trec substanțe humice solubile reprezentate preponderent prin acizi fulvici, săruri ușor solubile, produse organo-minerale provenite din procesele de bio-geo-pedogeneză ș.a.;
- componența gazelor dizolvate în apă; oxigenul prezent în apa provenită din precipitațiile atmosferice se consumă la oxidarea substanțelor organice cu formarea de dioxid de carbon. Ca urmare, în apă se reduce conținutul de oxigen și sporește conținutul de dioxid de carbon;
- componența ionilor prezenți în apă, în funcțiile de tipurile/subtipurile de soluri și rocile mamă: cel mai pronunțat aceasta se modifică în cazul solurilor salinizate și în cazul rocilor mamă sedimentare: calcare, marne, dolomite, gips, argile sarmatiene ș.a.

O funcție ecologică generală biogeocenotică a solurilor este acumularea și transformarea substanțelor și energiei. Aceasta constă în transformarea componenței rocilor parentale, resturilor vegetale și animaliere, formarea și acumularea de substanțe noi. Aceasta se materializează în circuite biogeochimice a substanțelor, acumularea acestora și asigurarea bioprodactivității biogeocenozelor. În acest sens, doar procesele biogeocenotice sunt responsabile de acumularea biologică a azotului, fosforului, humusului, microelementelor biofile în soluri. Ca urmare, în stratul pedogenetic activ se creează condiții favorabile pentru dezvoltarea biocenozelor și succesiunea acestora în timp. Sporirea sau reducerea intensității proceselor de acumulare și de transformare a substanțelor și energiei determină dinamica bioprodactivității biogeocenozelor.

Învelișul de sol și organismele care viețuiesc în soluri (bacterii, actinomicete, ciuperci, microși mezofauna) neutralizează substanțele aportate în sol indirect și direct ca urmare a activității umane, astfel asigurându-se funcția sanitară (igienică).

Solul fiind adsorbent natural reține substanțele nocive și stopează migrarea acestora în plante și sursele de apă. Procesele de reținere conduc la neutralizarea însușirilor toxice a substanțelor nocive. Microorganismele din sol dezactivează poluanții organici și asigură reciclarea substanțelor organice. O trăsătură specifică a biotei este capacitatea de autosporire a masei de microorganisme „specializate” în descompunerea anumitor grupe de substanțe organice prezente în sol în cantități dăunătoare.

Îndeplinind un complex complicat de funcții biogeocenotice, solul este o condiție de existență și evoluție a organismelor în cadrul unor biogeocenoze în parte și în biosferă în general. În acest context, biocenozele și solurile au parcurs o cale lungă de coevoluție în cadrul căreia s-a format un sistem integrat al diversității biologice și a solurilor. În cadrul acestei coevoluții s-a dezvoltat una din cele mai importante funcții biogeocenotice – susținerea și conservarea diversității biologice în ecosistemele naturale.

Totalizând cele expuse, considerăm că conceptul despre funcțiile ecologice ale solurilor deschide noi orizonturi cu privire la rolul solurilor și unor însușiri în parte a acestora în cadrul eco-

sistemelor terestre și unor procese biosferice importante, precum și în funcționarea altor geosfere ale Pământului (atmosfera, hidrosfera, litosfera) și sociosferei și implică necesitatea abordării funcțional-ecologice (ecosistemice) a problemei protecției solurilor și învelișului de sol în cadrul unui sistem integrat de management sustenabil al resurselor de sol.

Funcțiile ecologice descrise ale solului se pot realiza în măsură deplină doar în solurile „sănătoase” nedegradate înalt fertile. În aceasta se realizează un alt aspect important al fertilității solului – ecologic.

Analiza actualului cadru factorial-procesual natural de evoluție a solurilor din republică a scos în evidență o diversitate mare de factori și procese agrogenetice, care influențează semnificativ funcțiile ecologice și biogeocenotice ale învelișului regional de soluri.

#### Modificarea contemporană a funcțiilor atmosferice ale solurilor

În calitate sa de factor cu impact global, activitatea umană s-a răsfrânt, semnificativ, asupra funcțiilor atmosferice ale solurilor. În același timp, cca 2/3 din suprafața pedosferei este indirect afectată de activitatea umană. Principala cauză a acestui fenomen antropogen este debiologizarea masivă a biosferei. Reducerea cantității de biomasă, numărului și diversității organismelor a perturbat la scara istorică a timpului procesul evoluțional general, lanțurile trofice și echilibrele ecologice constituite la scara pedologică a timpului. Totodată, s-au redus resursele energetice și s-au modificat circuitele biogeochimice a substanțelor și energiei în ecosisteme.

În fizica solului pentru evaluarea stării de aeratie a solurilor este utilizat coeficientul de aeratie (CA), care reprezintă raportul dintre concentrațiile oxigenului și dioxidului de carbon ( $CA = O_2 / CO_2$ ), care caracterizează gradul de detașare a componentei aerului solului de cel atmosferic. Pentru aerul atmosferic  $CA=700$ . Pentru evaluarea aerului solului se aplică următoarea gradatie: supraexcesiv –  $CA>100$ ; excesiv –  $CA=100-50$ ; optimal –  $CA=50-20$ ; defectuos –  $CA=20-10$ ; neeficient –  $CA=10-3$ ; critic –  $CA<3$ .

Pentru cernoziomuri este caracteristică aeratia optimală ( $CA=20-50$ ). Relativ optimală este aeratia și pentru solurile cenușii molice și solurile aluviale din luncile Nistrului și Prutului neafectate de salinizare, solonețizare, supraumezire și gleizare. Atare condiții sunt optimale atât pentru dezvoltarea plantelor, cât și pentru activitatea biotei solului și denotă schimb optimal de gaze în sistemul sol:atmosferă.

În condiții de umezire  $>CC$  în cernoziomuri CA se instaurează în intervalul  $CA=10-20$ . În condiții de irigare excesivă CA se reduce până la 10 și sub această valoare. În solurile salinizate-solonețizate CA este determinat de volumul redus al porozității totale și alcătuirii diferențiale nefavorabile. În acestea  $CA=3-10$ , iar în solurile supraumezite  $<3$ . În condiții de valori  $CA<20$  se atestă suprimarea plantelor adaptate la condiții normale de aeratie, iar când  $CA<10$  sunt suprimate toate speciile de plante. Aceasta conduce la reducerea potențialului de sechestrare a carbonului la fotosinteză și de depozitare a acestuia în soluri. Pe măsura sporirii conținutului de materie organică nedescompusă în sol are loc la reducerea capacității solului de a sechestra carbonul în componența humusului. Din contra, resturile organice depuse la suprafață sunt supuse mineralizării intensive și sporirii emisiilor de  $CO_2$  în atmosferă.

#### Modificarea contemporană a funcțiilor litosferice ale solurilor

Degradarea funcției pedo-biochimice de transformare a stratului superior al litosferei presupune:

- 1) atenuarea și reducerea intensității de transformare a stratului superior al atmosferei;
- 2) modificări naturale locale și regionale ale sensului proceselor biochimice de transformare a litosferei constituite la scara geologică a timpului;
- 3) dezvoltarea de focare locale și regionale cu tipuri noi de procese pedo-biochimice de transformare a stratului superior (stratul de aeratie) al litosferei. Dezvoltarea de focare locale și regionale cu tipuri noi de procese pedo-biochimice presupune modificarea sensului procesului local/regional de pedogeneză;
- 4) diageneza (transformarea) orizontului de tranziție al solurilor ca urmare a modificării componentei circuitului geochimic al substanțelor în sistemul orizont humuso-acumulativ : roca mamă. Mai pronunțat diageneza se atestă în cadrul spațiilor de dezvoltare activă contemporană a proceselor de salinizare, solonețizare, supraumezire-hidromorfizare;

- 5) constituirea de cicluri noi ale substanțelor în cadrul sistemului sol-strat geochemic activ (roca mamă-apele freatice-roca așternută) cu încadrarea în acestea, a substanțelor de origine antropo-tehnogenă. Anume acestui factor i se datorează poluarea în masă a apelor freatice din spațiul nostru cu nitrați și alte substanțe poluante.

### 1.1.6.2. Degradarea funcțiilor eco- și agroecosistemice

Solurile sunt unul dintre cele mai importante elemente ale biogeocenozelor (ecosistemele terestre) și îndeplinesc în cadrul acestora funcții biogeocenotice, care reiese din importanța planctară a învelișului de sol în calitatea lui de factor de evoluție a organismelor vii și a bioproductivității ecosistemelor terestre. Indicatorul integral al funcției solului la nivel de biogeocenoză este mărimea bioproductivității, masa materiei vii per o unitate de suprafață, care este determinată de condițiile de existență a organismelor. Funcțiile biogeocenotice ale solurilor în calitatea lor de component al biogeocenozelor sunt divizate în patru grupe, în funcție de însușirile care le controlează (Tabelul 25).

Tabelul 25. Funcțiile solurilor în cadrul ecosistemelor

Funcții fizice	Habitat pentru organisme. Atribute legate de spațiu pentru locuințe, industrie, infrastructură. Acumulator de umiditate. Nișa ecologică. Suport mecanic pentru plante
Funcții chimice și fizico-chimice	Acumularea elementelor biofile. Acumularea fermentilor. Acumularea energiei biochimice. Sorbția substanțelor (capacitatea de reținere). Sorbția microorganismelor
Funcții biologice și biochimice	Mediu de viață pentru organisme. Verigă de interacțiune a circuitului mare geologic și mic biologic al substanțelor. Descompunerea, transformarea, mineralizarea și humificarea resturilor organice. Productivitate biologică
Funcții energetice	Acumularea de energie chimică rezultată prin convertirea energiei solare prin procesul de fotosinteză în substanțe organice și acumularea acestora în sol sub formă de humus (funcție bioenergetică). Intermedierea schimbului de substanțe și energie între geosfere. Absorbția și transferul de căldură
Funcții hidrofizice	Înmagazinarea apei în sol (permeabilitate pentru apă). Deplasarea apei prin sol (conductivitate hidraulică). Transformări ale apei în sol. Asigurarea proceselor biogeo-chimice și pedogenetice cu resursele necesare de apă
Funcții ecologice	Acțiunea de temperare/atenuare a variațiilor bruște ale unor caracteristici ale solului și reglarea condițiilor de funcționare a ecosistemului. Acțiunea de filtru de protecție și prevenire a contaminării apelor freatice cu substanțe poluante. Epurarea solului de substanțe organice străine, microorganisme ajunse în sol. Protecția genetică a unor specii și implicit a biodiversității
Funcții atmosferice	Schimb de gaze (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O) cu mediul
Funcții informative	Reglarea structurii ecosistemului. Semnal despre modificarea stării ecosistemului. Semnal pentru declanșarea unor procese biologice sezoniere. Înregistrarea sau reflectarea evoluției istorice (funcția de memorie)

Din numărul funcțiilor determinate de însușirile fizice ale solurilor, pe prim plan se plasează funcția de mediu și spațiu vital pentru activitatea și funcționarea micro- și mezofaunei, microorganismelor și sistemul radicular al plantelor.

În calitatea lor de corp fizic solurile sunt suport mecanic pentru plante, depou pentru semințe, tuberculi ș.a., care se păstrează o perioadă lungă de timp în acestea, păstrând capacitatea de a germina în situațiile când se creează condiții favorabile pentru demararea proceselor de vegetație.

O altă funcție ecologică importantă determinată de însușirile fizice ale solurilor (în particular de alcătuirea granulometrică și cea structural-agregatică) este capacitatea de a asigura plantele cu apă.

Capacitatea solurilor de a înmagazina, conserva apa provenită din precipitațiile atmosferice și de a o furniza plantelor se realizează prin însușirile hidrofizice ale acestora: permeabilitatea pentru apă, capacitatea pentru apă, capacitatea de reținere a apei.

Schimbul permanent de căldură și apă între sol și atmosferă reglează regimurile hidric și termic al ecosistemelor.

Însușirile chimice sunt responsabile de una din cele mai importante funcții – sursă de elemente de nutriție și energie acumulate în humus și componentele minerale ale solurilor. Această funcție este extrem de importantă, deoarece elementelor nutritive le revine rolul decisiv în formarea producției biologice în biogeocenoze.

Aparte se evidențiază funcția azoto-proteică a solurilor, care presupune capacitatea lor de a asigura fixarea biologică a azotului molecular din atmosferă și de a-l transfera în formă organică (animoacizi, proteine). Acest proces de importanță biosferică se realizează doar în soluri de către sistemele ecologice pedovegetale cu participarea bacteriilor și microorganismelor asociative fixatoare de azot. Acestei funcții îi revine rolul decisiv în acumularea în sol a azotului biologic.

Funcțiile ecologice controlate de însușirile fizico-chimice sunt asigurate de capacitatea de reținere a solurilor: sorbția substanțelor minerale și organice, microorganismelor, apei.

Capacitatea de reținere este una din trăsăturile de bază ale solului în calitatea acestuia de corp dispers și este determinată de conținutul de humus, alcătuirea granulometrică și mineralogică, componența cationilor reținuți în complexul adsorbativ al solului, reacția soluției solului și valorile pH.

Funcției sorbționale îi revine un rol decisiv în acumularea progresivă a produselor bio- și pedogenezei în profilul solului, asigurarea plantelor cu apă și nutriție. Datorită funcției sorbționale în soluri sunt reținute în stare schimbabilă elementele de nutriție, se evită levigarea acestora din profilul solurilor. Acestei funcții îi revine rolul decisiv în constituirea unei din cele mai importante însușiri ale solului – activitatea fermentativă. În același timp, însă, însușirile sorbționale pot conduce și la urmări negative în cazurile când în complexul adsorbativ al solurilor se acumulează în stare reținută cationii de hidrogen ( $H^+$ ), magneziu ( $Mg^{2+}$ ), sodiu ( $Na^+$ ) și metalele grele.

Procesul de pedogeneză presupune constituirea funcției informaționale, lucru atestat încă de V.V. Docuceaev, care a definit solul drept „oglină a landşaftului”.

Conform abordărilor contemporane, solul este sistem ierarhic organizat polinivelar și poli-funcțional constituit și funcțional în cadrul multiplelor procese de schimb de substanțe și energie purtătoare de informații între subsistemele ierarhice (ionic-molecular-particulă elementară-microagregat-agregat-orizont-profil), dar și între sol și componentele de mediu (sistemul sol-factori pedogenetici). Ca urmare, la scara pedologică a timpului s-a constituit „sistemul informațional al solului”. Informația „depozitată” în „sistemul informațional” este responsabilă de mai multe componente funcționale ale solurilor. Printre acestea importanță mai mare au:

- 1) semnal pentru demararea proceselor fizice, chimice, biologice și altor procese (biochimice, biogeochimice ș.a.) responsabile de funcționarea diurnă, sezonieră, anuală, multianuală, milenară a solurilor;
- 2) determină sensul și ciclitatea proceselor tipogenetice în soluri la scara pedologică a timpului în conformitate cu dinamica factorilor de mediu și ambianței pedogenetice;
- 3) asigurarea stabilității ecosistemului solului și atenuarea eventualelor procese de dereglare a funcționalității ecosistemului solului;
- 4) semnal pentru demararea proceselor de restabilire și reproducere lărgită a procesului pedogenetic în condițiile când gradul de degradare a ecosistemului solului atinge starea critică;
- 5) în cadrul procesului evolutiv solul acumulează informația despre mediul ambiental materializată în istoria dezvoltării biogeocenozei (climă, vegetație și biotă, rocă, relief în timp) și o fixează în însușiri concrete sau alcătuirea profilului solului. Aceasta asigură informa-

ția necesară pentru prognozarea eventualelor schimbări în sensul și evoluția procesului pedogenetic în condiții de modificare a ambianței pedogenetice, în special în condiții de schimbare a climei. În acest sens menționăm că cel mai rapid „se transmite” informația despre modificarea regimurilor temperaturilor, nutriției și apei, gradul de mobilitate și accesibilitate a apei, nutriției pentru biota solului, inclusiv rădăcinile plantelor. Prin urmare, la modificările în ambianța pedogenetică reacționează, în primul rând, componenta biologică. Aceasta conduce la modificarea sensului și intensității proceselor biologice care se răsfrâng asupra bioproductivității biocenozelor.

#### Solul – mediu vital pentru organisme terestre

Fiind produs al proceselor biochimice, solul/pedosfera este mediul vital pentru majoritatea speciilor de organisme terestre, dar și mediu în care se formează ponderea majoră a materiei vii a planetei.

Din numărul principalelor particularități ale mediului vital pedo-aerian mai elocvente sunt:

- 1) concentrația mai mare în spațiu și timp a materiei vii pe uscat decât în ocean;
- 2) diversitatea biologică și structural-funcțională mai mare;
- 3) diversitatea mare a condițiilor vitale din cadrul uscatului a atras după sine o diversitate mai mare funcțională a substanței vii, dar și o capacitate mai mare de modelare a mediului;
- 4) asimetria structurală și funcțională în spațiu și timp a materiei vii a uscatului comparativ cu materia vie a oceanului planetar.

Una din cele mai importante particularități ale solului în calitate de mediu vital este capacitatea acestuia de a acumula și furniza substanțe și energie pentru organismele terestre. Conform calculelor, în pedosfera uscatului se conțin 2500 mlrd tone de humus. Deși ocupă doar cca 8% din resursele de sol ale uscatului, în cernoziomuri sunt concentrate cca 200 mlrd tone de humus. Anual în formarea substanțelor humice în cadrul uscatului sunt încadrate 1-2 mlrd tone de carbon. Perioada de formare a rezervelor de humus alcătuieste 800-1500 ani.

Astfel, particularitățile funcționării materiei vii a uscatului sunt în mare măsură determinate de particularitățile învelișului de sol al Pământului, care reprezintă un mediu vital specific terestru pentru organismele vii.

#### Solul – verigă de legătură între circuitul mare geologic și circuitul mic biologic al substanțelor

Trăsătura de bază prin care circuitul mare geologic al substanțelor se deosebește de cel mic biologic sunt ritmurile și termenii de realizare a acestora.

Circuitul mare geologic este direcționat pe înstrăinarea substanțelor din cadrul uscatului în oceanul planetar și acumularea acestuia la scara geologică a timpului. Circuitul mic biologic se realizează în perioade scurte de timp și este orientat pe acumularea locală a substanțelor. În timp, circuitul mic biologic al substanțelor este sincronizat, iar în spațiu suprapus cu procesul de formare, dezvoltare și evoluție a pedogenezei. În acest sens, pedogeneza este produs al interacțiunii circuitului mare geologic și celui mic biologic al substanțelor, iar solul/pedosfera care rezultă din această interacțiune este veriga prin intermediul căreia aceasta se realizează. În cadrul acestei interacțiuni solul îndeplinește funcția de barieră sorbțional-acumulativă, care captează substanțele mobile care rezultă din descompunerea resturilor organice. În realizarea circuitului biologic al substanțelor un rol deosebit revine humusului, compușilor organo-minerali și mineralelor argiloase ale solului.

Conform calculelor, în perioada preistorică în cadrul landșafturilor de stepă cantitatea de elemente biofile încadrată în circuitul biologic depășea de 50 ori fluxul acestora în circuitul geologic. Actualmente, cantitatea de N, P, Ca, S, Mg încadrată în circuitul biologic este doar de 2-10 ori mai mare decât cea înstrăinată cu scurgerile superficiale. Aceasta se datorează, în primul rând, intensificării proceselor de eroziune superficială și celei de adâncime. În ultimii 50-60 ani se atestă intensificarea eroziunii eoliene.

#### Evoluția contemporană a funcțiilor biosferice generale ale solurilor

În condițiile sporirii presingului provenit din evoluția naturală a factorilor de mediu și a celui indirect de origine antropo-tehnogenă în cadrul trendului contemporan al funcțiilor biosferice a pedosferei s-a conturat clar o tendință stabilă de reducere a intensității și sensului acestora (Tabelul 26).



Tabelul 26. Tendințe de evoluție contemporană a funcțiilor biosferice ale solurilor

<b>Funcții biosferice</b>	<b>Mediu de viață pentru organismele terestre</b>	Degradarea la scară globală a condițiilor ecopedologice de viață pentru organismele terestre și reducerea spațiului vital. Reducerea diversității naturale a nișelor pedo-ecologice. Dezvoltarea de noi nișe vitale de origine tehnico-naturală
	<b>Factor de diferențiere a mediului geografic și celui biosferic</b>	Reducerea efectelor de diferențiere spațială a mediului geografic și celui biosferic cauzat de factorul sol. Dezvoltarea de spații anormale cauzate de sporirea unor factori degradativi (salinizare, solonețizare, hidromorfizare, erodare). Perturbarea modului de organizare a unor spații geografice și biosferice ca urmare a impactului degradativ al proceselor și fenomenelor degradative a solurilor. Formarea și extinderea de spații pedo-azonale cauzate de fenomene și procese degradative induse de evoluția factorilor naturali
	<b>Verigă de legătură a circuitului biologic și celui geologic al substanțelor</b>	Reducerea ponderii factorului sol în susținerea factorului biologic al substanțelor și energiei. Intensificarea proceselor de încadrare a materiei de origine pedogenetică în circuitul geologic. Modificarea raportului dintre circuitul biologic și cel geologic constituit la scara geopedologică a timpului
	<b>Factor de evoluție biologică</b>	Reducerea ponderii solului în evoluția progresivă a speciilor. Dispariția speciilor rare ca urmare a degradației antropico-naturale a mediului de viață. Reducerea genofondului populațiilor terestre ca urmare a degradării condițiilor de viață pentru organisme. Dezvoltarea de forme noi de organisme ca urmare a degradării mediului de viață a organismelor

Degradarea solurilor conduce în mod direct la reducerea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în evoluția cernoziomurilor și reproducerea lărgită a însușirilor și funcțiilor ecosistemice (biogeocenotice) (Fig. 21) (Tab. 27, 28).

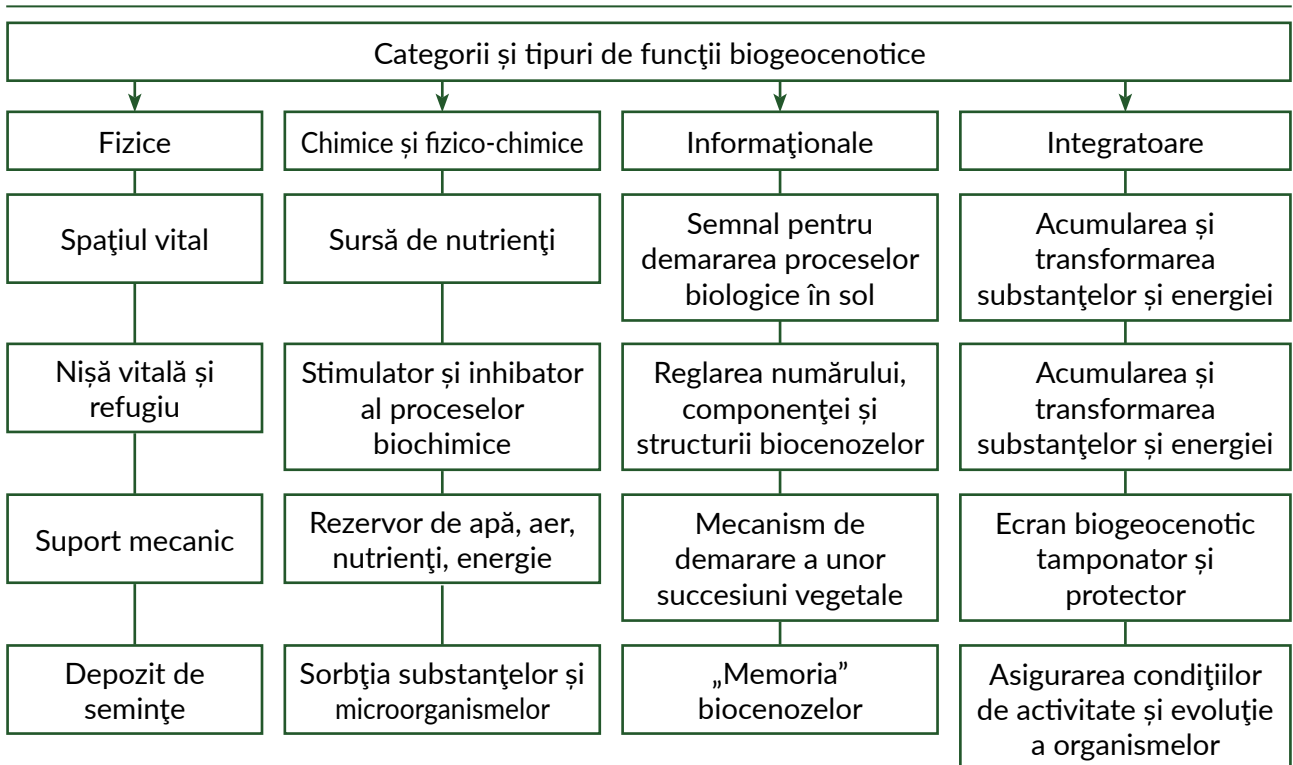


Fig. 21. Funcțiile biogeocenotice ale solurilor care sunt afectate de procesele de degradare naturală a solurilor

**Tabelul 27.** Fenomene și procese de degradare naturală a cernoziomurilor cu afectarea funcțiilor ecosistemice (biogeocenotice) a cernoziomurilor din spațiul Pridanubian

Fenomene	Procese degradative naturale	Funcții ecosistemice afectate
Perturbarea regimurilor bioenergetice a solurilor ecosistemelor naturale	Devegetarea solurilor Dehumificarea Istovirea Epuizarea	Bioecologică Bioenergetică Climatică Bioproductivă Biogeochimică
Perturbarea regimului hidric și chimic	Hidromorfizarea Salinizarea Alcalinizarea Solonețizarea Decalcifierea Solonețizarea magnezială	Hidrologică Climatică Bioproductivă Bioecologică
Perturbarea regimurilor pedofuncționale (hidrotermic, aerohidric, de oxido-reducere, biologic)	Compactarea Crustificarea Copertarea Slitizarea Consolidarea Metastructurarea	Hidrologică Bioecologică Climatică Bioproductivă
Aridizarea-deșertificarea ca urmare a perturbării funcționalității hidrofizice a solurilor	Reducerea permeabilității pentru apă și conductivității hidraulice Reducerea capacității de câmp pentru apă (CC) Reducerea rezervelor de apă productivă Sporirea rezervelor de apă neproductivă Reducerea diapazonului de apă utilă Sporirea vulnerabilității la seceta atmosferică Seceta pedologică	Bioproductivă Climatică Bioecologică Biogeochimică

**Tabelul 28.** Efectele funcționale determinate de interacțiunea proceselor degradative naturale a solurilor și schimbărilor climatice

Procese degradative	Schimbările climatice
Intensificarea proceselor de mineralizare a substanțelor humice. Bilanț negativ al humusului	Intensificarea procesului de mineralizare a resurselor organice și reducerea intensității proceselor de humificare. Necompensarea pierderilor de humus – bilanț negativ al humusului
Destructurarea ca urmare a reducerii conținutului de humus	Modificarea structurii și texturii solului cauzată de tendința stabilă de dezagregare/alterare sub influența factorilor climatici excesivi
Compactarea-consolidarea solului cauzată de hidromorfizarea, gleizarea, solonețizarea solurilor	Așezarea mai rigidă a constituenților solizi ca urmare a dezagregării, destructurării. Consolidarea solului ca urmare a uscării excesive
Sporirea intensității procesului de deflație (eroziunea eoliană) ca urmare a mărunțirii structurii	Amplificarea eroziunii eoliene ca rezultat al creșterii temperaturilor estivale și a reducerii precipitațiilor în timpul verii
Modificarea componenței soluției solului ca urmare a gleizării, salinizării, solonețizării, fluxului de săruri cu apele freatice	Sporirea concentrației și modificarea componenței soluției solului ca urmare a evaporării intensive a apei din sol
Degradarea biotei solului și reducerea biodiversității ca urmare a degradării spațiului poros	Reducerea biotei din sol ca rezultat al creșterii temperaturii și reducerii conținutului de apă în sol
Reducerea funcției bioproductive a solului ca urmare a reducerii cantității de apă productivă, a proceselor biologice și a gradului de mobilitate și de accesibilitate a elementelor	Reducerea cantității și calității materiei organice din sol ca rezultat al reducerii concomitente a rizodepunerilor

## 1.2. FORME DE DEGRADARE ANTROPICĂ A TERENURILOR AGRICOLE (AGROGENETICE)

### 1.2.1. Degradarea fizică: forme, efecte eco- și pedofuncționale induse

Solul, sub aspect fizic, reprezintă un corp istorico-natural dispers-coeziv poros capabil să acumuleze și să consume rezerve de apă, aer și elemente de nutriție necesare pentru asigurarea activității vitale a biotei solului, inclusiv a plantelor. În acest context, drept criteriu de apreciere a stării fizice a solurilor urmează a fi utilizat gradul de corespundere a complexului de însușiri fizice a funcțiilor pe care le îndeplinește solul în cadrul unui sau altui ecosistem (Gh. Jigău, 2000). În cadrul agroecosistemelor naturale ecologice echilibrate această corespundere este relativ absolută, iar în cadrul celor ecologice neechilibrate (agroecosisteme) se constată un anumit decalaj între starea fizică și funcțiile solului, lucru care denotă degradarea lui fizică.

În această prismă de idei, degradarea fizică reprezintă fenomenul de deteriorare progresivă a însușirilor fizice a solurilor soldată cu înrăutățirea pronunțată a regimurilor hidric, hidrotermic, aero-hidric, de aerare, biologic și nutritiv (Gh. Jigău, 2009).



Fig. 22. Degradarea solului  
Sursa: <https://soz.bio/>

Condițiile bioclimatice și tehnico-antropice ale regiunii condiționează două forme de degradare fizică a solurilor: naturală și tehnico-antropică (exploatațională).

Degradarea fizică naturală a solurilor se realizează în cadrul biocenozelor naturale în rezultatul modificării condițiilor climatice, sensului și intensității proceselor de alterare, de inundare, eroziune etc. Ea poate fi cauzată și de diverse cataclisme naturale – alunecări și surpări de teren, avalanșe, inundații aferente schimbărilor climatice.

În ultimii 40-50 ani s-au intensificat procesele de degradare fizică induse de secetă și temperaturi extreme. Acestea au un impact degradativ atât direct, cât și indirect.

Impactul direct se materializează în procesul de metastructurare a solurilor pe parcursul perioadei de vegetație. Uscarea excesivă a solurilor până la umidități corespunzătoare limitei reziduale de contracție (conținutul de apă sub coeficientul de higroscopicitate) conduce la consolidarea masei solului, fisurarea adâncă a solurilor cu formarea de blocuri masive cu diametrul de 60-80 cm în cadrul cărora densitatea aparentă alcătuiește  $>1,47 \text{ g/cm}^3$ , porozitatea totală  $<45\%$ , porozitatea sumar agregatică  $<30\%$ . Repetarea frecventă a acestor fenomene climatice extreme după 1986 și, îndeosebi, în primele două decenii ale secolului nostru conduce la dezvoltarea, în soluri, a proceselor mecanice și fizico-mecanice de modificare a structurii cu formarea unor stări specifice climatogene de structurare (amestecuri de fragmente de diversă formă și dimensiuni).

Supraamezirea în perioadele cu căderi frecvente de precipitații conduce la răzmuirea structurii și predispunerea solurilor la slitizare-consolidare cu implicarea fenomenelor descrise mai sus. Aferentă acestor fenomene este copertarea solurilor – formarea la suprafața solurilor a unei cruste astructurate compacte (densitatea aparentă  $>1,50 \text{ g/cm}^3$ , porozitatea totală  $<40\%$ ) asemănătoare solurilor argiloase (tacâre) de semideșert și deșert. Aceasta creează condiții defectuoase pentru schimbul de gaze în sistemul sol:atmosferă și afectează semnificativ regimurile aerohidric, hidrotermic, de aerație. În plus, reduce semnificativ permeabilitatea pentru apă. În aceste condiții se intensifică scurgerile superficiale, dar este posibilă și bătărea apei.

Impactul indirect al fenomenelor climatice extreme presupune afectarea funcționării biotei solului, precum și a sensului și intensității proceselor biologice și biochimice în soluri.

Un loc aparte în degradarea fizică naturală a solurilor îi revine fenomenului de ravenare care conduce la sporirea gradului de dezmembrare erozională și de drenare naturală a teritoriilor. Drept urmare, terenurile puternic ravenate se caracterizează printr-un nivel adânc al pânzei freatice (mai frecvent  $<10 \text{ m}$ ).

În condițiile când în regiune ascensiunea capilară nu depășește 4-4,5 m, se reduce considerabil ponderea franjului de apă capilar sprijinită în constituirea rezervelor de apă a solurilor. De cca 1,5-2 ori sporește grosimea stratului „fiziologic mort”, în cadrul căruia pe parcursul anului, practic, sunt absente rezerve de apă productivă. În anii climaterici favorabili (cantitatea de precipitații și temperaturile corespund valorilor medii multianuale) rezervele de apă în soluri la începutul perioadei de vegetație nu depășește nivelul critic (umiditatea de întrerupere a continuității capilare). În anii secetoși acestea alcătuiesc 30-35% din rezervele optimale (în anul 2020 la începutul perioadei de vegetație acestea alcătuiau  $<20 \text{ mm}$  în stratul 0-30 cm și  $<60 \text{ mm}$  în stratul 0-100 cm). Astfel, în solurile terenurilor puternic ravenate se instaurează un regim aerohidric specific, care se caracterizează printr-un grad redus și foarte redus de mobilitate și de accesibilitate a apei. Ca urmare, productivitatea acestora se reduce cu 40-60%.

Cercetările au demonstrat că degradarea fizică naturală este determinată atât de particularitățile solurilor (alcătuire granulometrică, alcătuire mineralogică a fracțiunii de argilă fin dispersată, conținut de humus și alcătuirea acestuia, componența cationilor reținuți), cât și de condițiile litologice, geomorfologice și climatice ale regiunii. Pornind de la aceasta, ea poate fi prognozată, respectiv, în componența sistemelor agricole practicate pot fi prevăzute măsuri de diminuare a consecințelor negative cauzate de distrugerea învelișului de sol.

Degradarea fizică tehn-antropogenă a solurilor este cauzată de multiple și diverse procese, preponderent de natură fizică, care se realizează în soluri sub acțiunea presiunilor mecanice exercitate asupra solurilor agricole. Acestea li se adaugă mai multe procese cauzate de reducerea rezervelor de humus în soluri, modificarea componenței acestuia, modificarea componenței cationilor reținuți, sporirea gradului de hidrofilitate a constituenților fin dispersați etc. Deși sunt procese relativ tinere, intervenite în evoluția cernoziomurilor recent, acestea se realizează, practic, în cadrul tuturor terenurilor agricole, încât ultimele, în mod obișnuit, sunt afectate de 2-3 sau chiar mai multe procese de degradare fizică.

Mai pronunțate și mai frecvente sunt procesele de degradare a structurii, compactare excesivă, de modificare a spațiului poros și funcțiilor porilor, slitizare etc. Despre proporțiile acestor procese putem trage concluzii în baza datelor prezentate în tabelul 29.

Tabelul 29. Parametrii fizici ai cernoziomurilor lutoase și lutoargiloase ale teritoriului dintre Prut și Nistru

Parametrii fizicii	Valori		
	optimale	reale	critice
Conținutul agregatelor agronomic valoroase în orizontul Ap, %	60-80	30-80	<60
Conținutul agregatelor hidrostabile >0,25 mm, %			
- în orizontul arabil	40-75	20-80	<40
- în orizontul subarabil	40-70	25-85	<25
Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup>			
- în orizontul arabil	1,1-1,3	0,83-1,47	<1,0; >1,40
- în orizontul subarabil	1,1-1,35	1,2-1,65	<1,0; >1,45
Porozitatea totală, %			
- în orizontul arabil	55-60	50-75	<50
- în orizontul subarabil	50-55	40-50	<50
Porozitatea agregatică >5 mm, %			
- în orizontul arabil	40-46	33-38	<35
- în orizontul subarabil	40-46	33-38	<35
Permeabilitatea pentru apă, mm/min			
- filtrația primară	2,0-2,5	0,5-0,3	<1,7
- infiltrația	0,7-1,5	0,3-1,0	<1,4
Rezerve de apă productivă la începutul vegetației, mm			
- stratul 0-20 cm	30-40	20-40	<20
- stratul 0-100 cm	150-200	80-150	<80

Din aceasta constatăm că valorile reale maxime ale parametrilor fizici corespund valorilor optime sau sunt aproape de acestea. Valorile minime, însă, în toate cazurile sunt sub valorile intervalului optimal. Așa, de exemplu, conținutul agregatelor agronomic valoroase (0,25-10 mm) în orizontul arabil (Ap) este cu cca 30% mai mic decât valoarea optimală minimală, iar al agregatelor hidrostabile >0,25 mm este mai mic cu cca 20% în stratul arabil și cu 15% în stratul subarabil.

Modificările enumerate sunt cauzate de realizarea concomitentă a proceselor de bolovăni-re-bulgărire și de mărunțire-pulverizare a structurii care poartă caracter reversibil. În plus, în componența structurii agregatice a cernoziomurilor arabile sporește cantitatea de agregate de origine tehnantropogenă cu dimensiuni corespunzătoare dimensiunilor agregatelor agronomic valoroase cu trăsături prin care acestea se deosebesc substanțial de agregatele de origine „cernoziomică” (Gh. Jigău și coaut., 2018). Procesul de tehnantropizare a alcătuirii agregatice este caracteristic tuturor cernoziomurilor arabile, indiferent de modul de utilizare a acestora și este în funcție de durata utilizării agricole a acestora (Gh. Jigău, 2019; Чендев и др., 2016) (Tab. 30).

Totodată, în cernoziomurile arabile se realizează procese de sporire a densității de împachetare a agregatelor structurale, care conduc la modificări mai profunde ireversibile în starea structural-agregatică, cauzată de compactarea excesivă a solurilor. Ultima este cauzată de forțele mecanice exercitate asupra solurilor de mașinile și agregatele agricole.

Calculul nostru arată că valorile reale maxime ale densității aparente în solurile agricole depășesc cu 0,15-0,25 g/cm<sup>3</sup>, pragul critic care alcătuiește 0,05-0,10 g/cm<sup>3</sup>. În aceste condiții, densitatea aparentă a agregatelor structurale din stratul agrogen este mai mare și se răsfrânge asupra porozității agregatice.

Tabelul 30. Elemente de evoluție agrogenă a stării structural-agregative a stratului arabil al cernoziomurilor tipice (Gh. Jigău, 2019)

Mod de folosință	Adâncimea, cm	Conținutul agregatelor, %			Stabilitatea agregatică		
		Dimensiunile agregatelor, mm					
		>10	10-0,25	<0,25	>3	3-0,25	<0,25
Fâșie de pădure (41 ani)	0-10	6,3	85,6	8,1	27,0	52,0	21,0
	10-20	8,7	84,0	7,3	21,0	59,6	19,4
	20-30	11,3	79,2	9,5	23,6	58,2	17,6
Lucrat (53 ani)	0-10	13,9	73,6	12,5	7,4	53,0	39,6
	10-20	19,7	65,0	14,3	4,4	49,0	46,6
	20-30	31,7	58,2	10,1	11,8	41,9	46,3
	30-40	30,3	56,9	12,8	10,7	44,4	44,9
	50-60	17,8	69,8	12,4	10,9	52,0	37,1
Lucrat (47 ani)	0-10	12,5	68,0	19,5	7,7	52,0	40,3
	10-20	19,4	68,5	12,1	6,1	47,0	46,9
	20-30	30,7	58,0	11,3	9,7	42,0	48,3
	30-40	30,3	56,9	12,8	10,3	41,5	48,2
	40-50	14,7	73,0	12,3	9,1	47,3	43,0

Tabelul 31. Criterii de evaluare a gradului de degradare fizică a cernoziomurilor în Republica Moldova (Gh. Jigău, 2019)

Parametrii	Valori reale	Sol nedegradat	Grad de degradare		
			slab	moderat	puternic
Conținut de agregate >10 mm, %	8-65	<30	30-40	40-50	>50
Conținut de agregate 0,25-10 mm, %	20-85	>70	60-70	50-60	<60
Porozitatea agregatelor 7-5 mm, %	29-44	>42	42-40	40-36	<36
Porozitatea agregatelor 5-3 mm, %	28-42	>38	38-35	35-33	<33
Porozitatea agregatelor 3-1 mm, %	28-39	>36	36-33	33-30	<30
Stabilitate agregatică, %	23-60	>55	55-45	45-40	<40
Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup>	0,84-1,57	>1,0-1,30	1,30-1,35	1,35-1,47	>1,47
Permeabilitatea pentru apă, mm/min	0,02-2,5	>1,0	1,0-0,7	0,7-0,5	<0,5
Capacitatea de câmp pentru apă, % g/g	24-38	>38	38-34	34-28	<28

Pornind de la aceasta, în baza propriilor cercetări și generalizări a rezultatelor din literatură au fost elaborate criteriile de evaluare a gradului de degradare fizică a stratului agrogen (Tab. 31) și a gradului de transformare agrogenă a profilului fizic al cernoziomurilor (Tab. 32).

Tabelul 32. Criterii de evaluare a gradului de transformare agrogenă a profilului fizic al cernoziomurilor arabile

Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup>	Rezistența la penetrare, kg/cm <sup>2</sup>	Conținut de agregate >10 mm, %	Gradul de supracultivare Nota	Specificații
1,1-1,2 1,2-1,3	10-25 25-30	<10	Neafectat de supracultivare Nota 1-2	Parametrii corespunzători intervalului de valori optime. Sunt prezente începuturi de degradare
1,3-1,4	30-50	30-40	Moderat supracultivat	Conținut sporit de agregate >10 mm. Se conturează clar stratul subarabil
>1,4	50-100	40-60	Puternic supracultivat	Profil fizic diferențiat. Strat subarabil prismatic, puternic consolidat

Ca urmare a modificării spațiului poros agregatic, în cernoziomurile arabile se reduce volumul porilor responsabili de rezervele de apă productivă. Ca urmare, în soluri se reduce, semnificativ, gradul de mobilitate și de accesibilitate a apei pentru culturile agricole.

Astfel, procesele de compactare condiționează aridizarea internă a solurilor, iar drept urmare are loc reducerea productivității terenurilor agricole în mediu cu 15-25%, iar în multe cazuri chiar cu 30-40%.

Deși sunt cauzate de acțiunile mecanice asupra solurilor, procesele de degradare fizică au loc în funcție de un șir de factori interni: micro- și macrostructura solurilor, gradul de stabilitate al acestora, gradul de susceptibilitate al solurilor la compactare și slitizare. Reducerii cantității de apă capilar-gravitațională, capilară și capilar-peliculară, capacității pentru apă în câmp, limitei de curgere, coeficientului de filtrare și conductivității hidraulice mai contribuie sporirea gradului de anizotropie a spațiului poros și volumului porilor orizontal dezvoltati (Gh. Jigău, 2020).

Printr-un risc maxim de degradare fizică și aridizare se caracterizează terenurile utilizate sub pășuni și imașuri.

Terenurile utilizate sub plantații multianuale se caracterizează printr-un risc sporit de degradare fizică-aridizare, iar cele utilizate sub culturi de câmp au un risc moderat.

Pornind de la aceasta, considerăm că luarea în calcul a riscului la degradarea fizică este obligatorie în cazul selectării categoriei de folosință și tehnologiilor care vor fi aplicate pe terenuri.

### 1.3. DEGRADAREA BIOLOGICĂ A SOLURILOR

Degradarea biologică a solului presupune reducerea numărului, masei, componenței, diversității, deteriorarea modului de viață a comunităților de viețuitoare și a funcțiilor pe care acestea le exercită în sol și este cauzată de o serie de factori externi și interni și este o consecință firească a deteriorării fizice și chimice a solului. Cauzele majore ale degradării biologice sunt: hrana insuficientă, cantitățile mari de agrochimicale, afânarea sau deranjarea excesivă a solului prin numeroase lucrări.

În relația: lucrarea solului-activitatea biologică-procese de mineralizare-formare de compuși noi, cantitatea și calitatea substratului nutritiv sunt de cea mai mare importanță.

Lucrările solului au efecte complexe asupra mediului fizic, chimic și biologic al solului. Intensitatea de prelucrare a solului, cantitatea și modul de încorporare a resturilor vegetale influențează conținutul de apă în sol, starea de aeratie, temperatura și contactul dintre particulele minerale și cele organice.



Fig. 23. Degradarea solului ca rezultat al activității agricole  
Sursa: <https://agrovent.com/>

Aceste modificări în mediul fizic al solului influențează organismele care trăiesc în spațiul respectiv, variatele categorii de organisme răspunzând diferit la noile condiții. Conform calculului, coeficientul de corelație dintre condițiile de mediu și diversitatea și productivitatea biotei solului alcătuiește 0,82-0,99. Numărul nevertebratelor în cernoziomurile din zona de nord a Republicii Moldova variază de la 110-135 ex/m<sup>2</sup> până la 42-64 ex/m<sup>2</sup>. Numărul ciupercilor alcătuiește de la 53-68 mii/g sol până la 15-22 mii/g sol.

Ca urmare a exploatării îndelungate a resurselor de sol după 1960 până la începutul secolului nostru, numărul și biomasa biotei solului s-a redus de 2-3 ori (Tab. 33).

Cercetările efectuate de I. Senicovschi (2001) au arătat că în componența biotei solului a sporit ponderea speciilor care favorizează degradarea humusului. Numărul acestora a sporit până la 7,8-15,9 mln/g de sol, iar biomasa saprofagilor în componența nevertebratelor a scăzut până la 6,1-17,2 g/cm<sup>2</sup>. Indicele diversității nevertebratelor Sorenson a scăzut până la 0,582, iar în componența familiei Lumbricidae nu se atestă decât 5 specii față de 9 specii, așa cum a fost cu 40 ani în urmă.

Conform autoarei citate, în anii 1970-1980 biota solului a degradat cel mai intensiv. În această perioadă semnificativ s-au intensificat procesele de mineralizare a humusului: activitatea saprofagilor a scăzut de 4-10 ori, iar coeficientul de acumulare a humusului s-a redus de 1,7-3,3 ori. A crescut, semnificativ, numărul speciilor toxice și s-a redus activitatea biologică a azotului atmosferic în soluri.

Ca rezultat al impactului antropic, s-a redus de 2-3 ori cantitatea, diversitatea și activitatea funcțională a pedobionților de la 170-230 până la 95-130 mcgC/g de sol. Biomasa microbiană s-a redus de la 0,7-1,0 până la 0,3-0,6 q/ha (biomasa nevertebratelor). Ca urmare, a scăzut bioproducivitatea și stabilitatea ecologică a solurilor.

Un factor important care influențează degradarea biologică este eroziunea. Conform calculului, gradul de degradare biologică alcătuiește 20-30% în solurile slab erodate, 30-60% în cele moderat erodate și peste 60% în cele puternic erodate.



Tabelul 33. Degradarea biotei cernoziomurilor arabile din Republica Moldova (Programul Național Complex de Sporire a Fertilității Solului, 2001)

Solul/subtip	Anul	Conținutul de humus, %	Microorganisme			Nevertebrate	
			amonificatoare	actinomicete	ciuperci	număr total	biomasa lumbricidae
			mln/g de sol		mii/g de sol	ex/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>
Cernoziom tipic	1958	5,18	5,0	3,4	39	22	25,0
	1994	4,00	1,3	2,2	31	135	17,1
Cernoziom levigat	1958	4,24	3,6	1,8	50	88	13,0
	1994	3,30	3,1	1,4	25	76	8,3
Cernoziom obișnuit	1958	4,30	5,5	5,6	60	72	10,0
	1994	3,30	3,3	2,5	15	62	6,7
Cernoziom carbonatic	1958	3,70	3,2	4,3	14	47	8,0
	1998	2,92	2,2	2,0	30	44	5,8

În baza celor expuse putem concluziona că sistemele agricole convenționale practicate pe parcursul ultimilor 50-60 ani conduc la degradarea unidirecționată a biotei solului și atrage după sine modificarea mai multor funcții biogeocenotice, biosferice și intensificarea proceselor de dehumificare, de destructurare ș.a.

În sistemele conservative cu semănat direct, absența lucrării solului permite acumularea de resturi vegetale la suprafața solului, furnizând hrana și o protecție mai bună la suprafață împotriva eroziunii, modificând favorabil caracteristicile ambientale de la suprafață și din stratul de sol superior și, în acest fel, creând un micro-habitat favorabil pentru toate organismele din sol.

Masa microbiană din sol reacționează diferit în raport cu modul de lucrare sau de afânare, cu cât acesta este mai intens, cu atât efectele negative vor fi mai puternice. Astfel, hifele coloniilor de ciuperci, care sunt ramificate prin întregul profil de sol, pot fi direct dramatic afectate de către acțiunea mecanică a mașinilor agricole.

Coloniile bacteriene, care de regulă viețuiesc în centrul agregatelor structurale de sol, pot supraviețui atâta vreme cât acestea nu sunt degradate.

În primii 10 cm ai solului populațiile de microorganisme sunt mai reduse în sistemele de lucrare convențională comparativ cu cele unde se practică semănatul direct. Aceasta s-a datorat atât creșterii conținutului de materie organică și îmbunătățirii calității sale, cât și ameliorării unor caracteristici fizice ale solului privind starea de așezare, modul diferit de formare, redistribuire, morfologie a macroporilor, creșterii conținutului de apă.

În contrast cu sistemele convenționale, în semănatul direct activitatea biologică este mai intensă datorită nu numai îmbunătățirii condițiilor de hrană, dar și formării macroporilor de origine biologică, în special prin activitatea rămelor.

Ca urmare a diferitelor sisteme tehnologice de lucrare a solului, se produc, pe deoparte, modificări cantitative și calitative în structura populațiilor microbiene, iar pe de alta devin diferite cerințele față de anumite astfel de comunități. Astfel, în sistemele conservative și mai ales semănatul direct, ciupercile saprofite devin cele mai importante, având un rol major în descompunerea resturilor vegetale de la suprafața solului, în timp ce bacteriile sunt cele mai importante în afânarea convențională a solului.

S-a constatat, de asemenea, că în sistemele conservative, mai ales în semănatul direct, comparativ cu afânarea convențională, formarea și stabilizarea agregatelor structurale este predominant determinată de către coloniile de fungi.

În sistemele conservative, mai ales la semănatul direct, populația de lumbricidae a crescut semnificativ comparativ cu afânarea convențională. În sistemele convenționale reducerea, chiar până la dispariție, a lumbricidelor, ca și a unor specii de bacterii care au un rol deosebit de im-

portant în procesul descompunerii resturilor organice și vegetale și ale formării humusului, ale stabilizării agregatelor structurale, a fost determinată de hrană insuficientă și deranjarea excesivă a solului.

#### 1.4. DEHUMIFICAREA ȘI EPUIZAREA (SECĂTUIREA)

Dehumificarea solurilor – reducerea conținutului și rezervelor de substanțe organice în sol.

Dehumificarea este un fenomen inerent agriculturii și este cauzată de perturbarea lanțurilor trofice și echilibrelor ecologice care s-au constituit pe parcursul mileniilor.

Procesul de dehumificare presupune câteva etape distincte:

- a) cauzată de deștelenirea terenurilor și substituirea biocenozelor naturale cu agrofitecenoze și mineralizarea intensivă a detritului humifer;
- b) cauzată de sporirea gradului de aeresire a stratului arabil și orizonturilor subiacente, care a condus la oxidarea intensivă a substanțelor humice formate în condiții de regim de aerație, preponderent reducător;
- c) cauzată de deficitul de materie organică proaspătă în calitate de sursă de humus, deficitul de elemente de nutriție, în special de azot, care cauzează mineralizarea intensivă a humusului pentru formarea recoltelor (de la 0,5 până la 1,6 t/ha), dereglarea raportului dintre procesele de humificare și de mineralizare a resturilor organice în favoarea mineralizării și reducerea semnificativă a cantității de humus produsă anual;
- d) contemporană, cauzată de degradarea fizică și hidrofizică a solurilor ca urmare a destrucurării și compactării.

Acțiunea intercalată a destrucurării și compactării conduce la degradarea spațiului poros al solurilor cu reducerea semnificativă a volumului porilor în care se realizează procesele de formare și de acumulare a humusului. Totodată, modificările în cadrul spațiului poros conduc la perturbarea și dezechilibrarea regimurilor hidrotermic și aerohidric al solurilor. Acestea se răsfrâng negativ asupra activității microbiotei solurilor și activității enzimatică. Ca urmare, în cernoziomurile arabile afectate moderat și puternic de procesul de supracultivare cu deficit pronunțat de azot și capacitate mică de nitrificare, regim xerofilizat de umiditate, procesul de humificare este substanțial suprimat. În aceste condiții, cantitatea de humus formată anual nu compensează cantitățile de humus consumate anual.

Cu regret, în Republica Moldova nu dispunem de cercetări de monitorizare a trendului stării de humus în cadrul terenurilor-pilot după 1960, de când a demarat etapa de intensificare a agriculturii. În literatura de specialitate, în acest sens, se fac referințe comparative la cercetările lui V.V. Docuceaev în zona de nord a țării la sfârșitul secolului XIX, conform cărora solurile Republicii Moldova pe parcursul ultimilor 100 ani au pierdut cca 40% din conținutul de humus la acea etapă de evoluție a cernoziomurilor din regiune. Cu referință la atare comparații, Л.А. Лебедева (1983) atenționează că datele obținute prin metoda de determinare a conținutului de humus la sfârșitul secolului XIX nu pot fi utilizate pentru comparație și pentru a face concluzii vis-a-vis de pierderile de humus în rezultatul includerii solurilor în agricultură.

Pornind de la aceasta, în cadrul prezentei lucrări pentru evaluarea evoluției stării de humus în cadrul etapelor prezentate mai sus au fost utilizate o serie de date obținute pentru zona de Sud-Est a Platformei Est-Europene prin metoda analizei rândurilor hronologice în cercetările lui Iu. G. Cendev și coaut. (2011). Cu referire la procesul de humificare, autorii citați constată că de rând cu afirmațiile cu privire la proporțiile „catastrofice” ale dehumificării accelerate (Чесняк и др., 1983; Ахтырцев, 1991; Зонн, Травлев, 1989), mai mulți cercetători susțin că aceste afirmații sunt exagerate (Афанасьева, 1966; Орлов и др., 1996; Коковина, Лебедева, 1990).

Conform cercetărilor lui Iu. G. Cendev și coaut. (2011), în condiții de platouri interfluviale netede în condițiile tehnologiilor agricole intensive practicate, pierderile de humus anuale în stratul arabil alcătuiesc 0,03-0,04% pe parcursul primilor 50-70 ani după încadrarea solurilor în circuitul agricol (0,3-0,4% în fiecare 10 ani, ceea ce ar alcătui 1,5-2,0% în 50 ani și 2,1-2,8% în 70 ani). Ulterior, intensitatea proceselor de dehumificare se reduce, dar nu se întrerupe chiar dacă conținutul de humus în soluri atinge pragul critic. Mai mult ca atât, procesul de dehumifi-

ficare se extinde pe întreaga grosime a stratului pedogenetic activ. Conform autorilor citați, în cadrul solurilor cu durată de lucrare până la 140 ani și de la 140 până la 240 ani, procesele de dehumificare se atestă până la adâncimea de 125 cm în cernoziomurile levigate, până la 75 cm în cernoziomurile tipice moderat humifere și până la 50 cm în cernoziomurile tipice slab humifere (obișnuite) (Tab. 34, 35).

Tabelul 34. Conținutul de humus în cernoziomurile din zona de Sud-Est a Platformei Est-Europene (Чендев и др. 2011)

Durata perioadei de lucrare, ani	Stratul, cm	Cernoziomuri levigate		Cernoziomuri tipice moderat humifere		Cernoziomuri tipice slab humifere	
		n	M±m	n	M±m	n	M±m
140	0-25	38	6,18±0,11	68	6,16±0,10	37	5,64±0,12
	25-50	34	5,04±0,20	34	5,29±0,16	23	5,53±0,23
	50-75	35	4,14±0,19	68	4,09±0,12	29	4,07±0,18
	75-100	26	2,58±0,20	45	2,66±0,14	20	2,13±0,20
	100-125	22	1,53±0,16	31	1,32±0,12	10	1,24±0,24
240	0-25	36	5,25±0,13	74	5,54±0,11	42	5,48±0,08
	25-50	34	4,22±0,17	42	4,56±0,16	31	4,90±0,12
	50-75	34	3,48±0,18	66	3,74±0,13	33	3,74±0,14
	75-100	28	2,07±0,15	52	2,38±0,14	25	2,46±0,21
	100-125	15	0,82±0,06	40	1,23±0,09	10	1,04±0,13

Tabelul 35. Modificarea conținutului de humus în profilul cernoziomurilor din zona de Sud-Est a Platformei Est-Europene (Чендев и др. 2011)

Durata perioadei de lucrare, ani	Stratul, cm	Cernoziomuri levigate		Cernoziomuri tipice moderat humifere		Cernoziomuri tipice slab humifere	
		Modificare	HCP	Modificare	HCP	Modificare	HCP
140...240	0-25	-0,93	0,34	-0,62	0,30	-0,36	0,28
	25-50	-0,82	0,52	-0,73	0,46	-0,63	0,52
	50-75	-0,66	0,52	-0,35	0,35	-0,33	0,46
	75-100	-0,51	0,50	-0,28	0,40	+0,35	0,59
	100-125	-0,71	0,35	-0,09	0,30	-0,20	0,57

În cadrul actualei faze antroponaturale de evoluție a cernoziomurilor, procesul de dehumificare este cauzat de patru factori majori:

- reducerea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în cadrul pedogenezei cernoziomice ca urmare a antropizării-tehnogenizării și degradării accelerate a ambianței pedogenetice;
- intensificarea proceselor de mineralizare a humusului ca urmare a degradării stării structural-agregative și reducerii capacității de sechestrare și stabilizare a carbonului organic în sol;

- c) eroziunea intensivă cu apa ca urmare a reducerii semnificative a stabilității antierozionale. Reducerea drastică a acesteia este determinată de reducerea semnificativă a hidrostabilității structurii agregatice;
- d) intensificarea proceselor de eroziune eoliană. Cu referire la acest factor menționăm că din ultimii 5 ani (2015-2020) în patru s-au înregistrat vânturi și furtuni de vânt puternic, însoțite de furtuni de praf.

Cercetările noastre din 2016, 2017 și 2018 au arătat că în componența masei de sol deflat și acumulat în cantități mari în spații protejate, predomină agregatele structurale <2 mm (Tab. 36).

Tabelul 36. Alcătuirea agregatică a masei de sol deflată în cadrul furtunilor de praf

Raion Localitate	Anul	Conținut de agregate, %				
		>2 mm	2-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	<0,25 mm
Ungheni Pârlița	2016	9,7	13,8	17,1	23,4	36,0
Căușeni Opaci	2017	4,1	12,0	19,4	25,2	39,3
Orhei Mălăiești	2018	8,6	15,3	17,0	17,6	41,5
Criuleni Hârtopul Mare	2018	9,7	16,9	18,8	20,9	33,7

În același timp, cercetările noastre mai recente au arătat că ponderea acestor agregate în alcătuirea agregatică a solurilor alcătuieste până la 50%, iar conținutul de humus în agregatele <3 mm are valori ușor mai mari decât conținutul acestuia în sol. Aceasta ne permite să conchidem că în agregatele <3 mm sunt concentrate rezerve mai mari de humus decât în agregatele >3 mm (Gh. Jigău și coaut., 2019). Prin urmare, intensificarea proceselor de eroziune eoliană devine un factor important de dehumificare a solurilor. În acest context, cercetările noastre în comun cu colaboratorii Institutului de arheologie al AȘM în cadrul site-ului arheologic „Star-de-al” (s. Sacarovca, r-nul Sîngerei) în 1993 au arătat că la scara istorică a timpului (cca 7 mii ani) din cadrul unui platou interfluvial au fost deflații depozitați în aval de acesta, stratul humifer cu grosimea 43 cm. Luând în calcul și proporțiile eroziunii cu apa descrise mai sus, considerăm că eroziunii cu apa și vântul îi revine rolul decisiv în dehumificarea solurilor. În acest sens, Iu. G. Cednev și coaut. (2011) constată că în condiții de relief neted intensitatea proceselor de eroziune din stratul 0-20 cm alcătuieste 0,06% în zece ani, iar pe versanți – 0,22% în zece ani. Prin urmare, pierderile de humus pe versanți raportate la pierderile cauzate de supracultivare alcătuiesc 0,16:0,06=3:1.

Generalizarea rezultatelor prospecțiunilor agrochimice a solurilor desfășurate în perioada 1965-2000 au arătat că pe parcursul a 35 ani în cadrul fondului arabil suprafața terenurilor cu grad ridicat de asigurare cu humus (conținut de humus >6%) a scăzut de la 162030 ha (8,4%) până la 49081 ha (2,9%). O intensitate mai mare de reducere a suprafețelor date s-a înregistrat în primii 10-15 ani ai perioadei menționate. Ulterior, suprafața acestora se reduce lent de la 2,9% (49081 ha) până la 1,4% (12050 ha) (Tab. 37).

Dehumificarea conduce la sporirea semnificativă a suprafețelor cu conținut foarte scăzut (<2%) și scăzut (2-3%) de humus. Suprafața solurilor cu conținut moderat (3-4%) de humus se reduce. Aceasta ne permite să considerăm că reducerea suprafețelor acestora are loc din contul eroziunii cu formarea de soluri scăzut și foarte scăzut asigurate cu humus. Reducerea suprafețelor cu grad ridicat de asigurare cu humus (>6%) conduce la sporirea suprafețelor cu conținut relativ optim (4-6%).

*Tabelul 37. Repartiția terenurilor arabile ale Republicii Moldova în funcție de gradul de asigurare cu humus în perioada 1965-1997 (Burlacu, 2000)*

Perioada	Unitatea de măsură	Suprafața	Gradul de asigurare cu humus				
			Foarte scăzut <2%	Scăzut 2-3%	Moderat 3-4%	Relativ optim 4-6%	Ridicat >6%
1965-1970	ha	1926220	32660	556016	1019823	155691	162030
	%		1,7	28,9	52,9	8,1	8,4
1980-1985	ha	1674644	138054	492556	672655	322298	49081
	%		8,2	29,4	40,2	19,2	2,9
1986-1990	ha	1592014	136835	510201	623248	281491	40239
	%		8,6	32,0	39,1	17,7	2,6
1991-1997	ha	845396	62571	260691	356015	154069	12080
	%		7,4	30,9	42,1	18,2	1,4

Cercetările periodice desfășurate de A. Ursu au arătat că în regim multianual se atestă o reducere a grosimii stratului humuso-acumulativ. În același timp, autorul citat constată că în perioada 1960-2003 conținutul de humus în stratul arabil s-a redus cu 0,3-0,4% (A. Ursu, 2011) (Tab. 38).

*Tabelul 38. Dinamica parametrilor morfologici ai cernoziomului tipic moderat humifer în perioada 1877-2010 (Gh. Jigău și coaut., 2019) (s. Napadova, r-nul Florești)*

Parametrii/anii		1877	1960	2003	2010
Orizonturi genetice, grosime cm	A	0-61	0-44	0-50	0-48
	B	62-91	45-92	51-98	49-95
	C	>92	>93	>99	>96
	Efeverscență	92	85	70	70

Cercetările mai recente au arătat că pe parcursul ultimilor 50 de ani (1960-2010) pierderile de humus în cernoziomul tipic humifer au alcătuit 0,010% în stratul Ahp1 și 0,014% în stratul Ahp2 (Tab. 39) (Gh. Jigău și coaut., 2019).

*Tabelul 39. Modificarea conținutului de humus în stratul arabil al cernoziomului tipic moderat humifer în perioada 1877-2010 (Gh. Jigău și coaut., 2019) (s. Napadova, r-nul Florești)*

Orizontul Grosimea, cm	1877 nativ	1960 arabil	Modificarea pe parcursul a 83 ani	2010	Modificarea conținutului de humus pe parcursul a 250 de ani (1960-2010)
Ahp1	5,72%	3,75%	-2,97%/0,024% anual	3,25%	-0,50%/0,010% anual
Ahp2	-	3,65%	-	2,97%	-0,68%/0,014% anual

Pornind de la aceasta, prin prisma conceptului rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în pedogeneza cernoziomică, considerăm că dehumificarea este un fenomen inerent acesteia, care asigură alternanța perioadelor de evoluție progresivă și celor de evoluție regresivă a profilului humifer al cernoziomurilor și continuitatea procesului de pedogeneza cernoziomică la scara pedologică a timpului. Aceasta presupune reproducerea lărgită a circuitelor biogeochimice a elementelor biofile, după mlaștini și solurile de mlaștină cernoziomurilor revenindu-le un rol important în sechestrarea acestora în cadrul biosferei.

În regim natural procesele de dehumificare și cele de humificare sunt cantitativ echilibrate, anual producându-se cantități de humus care asigură compensarea cantităților consumate la producerea recoltelor. Aceasta se datorează particularităților circuitului biologic al substanțelor în cadrul landsafturilor de stepă umedă (stepă cu bălți; cu nivel al apelor freatice 5-6 m; franjul de apă capilar sprijinită periodic participă la procesul de pedogeneza) și de stepă cu nivel al pânzei freatice

sub 6 m (franjul de apă capilară nu participă la procesul de pedogeneză). Principalele particularități ale circuitului biologic al substanțelor în landsafturile de stepă umedă și de stepă sunt:

- anual în sol cu resturile organice sunt returnate, practic, aceleași cantități de elemente nutritive care au fost utilizate la producerea de biomasă;
- cca 90% din acestea sunt returnate direct în profilul solurilor cu resturile radiculare și doar 10% sunt depozitate pe suprafața solului cu resturile vegetale aeriene;
- în componența elementelor chimice încadrate în circuitul biologic, locul întâi revine siliciului, urmat de azot, potasiu și calciu.

În condiții de landsafturi de stepă umedă din cadrul Platformei Est-Europene, cantitatea de resturi vegetale aeriene alcătuiește 30-40 q/ha, iar a celei radiculare – 200 q/ha. În landsafturile de stepă cantitatea de resturi vegetale aeriene alcătuiește 8-24 q/ha, iar a celor radiculare – 150-300 q/ha. Conținutul mediu de elemente de cenușă în resturile vegetale de stepă alcătuiește 3,5-4,5%. Anual în circuitul biologic sunt încadrate cca 700-900 kg/ha de azot și elemente de cenușă.

Rolul circuitului biologic al elementelor de nutriție în formarea profilului humifer al cernoziomurilor provine nu atât în componența chimică a acestuia, cât din intensitatea mare a acestuia, depunerea preponderentă a acestora direct în profilul solului, ponderea mare a resturilor organice radiculare care sunt ușor humificate, descompunerea acestora cu participarea activă a bacteriilor, actinomicetelor, nevertebratelor care sunt favorizate de componența resturilor vegetale, ambianța bioclimatică și cea biofizică. Un rol important în formarea și acumularea humusului revine nevertebratelor, în special rămelor (Gh. Jigău și coaut., 2018).

În regim agricol factorul biologic suferă modificări semnificative. Culturile agricole acoperă suprafața solului nu mai mult de 4-5 luni, cu excepția ierburilor multianuale. Circuitul biologic al elementelor chimice nu este închis. Cantitatea anuală de biomasă este mult mai mică decât în biocenozele de stepă. Semnificativ se reduce cantitatea de resturi vegetale radiculare, iar biomasă aeriană este înstrăinată aproape în întregime. Se reduce semnificativ cantitatea de azot și elemente minerale încadrate în circuitul biologic: până la 500 kg/ha.

Cantitatea de materie organică încadrate în pedogeneză este de 4 ori mai mică decât în biocenozele de stepă; de 3 ori este mai mică cantitatea de azot, calciu, fosfor și potasiu încadrate în circuitul biologic; de 6-7 ori este mai mică cantitatea de siliciu, de fier și aluminiu, ultimelor revenindu-le un rol important în structurarea masei solului, sechestrarea și stabilizarea carbonului organic în sol.

În cernoziomurile arabile sporește numărul microflorei, în componența ei, însă, se reduce brusc numărul și, îndeosebi, biomasă nevertebratelor, în primul rând a rămelor (Tab. 40).

Tabelul 40. Microflora cernoziomului tipic gros din cadrul Platformei ruse (Рыбалкина, 1957)

Folosința	Adâncimea, cm	Bacterii, mln/g	Fungi, mln/g	Actinomicete, mln/g
Stepă	5-8	2,6	14	2,9
Ogor negru	5-8	15,4	25	2,4
Stepă	30-32	1,5	0	1,5
Ogor negru	30-32	0,6	0	1,5

Din datele tabelului 41 remarcăm sporirea semnificativă a microflorei în orizontul superior al solului în condiții de ogor negru. Aceasta implică ideea că în condiții când în perioada imediată după recoltare terenurile sunt arate, se creează condiții favorabile pentru intensificarea proceselor de mineralizare a humusului, în special al substanțelor humice nou formate. Considerăm că acesta este un factor important care contribuie la mineralizarea humusului în cernoziomurile arabile și la dehumificarea unidirecționată.

Tabelul 41. Zoomasa totală și numărul nevertebratelor în cernoziomul tipic gros (Злотин, 1969)

Folosința	Zoomasa totală, g/m <sup>2</sup>	Număr per 1 m <sup>2</sup>
Stepă	96,5	1460 * 10 <sup>4</sup>
Grâu de toamnă	5,8	354 * 10 <sup>4</sup>
Ogor negru 1 an	7,2	393 * 10 <sup>4</sup>

În baza celor expuse, considerăm că pentru diminuarea intensității procesului de dehumificare accentele urmează a fi plasate pe controlul tehnologic al proceselor de eroziune. În cadrul unei atare abordări, realizarea obiectivului propus presupune măsuri complexe tehnologice în cadrul practicilor agricole, orientate pe neadmiterea formării de scurgeri superficiale prin sporirea permeabilității și capacității pentru apă a solurilor și sporirea stabilității antierozionale a acestora. Aceasta presupune ameliorarea structurii agregatice a solurilor și hidrostabilității acesteia, optimizarea volumului și structurii spațiului poros al solurilor.

Cadrul conceptual-teoretic și metodologic-aplicativ este asigurat de conceptul rolului prioritar al procesului de formare și acumulare a humusului în sol, care presupune restabilirea și sustenabilizarea derno-procesului în soluri prin promovarea de asolamente amelioratoare. Un loc aparte revine culturilor intermediare, care contribuie la sporirea eficienței utilizării resurselor agroclimatice ale landșafturilor cu 30-50%, iar la eficiența agrocenozelor cu 30-50%.

Realizarea acestui obiectiv presupune:

- asigurarea unui bilanț nedeficitar al materiei organice și a elementelor nutritive în cadrul asolamentelor ecologo-biologic orientate. În acest caz, la formarea asolamentelor și structurii suprafețelor însămânțate în calcul urmează a fi luate nu numai bioproductivitatea și eficiența economică, dar și bilanțul humusului și al elementelor de nutriție;
- în cadrul terenurilor afectate de eroziune și cu risc sporit de extindere a acestora este necesar ca tehnologiile practicate să includă, în mod obligatoriu, măsuri orientate pe optimizarea amenajării hidrologice și sporirea stabilității antierozionale;
- optimizarea folosințelor agricole prin implementarea diferențiată a asolamentelor cu luarea în calcul a gradului de degradare a solurilor și riscului proceselor degradative. În cadrul unor atare asolamente, accentele vor fi plasate pe stoparea proceselor de degradare cu ulterioara reabilitare a terenurilor prin sustenabilizarea proceselor tipogenetice cernoziomice.



Fig. 24. Epuizarea solului și consecințele sale  
Sursa: <https://ekovolga.com/>

### Secătuirea solurilor

Dehumificarea este intercalată cu reducerea rezervelor de elemente de nutriție în sol (azot ușor hidrolizat, forme mobile ale fosforului și potasiului). Reducerea conținutului de humus conduce la reducerea conținutului de elemente nutritive și invers. Aceasta ne permite să considerăm că acești doi factori importanți ai fertilității solurilor sunt interacționați, interdeterminați și interobligatorii.

Dehumificarea are impact asupra regimului de nutriție atât direct, cât și indirect.

Impactul direct presupune:

- 1) Principalul furnizor de elemente de nutriție în sol este procesul de descompunere și transformare a resturilor vegetale în sol, acestea presupunând durată mai mică de timp necesară pentru mobilizarea elementelor de nutriție decât procesele de alterare a mineralelor. Descompunerea-transformarea resturilor organice presupune două grupe de procese:
  - a) de mineralizare a substanțelor organice până la compuși simpli ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  ș.a.). Acestea se desfășoară pe suprafața agregatelor structurale (porii interagregatici) și se acumulează în soluția solului, de unde sunt asimilate de către plante;
  - b) de humificare, care se realizează în porii agregatici (pori capilari) în mediu anaerob cu formarea substanțelor humice. În rezultatul humificării se formează două grupe de substanțe humice:
    - stabile, parțial accesibile plantelor (Попов, 2004);
    - mobile, care sunt principala sursă de azot, fosfor și alte cca 25 de elemente de nutriție în condiții de biocenoză naturale.

În condiții de agrocenoză, cantitatea acestora se reduce ca urmare a reducerii cantității de resturi organice încadrate în pedogeneză. De altfel, cantitatea ultimelor se reduce substanțial ca urmare a degradării fizice a solurilor (compactare, destructurare, degradarea spațiului poros etc.).

- 2) Humusul este rezervor de elemente nutritive în sol. Pe măsura reducerii cantității acestuia ca urmare a dehumificării, se reduce și cantitatea de elemente de nutriție a solurilor, care este furnizată de către humus. În atare fază în soluri intervine faza de supracultivare, când în acestea humusul mai este reprezentat doar prin compuși greu mineralizabili.

Cu referire la acest subiect, atragem atenția că în condiții de degradare a sistemului organic al solurilor, fertilizării minerali au eficiență extrem de scăzută.

Deficitul elementelor de nutriție în sol, de asemenea, au influență multilaterală:

- 1) Cu cât este mai pronunțat deficitul de elemente de nutriție mobile, cu atât este mai pronunțat dezechilibrul, cu atât sunt mai intensive procesele de mineralizare a humusului;
- 2) Cu cât este mai mic conținutul de elemente nutritive, cu atât este mai mică cantitatea de resturi vegetale încadrate în pedogeneză, iar aceasta conduce la aprofundarea gradului de necompensare a circuitului biogeochimic și bilanțului carbonului organic în sol.

Tabelul 42. Cantitatea de azot, fosfor, potasiu necesare pentru producerea 1 q de recoltă de bază (kg/q) (Ткалич И., Ткалич Ю.)

Recolta	Elementul	Cultura				
		Grâu de toamnă	Orz de primăvară	Porumb	Floarea soarelui	Rapița
Biologică	N	2,89	2,47	2,41	4,28	6,50
	P	1,00	1,09	0,86	1,72	2,40
	K	2,07	2,26	2,24	10,43	4,20
De bază	N	2,07	1,68	1,53	2,37	4,63
	P	0,74	0,74	0,59	1,04	1,73
	K	0,49	0,49	0,42	0,84	1,26
Secundară	N	0,51	0,54	0,69	0,87	0,70
	P	0,16	0,19	0,21	0,31	0,25
	K	0,99	1,17	1,42	4,36	1,10



Din datele tabelului 42 constatăm că pentru producerea 1 q de producție de bază, cea mai mare cantitate de azot o consumă rapița (6,5 kg/q) și floarea soarelui (4,28 kg/q). Aceasta este de 1,7-2,6 ori mai mult decât consumă grâul de toamnă și orzul de primăvară. Culturile specificate se caracterizează printr-un consum maxim de fosfor și potasiu. În acest sens se evidențiază floarea-soarelui care consumă 10,43 kg/q potasiu – de 5 ori mai mare decât consumul cerealiilor. În același timp, odată cu recolta de bază se înstrăinează doar 0,8 kg/q. Restul potasiului se consumă la formarea recoltei secundare și poate fi returnat în sol. Porumbul, odată cu recolta de bază, exportă din sol mai puțin fosfor și azot, respectiv cu resturile vegetale în sol se restituie cantități mai mari ale acestor elemente.

*Tabelul 43. Indici sumari ai exportului de elemente nutritive din sol pentru producerea unei recolte medii (kg/ha) (Ткалич И., Ткалич Ю.)*

Recolta	Elementul	Cultura				
		Grâu de toamnă	Orz de primăvară	Porumb	Floarea soarelui	Rapița
Producția de bază	N	59,20	36,96	66,86	40,29	65,75
	P	21,16	16,28	25,78	17,68	24,57
	K	14,01	10,78	18,35	14,28	17,89
Producția secundară	N	23,34	15,44	39,20	32,83	26,54
	P	7,32	5,43	11,93	11,70	9,48
	K	45,30	33,46	80,67	164,55	41,71
Exportul biologic	N	82,54	52,40	106,06	73,12	92,29
	P	28,49	21,71	37,71	29,38	34,04
	K	59,32	44,24	99,02	178,83	59,60

Datele din tabelul 43 arată că 5 dintre cele mai preferate culturi în spațiul nostru, în funcție de exportul azotului (kg/ha), se distribuie în următorul rând: porumb (106,06) > rapița (92,3) > grâu de toamnă (82,54) > floarea-soarelui (73,12) > orz de primăvară (52,4). În funcție de exportul de fosfor (kg/ha), se formează în următorul șir: porumb (37,7) > rapița (34) > floarea soarelui (29,4) > grâu de toamnă (28,5) > orz de primăvară (21,7). Prin exportul de potasiu (kg/ha), floarea soarelui depășește de 3-4 ori akte culturi: floarea soarelui (178,83) > porumbul (99) > rapița (59,6) > grâu de toamnă (59,32) > orz de primăvară (44,24).

Exportul de azot cu producția de bază per ha este identică cu cantitatea exportată cu recolta biologică. În funcție de cantitatea de fosfor (kg/ha) exportată cu producția de bază, culturile formează următorul rând: porumbul (25,78) > rapița (24,57) > grâu de toamnă (21,16) > floarea soarelui (17,68) > orz de primăvară (16,28). Prin exportul de potasiu (kg/ha), culturile formează următorul rând: porumbul (18,35) > rapița (17,89) > floarea soarelui (14,28) > grâu de toamnă (14) > orz de primăvară (10,78).

În baza celor prezentate constatăm că în resturile vegetale ale culturilor agricole se conțin cantități semnificative de elemente nutritive. Managementul irațional al acestora, în condițiile când accentele au fost plasate pe utilizarea preferențială a fertilizanților minerali, în pofida sporirii acestora în timp, a condus la constituirea în solurile arabile a unui bilanț dezechilibrat al elementelor de nutriție (Tab. 44).

Tabelul 44. Aprovizionarea unităților agricole cu îngrășăminte minerale (recalculate la 100% substanță nutritivă) (Burlacu, 2002)

Îngrășăminte minerale	1965	1970	1975	1980	1985	1990
<b>mii tone</b>						
Total	61	118	205	317	410	226
Azotate	21	54	91	119	161	85
Fosfatice	26	42	66	100	126	106
Potasice	13	22	48	98	123	35
<b>per ha teren arabil (kg/ha)</b>						
Total	28,1	54,7	95,8	148,4	191,1	155,0
Azotate	9,8	25,2	42,5	55,8	76,9	63,9
Fosfatice	12,2	19,1	31,1	46,9	60,1	50,0
Potasice	6,1	10,4	22,2	45,7	59,0	42,0

În acest context, constatăm că dehumificarea conduce la reducerea în sol a rezervelor de azot ușor mineralizabile. Ca urmare, în sol se instaurează deficit permanent de azot ușor asimilabil. În același timp, mai mult de 1/3 din suprafețele arabile sunt foarte slab și slab asigurate cu fosfor mobil. În schimb, cu potasiu asimilabil relativ optimal, ridicat, înalt ridicat sunt asigurate mai mult de 93% din terenurile arabile (Tab. 45, 46).

Aceasta ne permite să conchidem că paradigma pe care sunt bazate actualele procedee de management al regimului de nutriție nu este acceptată pentru cernoziomuri.

Tabelul 45. Repartiția terenurilor din Republica Moldova în funcție de gradul de asigurare a solurilor cu fosfor mobil (Burlacu, 2000)

Perioada	Unitatea de măsură	Suprafața cercetată	Grad de asigurare cu fosfor, mg/100 g					
			Foarte scăzut <1	Scăzut 1,1-1,5	Moderat 1,6-3,0	Relativ optim 3,1-4,5	Ridicat 4,6-6,0	Foarte ridicat >6,0
1965-1970	ha	1926220	456526	822530	486584	73998	62996	23586
	%		23,7	42,7	25,3	3,8	3,3	1,2
1971-1979	ha	1712603	460619	700331	361612	85210	35559	66272
	%		26,9	40,9	21,2	5,1	2,1	3,9
1980-1985	ha	1674644	278218	545691	458220	186853	186510	119152
	%		16,6	32,6	27,4	11,1	5,2	7,1
1986-1990	ha	1592014	111701	377539	537340	282503	131181	151050
	%		7	27,3	33,8	17,7	8,3	9,5
1991-1997	ha	845396	48629	157532	284223	171050	88864	95098
	%		5,8	18,6	33,6	20,2	10,6	11,2

Tabelul 46. Repartiția terenurilor din Republica Moldova în funcție de gradul de asigurare a solurilor cu potasiu (Burlacu, 2000)

Perioada	Unitatea de măsură	Suprafața cercetată	Grad de asigurare cu potasiu, mg				
			Scăzut 5,1-10	Moderat 10,1-20,0	Relativ optim 20,1-30,0	Ridicat 30,1-40,0	Foarte ridicat >40,1
1965-1970	ha	1926220	68374	360516	301005	755608	440717
	%		3,6	18,7	15,6	39,2	22,9
1971-1979	ha	1712603	5633	228603	642588	487741	348018
	%		0,3	13,4	37,5	28,5	20,3
1980-1985	ha	1674644	-	123692	608440	546663	395849
	%		-	7,4	36,3	32,6	23,6
1986-1990	ha	1592014	-	74742	491494	593655	432123
	%		-	4,7	30,9	37,3	27,1
1991-1997	ha	845396	316	48238	264018	289947	242877
	%		0,1	5,7	31,2	34,3	28,7

## 1.5. DEGRADAREA CHIMICĂ

Degradarea chimică a solurilor presupune multiplele procese de poluare a acestora, care conduc la contaminarea lor cu substanțe provenite din deșeuri sau reziduuri lichide și solide rezultate din activitățile antropice (industriale, agro-zootehnice, menajere) cu efecte nefavorabile asupra stării de sănătate a eco/agroecosistemelor.

Având în vedere marea diversitate a surselor, se pot evidenția patru tipuri principale de poluare chimică a solurilor:

- a) poluarea cu reziduuri menajere și animaliere;
- b) poluarea industrială;
- c) poluarea cu substanțe chimice utilizate în agricultură;
- d) poluarea radioactivă.

Cel mai răspândit tip de poluare este poluarea cu reziduuri menajere provenite din activitatea zilnică a populației. Aceasta este consecința evacuării și depozitării necorespunzătoare a acestor deșeuri sau reziduuri. Cantitatea de deșeuri rezultate din activități menajere este în continuă creștere, iar compoziția lor este extrem de diversă: resturi alimentare, hârtie, sticlă, materiale plastice, țesături, cenușă etc. Acest tip de poluare implică un șir de efecte de ordin social: reducerea potențialului recreativ cu impact asupra cadrului agroturistic; discomfort ambiental; dispersare de diverse substanțe nocive în spațiu (carburanți, lubrifianți, produse sanitare ș.a.). În plus, aceasta creează dificultăți la desfășurarea lucrărilor agricole. Marea majoritate a acestora nu se descompune în sol (toate deșeurile de origine sintetică), încât pe măsura acumulării lor calitatea terenurilor este în permanentă reducere.

Reziduurile agro-zootehnice se întâlnesc îndeosebi în mediul rural, precum și în zonele adiacente localităților rurale, fiind formate din dejecțiile animaliere, furaje, paie etc. Stocarea necorespunzătoare și necontrolată a acestora atrage după sine poluarea cu diverse organisme patogene care nimeresc în sursele de apă, plante, astfel afectând calitatea apelor freactice și celor subterane, care sunt principala sursă de alimentare cu apă în spațiile rurale.

Un pericol mare îl reprezintă deșeurile menajere pentru sursele de ape superficiale. Acestea, fiind deplasate de curențele superficiale de apă și vânt, sunt acumulate în heleștee, bazine de acumulare, fire de apă, râulețe, râuri și afectează întreg ecosistemul acestora.

Poluarea industrială constituie o sursă puternică de răspândire pe suprafața solului a unor produși chimici toxici, rezultați din exploatarea miniere, din industria ușoară și termoelectrică,

industria prelucrătoare ș.a. Poluarea industrială duce la degradarea avansată a solului, afectând calitatea lor în calitate de mijloc de producție în agricultură. De asemenea, apare pericolul migrării substanțelor poluante din sol în apele subterane sau în cele de suprafață și, ulterior, în culturile agricole, urmată de acumularea acestora în organismele vegetale și animale, iar în cele din urmă, în organismul uman, ca ultimă verigă a multor lanțuri trofice.

Un loc aparte revine formei de poluare a terenurilor cu substanțe stocate în halde de rocă sterilă provenite din industria minieră, care sunt ușor antrenate în migrare pe versanți cu scurgerile de suprafață și vântul. Mai frecvent acestea sunt reprezentate prin moluză calcarică și nisipuri care afectează terenurile aferente.

Poluarea cu substanțe chimice utilizate în agricultură este provocată de acumularea unor substanțe poluante provenite din îngrășămintele chimice de sinteză, pesticide, etc. Dintre produsele de sinteză chimică utilizate în agricultură, unele sunt mai ușor, iar altele mai greu biodegradabile (descompuse și transformate de către microorganismele din sol în produși inofensivi). De exemplu, compușii cu plumb sau mercur se descompun greu și au tendință de a persista în sol.

În același mod, unele insecticide, cum ar fi DDT, se descompun greu, fapt pentru care produșii lor intermediari de degradare rămân în sol pentru o perioadă de timp mai îndelungată.



Fig. 25. Contaminarea solului cu metale grele  
Sursa: <http://www.land.org>

---

Cercetările noastre au arătat, că în majoritatea cazurilor în „cercetări” proporțiile acestui tip de poluare sunt exagerate (Gh. Jigău și coaut., 2003, 2004). În cadrul acestora s-a stabilit:

- 1) utilizarea îngrășămintelor chimice nu este însoțită de acumularea N, P, K și alte elemente chimice în cantități poluatoare în soluri;
- 2) în Republica Moldova nu se atestă suprafețe de terenuri agricole poluate cu produse de uz fitosanitar (erbicide, pesticide, fungicide). Prezența acestora în cantități poluatoare se constată doar pe spații restrânse aferente fostelor depozite de stocare a acestora. Conținutul de reziduuri de DDT la sfârșitul anilor 90 alcătuia 0,2 din limita accesibilă;

- 3) practic, în țara noastră nu sunt terenuri poluate cu metale grele. Pe alocuri, în cadrul fostelor plantații pomicole intensive se constată areale restrânse cu conținut de cupru 1,1-1,2 din limita maximal accesibilă;
- 4) fertilizanzii minerali și produșii de uz fitosanitar afectează biota solului;
- 5) poluarea agricolă poate fi accidentală – în cazul stocării și diversării pe terenurile agricole a îngrășămintelor organice, minerale lichide și solide, produselor fitosanitare;
- 6) dejecțiile de la animale, care sunt biodegradabile, pot avea caracter poluator. Aplicarea lor în stare proaspătă (nefermentate) poate duce la contaminarea biologică, diminuarea permeabilității pentru apă, reducerea conținutului de oxigen în sol, iar în final, la diminuarea fertilității solurilor;
- 7) în cadrul tuturor terenurilor agricole, indiferent de categoria de folosință, nu se atestă poluare cu reziduuri radioactive;
- 8) poluarea prin transport se manifestă de-a lungul căilor de transport și comunicațiile terestre și aeriene. Acest tip de poluare se produce prin:
  - infiltrarea apei în sol și în pânzele freatice a apelor pluviale poluate cu sare, metale, azbest, hidrocarburi etc., spălate de pe căile rutiere;
  - depunerea lentă, în soluri, a produselor conținute în gazele de eșapament ale transportului rutier.

## 1.6. SUPRAUMEZIREA, SĂRĂTURAREA ȘI SOLONEȚIZAREA SECUNDARĂ

Hidromorfismul extraaluvial secundar este fenomenul cauzat de conținuturi de apă în cantități care depășesc capacitatea de câmp pentru apă, induse de acțiunea intercalată a factorilor antro-po-naturali, care presupune transformarea masei minerale a solurilor în condițiile de ane-robioză, modificarea sensului și intensității proceselor pedogenetice și transferul solurilor din categoria celor automorfe în semihidromorfă și hidromorfă.

Conform cercetărilor desfășurate în diverse regiuni cernoziomice, supraumezirea secundară în cadrul actualului trend al condițiilor climatice intervine la etapa când structura și funcționarea agrolandșafturilor nu mai corespund condițiilor climatice. În aceste condiții, în agrolandșafturi demarează procese de transformare unidirecționată a regimului de umiditate materializată în supraumezirea periodică a segmentului superior al solurilor. Inițierea acestor procese este favorizată de reducerea permeabilității pentru apă și a conductivității hidraulice ca urmare a stratificării stratului agrogen al cernoziomurilor în strat arabil și subarabil, care radical se deosebesc prin volumul și structura spațiului poros. Conform cercetărilor noastre, stratul subarabil se caracterizează cu porozitate sub 50% și, ca urmare, permeabilitatea pentru apă a acestuia este mult mai redusă decât a stratului arabil. Aceasta conduce la supraumezirea stratului arabil în unele perioade ale anului cu răzmuirea structurii cernoziomice și ulterioara modificare a organizării agregatice și a permeabilității pentru apă. Alternanța adâncimii de lucrare a solurilor conduce la extinderea în timp a acestor procese în straturile subiacente care nu sunt supuse lucrărilor. Concomitent demarează procesele de extindere în spațiu, pe orizontală.

În faza ulterioară, evoluția solurilor este determinată de procesul gleic, care atrage după sine modificarea radicală a regimurilor pedogenetice: hidric, de aer, termic, hidrotermic, aerohidric, biologic, de oxido-reducere. Din această fază demarează procesul de pedogeneză hidromorfă.

O trăsătură specifică a procesului de hidromorfizare a cernoziomurilor este unitatea factorilor și proceselor pedogenetice elementare, care o determină în oricare condiții bio- și pedoclimatice ale stepei cu cernoziomuri.

În fazele incipiente, hidromorfismul se dezvoltă lent, implicând modificări morfo-genetice și cantitative greu sesizabile, care au caracter acumulativ în timp. Aceasta este principala cauză a imposibilității de a identifica arealele afectate de supraumezire în fazele incipiente.

Modificarea însușirilor și regimurilor solurilor supraumezite se caracterizează cu tendințe și sens transformațional identic. Cantitativ și calitativ acestea în fazele primare sunt determinate de starea inițială a cernoziomurilor supuse supraumezirii.

În distribuirea geografică a solurilor supraumezite se atestă reducerea suprafețelor acestora de la nord la sud (Tab. 47).

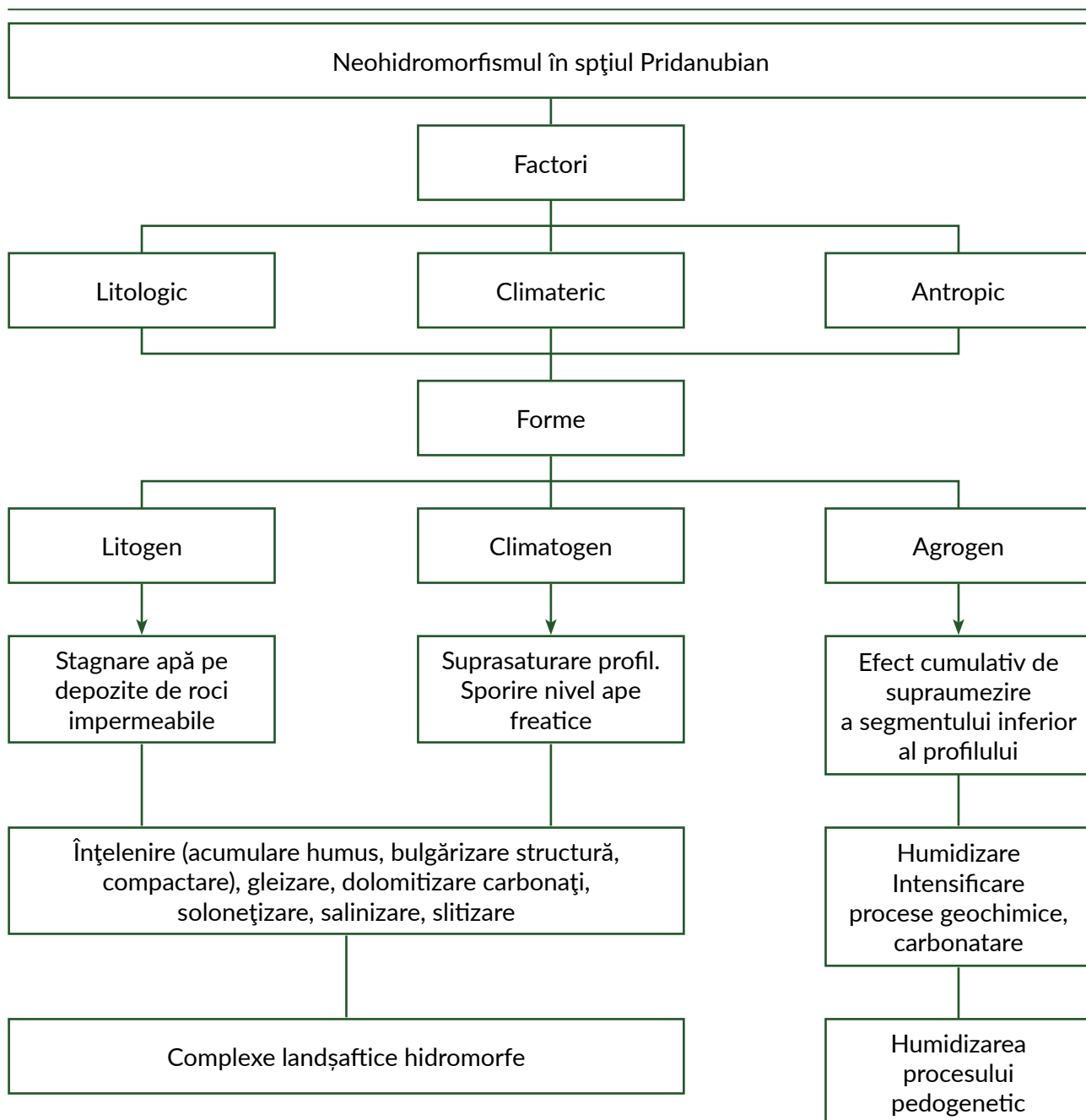


Fig. 26. Relații factori-efecte în neohidromorfizarea cernoziomurilor din spațiul Prinadubian

Tabelul 47. Repartiția solurilor supraumezite în componența învelișului de sol al Republicii Moldova (Programul Național Complex de Sporire a Fertilității Solului, 2001) (% din suprafața lor totală)

Nr. d/o	Provincia pedoclimatică	Pe versanți		În depresiuni		Total	
		mii ha	%	mii ha	%	mii ha	%
1	Silvostepă de Nord	20,5	41,3	9,4	19,0	29,9	60,3
2	Centrală de Pădure	6,5	13,1	2,8	5,6	9,3	18,7
3	Sudică de Stepă	4,2	8,5	4,1	8,3	8,3	16,8
4	Ucraineană de Stepă	1,3	2,6	0,8	1,6	2,1	4,2
<b>Total</b>		<b>32,5</b>	<b>65,5</b>	<b>17,1</b>	<b>34,5</b>	<b>49,6</b>	<b>100</b>

Suprafața totală a spațiilor supraamezite din cadrul fondului arabil alcătuieste cca 50 mii ha. Din suprafața totală, 32,5 mii ha (65,5%) sunt amplasate pe versanți și doar 17,1 mii ha (34,5%) revin celor formate în depresiuni. Acestea formează areale cu suprafața de 0,1 până la 1-5 ha. Distribuirea lor pregnantă în masivele agricole conduce la formarea unui înveliș de soluri heterogen și la crearea unor dificultăți în efectuarea lucrărilor agricole. În plus, solurile supraamezite se caracterizează printr-un spectru mare de factori limitativi de fertilitate (Tab. 48).

Tabelul 48. Factori limitativi de fertilitate a solurilor supraamezite

Factori limitativi de fertilitate	Implicații. Parametrii critici
Alcătuirea granulometrică	Conținut de argilă fizică >70%. Conținut de argilă fină >35%. Porozitate totală <50%. Porozitate de aerație <4%. Densitate aparentă >1,45 g/cm <sup>3</sup> . Însușiri fizico-mecanice nefavorabile
Alcătuirea mineralogică a fracțiunii de argilă fină (<0,001 mm)	Procese de montmorillonizare. Conținut sporit de minerale smectit-montmorillonitice (>40-60%). Grad mare de hidrofilitate a particulelor <0,001 mm. Capacitate mare de gonflare și contracție. Grad sporit de peptizare a argilei. Plasticitate și aderență sporită
Însușiri fizico-chimice	Capacitate de schimb cationic mai mare de 40 ml/100 g de sol. Conținut de calciu reținut =40-50%. Conținut de magneziu reținut >30%. Conținut de sodiu reținut >8%. Raport Ca:Mg în complexul adsorbțiv 1:1 – 3:1. Solonețizare magnială-sodică sau magnezială
Însușiri chimice	Conținut de săruri >0,25%. Chimism preponderent sodic și sulfato-sodic al sărurilor. Raport Ca+Mg/Na în componența sărurilor >4. Coeficient de adsorbție potențială a sodiului (SAR) >3
Însușiri agrochimice	Conținut foarte scăzut și scăzut de <1; 1-1,5 mg/100 g de sol. Conținut puternic ridicat de potasiu (>60 mg/100 g de sol). Regim de nutriție dezechilibrat. Carențe de fosfor
Însușiri agrofizice	Densitate aparentă >1,45 g/cm <sup>3</sup> . Porozitate totală <50%. Pori interagregatici <15%. În perioadele umede – deficit pronunțat de aer
Însușiri hidrofizice	Coeficient de higroscopicitate >10%, coeficient de ofilire >16%. În stare uscată – deficit pronunțat de umiditate
Alcătuirea structural-agregatică	Conținut de agregate agronomice valoroase 60-70%, mai rar 70-80%. Conținut de agregate 5-1 mm <40%. Conținut de agregate hidrostabile >0,25 mm sub 40%. Grad sporit de dezagregare în stare umedă. Stare astructurată de pastă în condiții de saturare cu apă
Aerație	Porozitate de aerație <15%. Conținut de CO <sub>2</sub> în aerul solului >3%; O <sub>2</sub> <10-15%. În stare de saturație totală – porozitate de aerație <3%. Durată îndelungată cu deficit de aer
Condiții de oxido-reducere	Potențial de oxido-reducere (Eh) <250 mV. Regim aerohidric preponderent reducător
Procese gleice	Reducerea productivității: culturi de câmp: grad slab de gleizare <10%; grad moderat de gleizare <10-20%; grad puternic de gleizare 20-40%; pomi, viță de vie: grad slab de gleizare 10-30%; grad moderat de gleizare 30-60%; grad puternic de gleizare >60%
Alcanitate sporită (pH>8,5)	Suprimarea dezvoltării și stării culturilor, îndeosebi a porumbului, grâului. Practic nu se dezvoltă pomii fructiferi și vița de vie

În registrul cadastral solurile supraamezite (cca 20 mii ha) sunt trecute la arabil, plantații pomice și viticole. În condițiile factorilor enumerați mai sus, recoltele pe atare terenuri sunt foarte mici. Conform calculelor, pierderile anuale de recolte se estimează la 40 mln lei, iar prejudiciul total pe întreaga suprafață a terenurilor extraaluviale supraamezite alcătuiește cca 50 mln lei.

Evoluția terenurilor afectate de supraamezire în timp implică sporirea impactului a încă doi factori limitativi: salinizarea și solonețizarea.

Cercetările noastre au scos în evidență principalele legități ale procesului de salinizare a solurilor supraamezite din Republica Moldova:

- În zona de nord pedogeneza hidromorfă se dezvoltă în condiții de salinizare slabă, conținutul de săruri 0,15-0,3%, cu chimism sodic (în componența sărurilor sunt prezenți carbonatul ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) și hidrocarbonatul ( $\text{NaHCO}_3$ ). Atât conținutul carbonat ionului ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), cât și hidrocarbonatul ionului ( $\text{HCO}_3^-$ ) în soluri sunt prezenți în conținuturi care depășesc pragul critic – corespunzător 0,03 și 0,075 ml/100 g de sol. Prin urmare, chiar dacă conținutul de săruri depășește doar ușor pragul de 0,15%, acesta afectează semnificativ culturile agricole.
- În zona centrală pedogeneza hidromorfă se dezvoltă preponderent în condiții de conținuturi moderate de săruri 0,25-0,45% cu chimism sodo-sulfatic. Raportul  $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$  variază semnificativ în funcție de condițiile concrete de landsaft. Raportul  $\text{Cl}/\text{SO}_4$  prezintă valori sub 0,5.
- În zona de sud se atestă o tendință de sporire ușoară a conținutului de săruri, doar în sensul sporirii conținutului minimal de săruri. Conținutul maxim de săruri, în cazuri rare, depășește 0,45%, iar chimismul sărurilor este sulfato-sodic, mai rar sodo-sulfatic. În plus, în zona de sud suprafețele arealelor supraamezite rar când depășesc 1 ha. În același timp, este mai pronunțat caracterul pulsant al regimului de umiditate. Scade semnificativ efectul solonețizării sodice și sporește efectul solonețizării magneziale (Gh. Jigău, 1983).

Cantitativ, efectele pedogenetice specificate sunt influențate de condițiile geomorfologice și roca mamă. În acest context, solurile hidromorfizate moștenesc o serie de trăsături și însușiri de la faza precedentă de pedogeneză: grosimea profilului, componența granulometrică și mineralogică. În același timp însă, neohidromorfismul și procesele aferente (gleizarea, salinizarea, solonețizarea) conduc la sporirea conținutului de argilă fizică (<0,01 mm) și fină (<0,001 mm), ca urmare a argilizării și formarea de profiluri granulometrice specifice determinate de redistribuirea fracțiunilor fine pe profilul solului. Mai pronunțat aceasta se realizează în solurile din zona periferică a terenurilor supraamezite (Tab. 49).

Tabelul 49. Conținutul de fracțiuni <0,01 mm și <0,001 mm în solurile terenurilor cu exces de umiditate (n=70) (Г. Жигэу, 1983)

Adâncimea de recoltare a probelor, cm	Diametrul fracțiunilor								
	<0,001 mm				<0,01 mm				
	Zona de recoltare a probelor								
	centrală		periferică		centrală		periferică		
	Conținutul fracțiunilor								
	20-30	30-40	20-30	30-40	40-60	60-70	40-50	50-60	60-70
	Frecvența valorilor, % din n								
0-10	40,0	60,0	40,0	60,0	33,3	66,7	25,1	40,6	34,3
30-40	53,5	46,5	20,0	80,0	20,0	80,0	8,3	29,1	62,6
50-60	60,0	40,0	16,0	84,0	20,0	80,0	4,1	33,3	62,7



Din datele tabelului 49 constatăm, că în solurile din zona centrală a terenurilor, caracterul eluvial-iluvial al profilului granulometric este mai puțin pronunțat ca urmare a predominării, în acestea, a curenților ascendente de apă.

Zona periferică se caracterizează cu regim pulsant al nivelului apelor freatice, care presupune alternanța curenților ascendente cu descendente de apă și care contribuie la intensificarea proceselor de solonețizare și de solodizare (Gh. Jigău, 1980). În același timp, atare regim al apelor freatice conduce la formarea de orizonturi argilo-iluviale natric (Bt<sub>na</sub>) cu grosime mare, aceasta fiind determinată de intervalele de variație a nivelului apelor freatice.

Capacitatea de schimb cationic prezintă valori <40 ml/100 g de sol. Generalizările noastre au arătat că mai frecvent capacitatea de schimb cationic alcătuiește 32-35 ml/100 g de sol. În același timp, s-a constatat că în unele cazuri, în pofida alcătuirii granulometrice fine, capacitatea de schimb cationic constituie 20-25 ml/100 g de sol. Atare fenomene se constată și în cazul solonețurilor din regiune ca urmare a degradării complexului adsorbțiv al solurilor (Gh. Jigău, 1983). Aceasta implică concluzia că procesul de solonețizare a solurilor asociat fenomenului de neohidromorfism conduce la degradarea lentă a complexului adsorbțiv al solurilor (Gh. Jigău, 1980). Aceasta se răsfrânge și asupra componentei complexului adsorbțiv al solurilor neohidromorfizate (Tab. 50).

Tabelul 50. Dependența componentei complexului adsorbțiv al solului de conținutul de sodiu în complexul adsorbțiv al solului (Г. Жигэу, 1983)

Nr. de probe	Conținut de sodiu în CAS	Conținutul de cationi adsorbiți							Raport	
		% din sumă			ml/100 g de sol					
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca:Mg	Ca / Na+Mg
48	3	80,69	17,76	1,55	32,26	21,65	10,07	0,54	2,15	2,04
15	3-5	59,58	35,42	5,00	33,94	20,22	11,96	1,50	1,69	1,50
10	5-10	56,35	36,14	7,51	31,66	17,84	11,45	2,38	1,56	1,29
20	10-15	54,32	30,68	15,00	33,31	18,07	10,22	5,02	1,77	1,19
23	15-20	48,40	31,60	20,00	34,32	16,61	10,65	7,06	1,56	0,94
15	>20	49,78	27,88	22,34	34,25	17,05	19,55	7,65	0,79	0,99

Din tabelul prezentat constatăm că pe măsura sporirii conținutului de sodiu în complexul adsorbțiv conținutul de calciu se reduce de la 80% din suma cationilor reținuți până la 48,4%. Conținutul de magneziu suferă schimbări nesemnificative, acesta variind între 10 și 12 ml/100 g de sol. Conținutul de calciu se reduce de la 21,65 până la 16,61 ml/100 g de sol. Aceasta ne permite să conchidem că în condiții de neohidromorfism sodiul substituie preferențial calciul în complexul adsorbțiv. Realizarea acestui proces este susținută de prezența sodei (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> și NaHCO<sub>3</sub>) în componența sărurilor și reacția alcalină a soluției solului. Prezența sodei este asigurată de procesele de producere a acesteia în condiții de neohidromorfism (Gh. Jigău, 1983). Reducerea conținutului de calciu, pe fond de stabilitate a conținutului de magneziu, conduce la sporirea intensității efectelor pedofuncționale (hidrofilitatea și peptizarea coloizilor, însușirilor tehnologice ș.a.), determinate de ultimul.

Ațiunea intercalată a ionilor de magneziu și de sodiu contribuie migrării coloizilor pe profilul solului, lucru confirmat de distribuția mineralelor argiloase în stratul pedogenetic activ (Tab. 51).

Datele prezentate în tabel scot în evidență procesele de eluviere a montmorillonitului din orizontul humuso-acumulativ molic și acumularea acestuia în orizontul argilo-iluvial natric. În același timp, solurile neohidromorfizate se deosebesc prin componența mineralogică atât de cernoziomurile zonale, cât și de solonețurile molice automorfe. Aceasta ne permite să considerăm componența mineralelor argiloase rezultat al proceselor de transformări minerale cauzate de neohidromorfism și halomorfism.

Tabelul 51. Componenta mineralogică a fracțiunii de argilă fină (<0,001 mm) a solurilor neohidromorfe (Г. Жигэу, 1983)

Adâncimea, cm Orizontul	Conținutul mineralelor argiloase, %				
	Montmorillonit	Illit	Clorit	Caolinit	Cuarț fin dispersat
<b>Sol cernoziomoid moderat solonețizat moderat salinizat argilolutos</b>					
Am 0-10	36,2	45,8	8,9	8,9	17,8
Bt <sub>na</sub> 1 30-40	55,0	29,1	9,7	6,1	6,9
Bt <sub>na</sub> 2 80-90	73,4	15,3	11,5	-	5,3
Cgca 160-170	60,1	23,4	9,7	6,7	7,6
<b>Sol cernoziomoid puternic solonețizat moderat salinizat argilolutos</b>					
Am 0-10	41,6	43,4	6,5	8,7	13,9
Bt <sub>na</sub> 1 10-20	43,4	40,0	8,3	6,1	6,9
Bt <sub>na</sub> 2 40-50	59,1	25,1	10,9	4,9	7,6
Cgca 160-170	53,7	32,4	13,9	-	10,6
<b>Sol cernoziomoid puternic solonețizat moderat salinizat erodat argilolutos</b>					
Am 0-10	43,4	41,6	9,7	5,5	12,2
Bt <sub>na</sub> 1 25-35	67,2	20,0	9,7	3,1	10,1
Bt <sub>na</sub> 2 50-60	72,4	17,2	6,6	4,8	10,1
Cgca 95-105	60,3	23,4	12,4	4,0	8,7
<b>Soloneț hidric cu coloane medii argilos</b>					
Am 0-10	35,8	46,2	9,1	8,7	18,7
Bt <sub>na</sub> 1 30-40	69,2	18,4	9,9	4,5	16,1
Bt <sub>na</sub> 2 70-80	79,4	15,3	5,5	-	12,2
Cgca 160-170	55,1	29,1	10,4	5,4	7,6

În etapa automorfă de pedogeneză cernoziomică procesele de alterare a mineralelor primare conduce la formarea mineralelor din grupa illitului. Substituirea pedogenezei automorfe cu cea hidromorfă conduce la realizarea procesului de salinizare, inclusiv la acumularea sodiei și deplasarea reacției soluției solului în sensul alcalinizării. În aceste condiții decurge intensiv procesul de degradare accelerată a illitului. Mediul alcalin și prezența ionilor  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Si^{4+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  contribuie la sinteza de 2:1 a mineralelor din grupa montmorillonitului (Корнбиом, 1972).

Gradul înalt de dispersitate a montmorillonitului și alternanța curentelor ascendente și descendente de apă și săruri contribuie la înstrăinarea montmorillonitului din orizontul eluvial și la

acumularea acestuia în orizontul iluvial. Prin urmare, conținutul mai sporit al illitului în orizontul Am se datorează acumulării reziduale.

În baza celor expuse, considerăm că terenurile supraumezite reprezintă spații de salinizare și solonețizare contemporană care se realizează accelerat. Aceasta implică concluzia că în cadrul actualului trend al condițiilor climatice din regiune, supraumezirea va afecta noi teritorii, lucru confirmat de rezultatele recentelor cercetări în teren desfășurate în raioanele Cimișlia, Cahul, Sîngerei, Călărași, Glodeni ș.a. Pornind de la aceasta atenționăm, că în scopul atenuării acestui risc, sunt necesare măsuri de prevenire a proceselor de supraumezire prin aplicarea de măsuri agro- și fitotehnice, care vor fi descrise în capitolul III.

## 1.7. FORME DE DEGRADARE AFERENTE AGROGENEZEI ȘI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

### 1.7.1. Degradarea hidrologică

În condiții de utilizare în agricultură, îndeosebi în cadrul unor tehnologii neperformante și necorespunzătoare condițiilor de landsaft, solurile sunt supuse unui șir de modificări ale însușirilor fizice responsabile de regimul hidric al acestora – densitatea aparentă, porozitatea totală și diferențială, alcătuirea structural-agregatică, permeabilitatea pentru apă.

În regim agricol, segmentul superior al solurilor suferă modificări semnificative materializate în stratificarea acestuia în strat arabil și strat subarabil compact, care atrag după sine modificări semnificative în regimul hidric al acestora. La începutul perioadei de vegetație, rezervele de apă productivă în solurile arabile sunt relativ optimale, indiferent de sistemul de lucrare aplicat. În schimb, pe parcursul vegetației acestea se diferențiază în funcție de sistemul de lucrare. Acestea implică intensități și sensuri diferite ale proceselor care se realizează în soluri, efectele acestora acumulându-se progresiv.

Fluxul (pătrunderea) și consumul apei caracterizează bilanțul apei pentru o anumită perioadă de timp. Deplasarea și modificarea stării fizice a apei în sol determină regimul umidității, materializat în orizonturi hidrologice, caracterizate cu anumită stare a apei (mobilă, parțial mobilă, imobilă; accesibilă, parțial accesibilă, inaccesibilă; adsorbită, capilar-adsorbită, capilară, liberă, etc.), care cantitativ se măsoară și se exprimă în valori ale umidității corespunzătoare unor anumite intervale energetice ale acesteia.

Regimul hidric are un rol important în formarea profilului genetic al solului și, în același timp, depinde de etapele precedente ale evoluției solului, „fixate” în alcătuirea morfologică a solurilor și însușirile hidrofizice ale acestora.

Regimul umidității reprezintă totalitatea fenomenelor cantitative și calitative de modificare a umidității solului în timp. Aceste fenomene includ deplasarea apei prin profilul solului (circuitul apei în profil; schimbul de apă între orizonturi), desucția apei, stagnarea în sol și modificarea stării fizice (evaporarea-condensarea; înghețarea-dezghetarea). Fenomenele specificate determină transferul de substanțe cu soluțiile în interiorul profilului solului, concentrarea soluțiilor și precipitarea substanțelor ca urmare a evaporării apei din sol sau înghețarea acesteia, dezvoltarea proceselor de oxidare și de reducere și, în cele din urmă, particularitățile profilului genetic al solurilor. Umiditatea solului este un parametru dinamic. Procesele cu sens diferit se pot realiza concomitent în profilul solurilor și chiar în cadrul unuia și aceluiași orizont. Astfel, de exemplu, în condiții de saturare cu apă a tuturor porilor interagregatici, în aceștia pot decurge procese de reducere. În același timp, în interiorul agregatelor se menține o ambianță care asigură procesele de oxidare. Când solurile se usucă, situația se schimbă: în porii agregatici decurg procese de reducere (proces de humificare cu stabilizarea agregatelor), iar în cei interagregatici de oxidare – mineralizarea substanțelor organice cu mobilizarea elementelor nutritive.

Prin prisma de idei expusă, degradarea regimului hidric al solului presupune modificări nefavorabile cantitative (cantitate de apă înmagazinată în sol) și calitative (rezerve de apă productivă), care conduc la dezechilibrarea raportului dintre masa și volumul fazelor solului și reducerea capacității solului de a se adapta la ciclicitatea condițiilor climatice caracteristice respectivului spațiu, fluctuațiile climatice și fenomenele climatice extreme, induse de actualul trend global și

regional al climei. Pornind de la aceasta, degradarea hidrologică a solurilor urmează a fi examinată prin prisma factorilor care determină regimul hidric al solurilor.

Conform lui A.A. Page (1965), regimul hidric al solurilor este rezultatul acțiunii combinate a unor factori externi (climă, relief, alcătuire litologică, vegetație), dar și a unor factori interni (alcătuire granulometrică, tip și alcătuire profil, rocă mamă și rocă așternută, grad de drenare internă ș.a.).

Conform lui А.Ф. Большаков (1961), formarea și evoluția regimului hidric al cernoziomurilor arabile sunt determinate, în primul rând, de modificarea caracterului consumului de apă din sol: substituirea formațiunilor vegetale naturale cu sistem radicular adânc și perioadă lungă de vegetație cu monoculturi cu sistem radicular superficial și mai slab dezvoltat. Aceasta cauzează reducerea consumurilor de apă din straturile/orizonturile mai adânci ale profilului solului. În același timp, în regim agricol, suprafața solului rămâne 5-6 luni neacoperită cu vegetație și este expusă acțiunii deterioratoare a apei – distrugerii suprafeței solului și eroziunii. La intensificarea acestor procese mai contribuie degradarea intensivă a structurii stratului agrogen și compactarea acestuia. În aceste condiții se reduce permeabilitatea pentru apă și sporesc scurgerile superficiale, în sol fiind înmagazinate rezerve mai mici de apă.

Dat fiind gradul avansat de stratificare a segmentului agrogen al solurilor și de degradare fizică a acestuia, nu au loc procese de ascensiune capilară a apei din straturile/orizonturile mai adânci ale profilului.

Ca urmare, bilanțul de apă a tuturor cernoziomurilor arabile se formează la un nivel de umiditate mai scăzut decât în cele nearabile. În aceasta se manifestă „aridizarea” cernoziomurilor arabile – grad mai redus de asigurare cu apă decât cel posibil în respectivele condiții pedoclimatice. În același timp, plantele de cultură dispun de un sistem radicular concentrat, preponderent, în stratul arabil, mai puțin dezvoltat și o perioadă de vegetație mai scurtă, iar ca urmare consumă mai puțină apă decât plantele de stepă. Astfel, regimul hidric al cernoziomurilor arabile presupune două componente contrare opuse:

- a) reducerea volumului total de apă în sol;
- b) reducerea consumului de apă din orizonturile inferioare ale profilului, aceasta acumulându-se lent în regim multianual.

Conform И.Н. Лебедева și coaut., modificările specificate se răsfrâng asupra profilurilor hidrologice a cernoziomurilor și conduc la modificarea acestora. Cercetările acestora au arătat că gradul de modificare a profilelor hidrologice a cernoziomurilor sporește de la cernoziomurile de silvostepă la cele de stepă sudică (И.Н. Лебедева и др., 2013). Aceasta se reflectă în instabilitatea profilelor hidrologice a acestora în relațiile cu condițiile climatice. În cernoziomurile nearabile abaterile în conținutul de apă în straturi, în parte, alcătuiesc 3-4%, atât în anii uscați, cât și în cei umezi. În cernoziomurile arabile din silvostepă abaterile alcătuiesc cca 10%, iar în cele de stepă sudică abaterile sporesc până la 25% în anii „uscați” și 45-70% în cei „umezi”.

Cernoziomurile nearabile și arabile din zona de silvostepă se deosebesc prin caracterul consumului de apă pe parcursul perioadei de vegetație. În cernoziomurile nearabile acesta se realizează lent și consecutiv din primăvară către toamnă cu avansarea „frontului” uscat pe linie descendentă în straturile mai adânci.

În comparație cu cele nearabile, în profilul hidrologic al cernoziomurilor arabile din zona de silvostepă se conturează vizibil trei straturi cu sensuri diferite a dinamicii umidității.

Stratul 0-50 cm se caracterizează printr-un regim hidric instabil alternant; segmentul mediu al profilului, care se suprapune cu orizontul acumulativ carbonatic (Bca), în toate anotimpurile este mai uscat; segmentul inferior întotdeauna, chiar și în anii „uscați”, este mai umed decât în cernoziomurile nearate. Astfel, profilul hidrologic al solurilor arabile din zona de silvostepă reprezintă o formațiune originală care nu are analogi printre cele native. Ca urmare, comparației pot fi supuse doar unele elemente ale profilului, în parte (И.Н. Лебедева, 2002).

Cernoziomurile din cadrul stepei sudice se caracterizează cu alcătuire granulometrică preponderent lutoasă și lutoargiloasă cu conținuturi sporite de fracțiuni >0,01 mm. Ca urmare, se caracterizează printr-un volum total al porilor >55% și conținut mai mare de pori necapilari interagregatici. Aceasta determină o permeabilitate și o capacitate mai mare pentru apă. Porozitatea capilară mai sporită favorizează capacitatea mai mare de conservare a apei în sol.

Trăsăturile specificate contribuie la formarea unor profile hidrologice, care se deosebesc radical de cele din zonele de nord și centrală.

Stratul 0-50 cm se caracterizează printr-un regim de umiditate extrem de instabil pe parcursul perioadei de vegetație, dar cu trend deficitar unidirecționat de umiditate productivă. Ca urmare, acesta este foarte vulnerabil la secetă și predispus unui risc sporit de secetă pedologică.

Segmentul mediu (acumulativ-carbonatic) al cernoziomurilor tipice slab humifere și celor carbonatice se caracterizează (pentru o perioadă îndelungată) printr-un conținut de apă cuprins în intervalul 0,65-0,35 CC, accesibilă plantelor și predispusă ascensiunii în stratul excesiv uscat. Realizarea acestui potențial este limitată de gradul avansat de degradare fizică a stratului agrogen.

În stratul subiacent (sub 120 cm), la sfârșitul perioadei de vegetație (septembrie) sunt prezente rezerve de apă productivă, care se încadrează în intervalul 0,48-0,61 CC.

În baza celor expuse constatăm, că profilul hidrologic al cernoziomurilor arabile din cadrul stepei de sud, spre deosebire de cele nearabile, se divizează în două segmente hidro-funcționale distincte:

- a) superior (0-50 cm), puternic predispus aridizării;
- b) mediu și inferior, cu circulație capilară cauzată de dinamica potențialului adsorbțional-capilar al solului.

Degradarea hidrologică este indispensabil legată de reorganizarea structural-funcțională a masei solului: dezagregarea structurii native în stratul arabil, care de rând cu dehumificarea sunt determinate de deștelenirea cernoziomurilor, includerea în circuitul agricol și cultivarea de agrofitecenoze monodominante. În acest context, degradarea structurii agregatice a fost atestată încă la sfârșitul secolului XIX în condiții de presiuni agrogene ușoare asupra solurilor (Измаильский, 1893, Костычев, 1896).

Cercetările mai recente au scos în evidență realizarea, de rând cu procesele mecanice și fizico-chimice de degradare a structurii, a unei grupe aparte de procese reologice de deformare anuală a structurii „cernoziomice” la sfârșitul perioadei reci (Быстрицкая, Герасимова, 1988). Prin această prismă de idei, structura cernoziomurilor necesită restabilire/reproducere anuală, de aceasta fiind responsabile mecanismele coagulațional, coprogen și radicular, mai active, dar și mai eficiente, în prima jumătate a sezonului de vară (Gh. Jigău, 2018). Cercetările noastre în perioada 2016-2018 în cadrul a 12 raioane pedografice, cu evaluarea alcătuirii structurii agregatice la începutul perioadei de vegetație (aprilie-mai) și la sfârșitul acesteia (august-septembrie), au arătat că funcționarea acestor mecanisme în condiții seminaturale (fâșii de protecție) și în regim agricol diferă semnificativ (Gh. Jigău și coaut., 2018). Cercetările multianuale (2010-2019) în cadrul unor spații pilot în SRL „Vindex-Agro” (loc. Mălăiești, r-nul Orhei) au arătat că particularitățile biologice și biochimice ale plantelor de cultură, fazele de dezvoltare a acestora, secrețiile vitale, îndeosebi cele radiculare, structura circuitului biologic al substanțelor, cantitatea, alcătuirea și caracteristicile substanțelor humice nou-formate – toți aceștia, dar și alți factori ai agroecosistemelor, diferă mult de complexul de factori caracteristice biocenozelor naturale. De aici reiese și efectele, firești, de perturbare a proceselor naturale de reproducere a structurii agregatice „cernoziomice” în condiții de agroecosisteme.

Structura grăunțoasă-bulgăroasă caracteristică stratului humuso-acumulativ (Am+AmBm) al cernoziomurilor native determină gradul sporit (50-60%) al porozității totale, celei capilare și de aeratie, raportul optimal dintre volumul porilor agregatici și celor interagregatici, ocupați de aer și de apă. Ca urmare, cernoziomurile native se caracterizează prin permeabilitate, conductivitate și capacitate mare pentru apă. Structura „cernoziomică” asigură capacitatea de a înmagazina în sol, practic, toată cantitatea de apă provenită din precipitații și reținerea/conservarea acesteia în porii agregatici și contribuie constituirii unui regim hidric relativ stabil.

În componența structurii „cernoziomice” cca 57-62% revin agregatelor cu dimensiunile 5-1 mm. Microagregatelor (<0,25 mm) le revin 1-3%. Agregatelor >10 mm le revin 4-11%. Agregatelor 5-10 mm le revin 20-27%.

Agregatele 5-1 mm sunt, în marea lor majoritate, hidrostabile (conținutul de agregate hidrostabile cu dimensiuni 5-1 mm alcătuieste 50-60%). Microagregatelor (<0,25 mm) le revin <10%. Mai mult de 28% revin agregatelor hidrostabile 1-0,25 mm. Grație acestui fapt, sistemul agregatic al cernoziomurilor se caracterizează prin stabilitate înaltă, încât deja în fazele incipiente ale perioadei de vegetație, în acestea se instaurează un regim agregatic excelent și un regim hidric stabil, cu mici abateri, chiar și în anii secetoși.

În stratul agrogen al cernoziomurilor arabile mai mult de 60% din masa agregatelor hidrostabile revine microagregatelor (<0,25 mm). Agregatelor hidrostabile cu dimensiunile >3 mm le

revin 3-7%. În componența agregatelor hidrostabile >0,25 mm predomină agregatele 1-0,25 mm. Conținutul agregatelor hidrostabile >0,25 mm alcătuiește 35-43%.

În aceste condiții, reproducerea și optimizarea sistemului agregatic fără măsuri ameliorative nu este posibilă. Prin urmare, în cernoziomurile arabile s-a instaurat un sens unidirecționat de degradare sincronizată a sistemului fizic al solurilor și al regimului hidric, materializată în degradare hidrologică a solurilor. Ca urmare a hidrostabilității reduse a macroagregatelor în perioada uscată a anului, are loc consolidarea și supracompactarea masei solului din stratul arabil cu formarea de blocuri mari (40-50 cm în diametru cu formă poligonală), departajate prin fisuri de 3-5 cm adânci. Densitatea de împachetare a elementelor granulometrice și microagregatelor în intervalul blocurilor alcătuiește >1,47 g/cm<sup>3</sup>, iar în stratul subarabil aceasta depășește 1,50 g/cm<sup>3</sup>.

Dezagregarea agregatelor structurale și consolidarea masei solului conduce la reorientarea spațiului poros. Practic, dispare porozitatea interagregatică, locul căroră le revine fisurilor dintre blocuri. Aceste fisuri și franjul de pori capilari din cadrul blocurilor consolidate determină ascensiunea umidității din straturile inferioare către suprafața de evaporare și consumul neproductiv al apei la evaporarea fizică.

Modificarea, în sens negativ, a însușirilor hidrofizice conduce în mod legitim la reducerea ponderii intrărilor în bilanțul de apă a cernoziomurilor arabile, în special în stratul arabil în care sunt concentrate rădăcinile plantelor.

Supracompactarea conduce la reducerea permeabilității stratului arabil până la 29-23 mm/oră (pragul critic 50 mm/oră), ca urmare se reduce capacitatea solului de a înmagazina apa în sol.

Cercetările desfășurate în perioada 2016-2020 au arătat că pe parcursul perioadei reci a anului masa solului din stratul arabil se autoafânează doar parțial. Aceasta indică acumulări remanente a efectelor compactării, iar fisurarea adâncă și divizarea în blocuri, devin fenomene sistematice ale degradării hidrologice. Conform I.N. Lebedeva și coaut., prin acestea, în perioada precipitațiilor de vară apa se „prăbușește” în structuri adânci ale solurilor (И.Н. Лебедева и др., 2012): capacitatea de înmagazinare a apei în blocuri alcătuiește 20-30 mm/oră, iar în spațiile fisurate mai mult de 100-150 mm/oră. Modificările specificate conduc către un regim extrem de contrast pentru perioade scurte de timp, lucru care se va intensifica în condițiile actualului trend al condițiilor climatice.

### 1.7.2. Degradarea hidrofizică

Utilizarea îndelungată a cernoziomurilor din regiune în agricultură, în cadrul unor tehnologii cu presiuni energetice din exterior asupra solurilor, a condus la deteriorarea semnificativă a însușirilor fizice ale solurilor (densitate aparentă, porozitate, alcătuire structural-agregatică, permeabilitate pentru apă, conductivitate hidraulică ș.a.), responsabile de însușirile hidrofizice ale solurilor, care determină regimul de umiditate al acestora, bilanțul apei, regimul de aeratie, capacitatea de a acumula și furniza apa și în final – funcția bioproductivă a solurilor.

Totalitatea proceselor de degradare fizică a solurilor cu impact degradativ asupra însușirilor hidrofizice ale acestuia reprezintă degradarea hidrofizică a solurilor.

Pentru evaluarea însușirilor hidrofizice ale solurilor, evidențiem următoarele:

1. Capacitatea totală pentru apă (CT) – cantitatea maximă de apă care o poate conține solul atunci când toți porii sunt ocupați de apă. Se determină pe probe recoltate din teren în așezare naturală, cu cilindri mecanici. În scopuri practice poate fi calculată prin relația  $CT = Et/Pb$ , unde Et – porozitatea totală, %; Pb – densitatea aparentă, g/cm<sup>3</sup>.
2. Capacitatea pentru apă în câmp (CC) – cantitatea maximă de apă reținută în porii capilari în stare capilar suspendată o perioadă mai lungă de timp și pe care o poate furniza în mod treptat plantelor.
3. Umiditatea de întrerupere a continuității capilare a solurilor (URC) – umiditatea care se realizează în sol în faza când se întrerupe deplasarea apei pe profil prin porii capilari sub acțiunea diferenței de potențial capilar.
4. Coeficientul de oflire (CO) reprezintă limita minimă de apă din sol la care plantele se oflesc ireversibil.
5. Coeficientul de higroscopicitate (CH) – cantitatea maximă de apă reținută în stare adsorbită dintr-o atmosferă relativ saturată cu vapori de apă (93,4%).

6. Diapazonul de apă ușor accesibilă:

$$DUA=CT-CC$$

7. Diapazonul optimal de apă utilă:

$$DOAU=CT-URC$$

8. Diapazonul de apă utilă:

$$DAU=CC-CO$$

Parametrii informativi de evaluare a trendului însușirilor hidrofizice a solurilor în condiții de degradare hidrofizică a solurilor sunt prezentați în tabelul 52.

Tabelul 52. Parametrii informativi de evaluare a trendului însușirilor hidrofizice a solurilor în condiții de degradare hidrofizică a solurilor

Parametrii informativi	Factorii care îi determină	Implicații biopedofuncționale
Reducerea capacității totale pentru apă	Compactarea, tasarea, slizizarea-consolidarea solurilor. Degradarea structurii și spațiului poros. Discontinuitatea (anizotropia) spațiului poros. Reducerea permeabilității pentru apă și conductivității hidraulice	Afectarea regimurilor termic, hidrotermic și aerohidric. Reducerea capacității de absorbție termică, sporirea albedoului, reducerea capacității termice. Afectarea regimului biologic, biochimic și enzimatic al solului
Reducerea capacității pentru apă în câmp	Stratificarea stratului agrogen. Compactarea, tasarea stratului subarabil cu crearea unui spațiu poros discontinuu. Degradarea spațiului poros	Reducerea rezervelor de apă productivă în sol. Afectarea însușirilor fizico-mecanice și tehnologice ale solului. Predispunerea solului riscului de secetă pedologică. Regim biologic afectat
Sporirea umidității de întrerupere a continuității capilare	Degradarea și dezagregarea structurii. Degradarea spațiului poros	Înteruperea proceselor de ascensiune capilară a apei din straturile mai umede în cele uscate
Sporirea valorilor coeficientului de oflire	Compactarea, degradarea structurii și spațiului poros	Reducerea capacității pentru apă utilă. Instaurarea secetei pedologice. Degradarea funcțiilor agroecologice și biogeocenotice a solurilor
Reducerea diapazonului de apă ușor accesibilă	Reducerea capacității totale pentru apă	Deficit de apă în stratul germinativ în fazele incipiente de dezvoltare a plantelor
Reducerea diapazonului optimal de apă productivă	Reducerea capacității pentru apă în câmp. Sporirea valorilor umidității de întrerupere a continuității capilare	Deficit de apă în stratul radicular în fazele incipiente de dezvoltare a plantelor de cultură. Suprimarea dezvoltării plantelor în fazele primare de vegetație
Reducerea diapazonului de apă utilă	Degradarea și dezagregarea structurii	Reducerea accelerată a rezervelor de apă productivă. Suprimarea accelerată a culturilor. Stoparea proceselor biologice și biochimice. Seceta pedologică

Degradarea hidrofizică presupune nu numai modificarea în sens nefavorabil a valorilor parametrilor specificați. Importanța au nu numai acestea, dar și durata menținerii în soluri a stărilor hidrofizice nefavorabile.

Persistența de durată a umidității corespunzătoare capacității totale pentru apă conduce la înrăutățirea regimului hidric al solurilor și inițierea, în orizontul de tranziție, a proceselor de microleizare, care ulterior îndeplinesc funcția de catalizatori ai procesului gleic.

Reducerea duratei de menținere în sol a stării de umiditate corespunzătoare capacității de câmp, indică asupra faptului că în soluri sunt rezerve mici de apă productivă. Sporirea duratei perioadei de umezire corespunzătoare coeficientului de oflire indică o capacitate mică a solurilor de a asigura plantelor de cultură rezervele de apă productivă pentru producerea recoltelor.

Fenomenul de degradare hidrofizică a solurilor este intercalat cu fenomenul de degradare hidrologică și demarează în perioada imediat următoare substituției biocenozelor cu agrofitecenoze. Devegetarea suprafeței solului conduce la modificarea regimului termic al solului, regimului de umiditate și chiar a regimului hidric. Totodată, suprafața neacoperită a solului mai slab reține zăpada; solurile îngheață mai timpuriu și sunt supuse acțiunii directe a vântului, pierderilor de apă la evaporarea fizică și la scurgerile superficiale. Ca urmare, în soluri se înmagazinează cantități mai mici de apă. Situația se complică prin faptul că, exceptând unele cazuri rare, solurile intră în iarnă având stratul de la suprafață mai umed decât cele subiacente, iar ca urmare mai greu înmagazinează apa în perioadele de încălzire pe parcursul iernii, dar și cea provenită din precipitații de primăvară. Ca urmare, apa se depozitează în cantități excesive în stratul arabil. Din acesta, apa este ușor consumată la evaporare. Faptul dat conduce la aceea că, chiar și în anii cu cantități de precipitații corespunzătoare cantităților medii multianuale sau chiar mai mari decât acestea, în soluri se înmagazinează doar o parte din apa provenită din precipitațiile din perioada octombrie-martie (recent atare situații s-au înregistrat în 2015 și 2017). Acumulării, preponderent, a apei în stratul arabil contribuie Prezența stratului subarabil cu permeabilitate redusă pentru apă contribuie, preponderent, la acumularea apei în stratul arabil.

Modificările specificate conduc la degradarea hidrofizică a solurilor și aridizarea terenurilor agricole, iar ca urmare, „gradul de aridizare/degradare hidrofizică a solurilor calitativ se materializează în valori concrete ale însușirilor hidro-fizice a solurilor și regimul hidric al acestora” (Розанов, Зонн, 1981).

### 1.7.3. Seceta pedologică

Seceta pedologică este un fenomen natural-antropic definit de un conținut al apei din sol, respectiv umiditatea solului, sub valoarea medie anuală asociată cu seceta meteorologică, condițiile geomorfologice, litologice, de drenare a teritoriului și activitățile umane necorespunzătoare, care au implicat procesele de degradare hidrologică și hidrofizică a resurselor de sol.

Starea de secetă pedologică presupune nu mai puțin de 3 decade consecutive pe parcursul perioadei de vegetație cu conținuturi de apă în stratul arabil mai mici sau egale cu 10 mm sau nu mai puțin de 20 de zile, dacă la începutul perioadei de vegetație la momentul demarării secetei pedologice rezervele de apă productivă în stratul 0-100 cm alcătuiau <50 mm.

T.V. Хомякова și E.K. Зондзе (2002) consideră, din punct de vedere agroclimateric (agrometeorologic), că seceta poate fi doar pedologică, deși seceta atmosferică (chiar și în situațiile când în soluri se conțin rezerve suficiente de apă productivă) implică un anumit discomfort pentru culturile agricole și poate reduce productivitatea lor.

Л.И. Сверлова constată că seceta pedologică este fenomenul de reducere a rezervelor de apă în sol până la limita inaccesibilității acesteia pentru plante, deoarece este reținută cu forțe care depășesc cu mult forța de sucțiune a plantelor, iar ca urmare nu poate fi utilizată de către plante pentru formarea organelor vegetative și reproductive. Aceeași autoare, bazându-se pe conceptul categoriilor și formelor de apă în soluri, constată că seceta în sol reprezintă procesul de uscare dinamică a solului și se caracterizează prin absența în sol a apei gravitaționale, reducere bruscă a cantității de apă capilar suspendată-sprrijinită, iar în stratul superior (0-20 cm) predomină apa fizic labil legată reținută pe suprafața particulelor elementare (preponderent a celor <0,005 mm) de forțele adsorbționale-moleculare.

Seceta atmosferică intervine în condiții de temperaturi înalte ale aerului și umiditate relativ mică (<20%) ale acestuia. În condiții de secetă atmosferică, sporește semnificativ consumul apei la transpirație. Cantitatea de apă consumată la transpirație depășește cu mult cantitatea furnizată de rădăcini și vasele comunicante organelor transpirative, chiar și în situația când în soluri sunt prezente rezerve de apă asimilabilă. Ca urmare, seceta atmosferică este unul din principalii factori care conduc la instituirea în soluri a secetei pedologice. Conform mai multor autori, seceta are impact doar parțial reversibil, care conduce la modificări funcționale ale solurilor. Aceasta ne permite să conchidem că seceta pedologică nu este cauzată doar de absența precipitațiilor, dar și de procese de circulație a apei în sistemul sol-plantă-atmosferă. Prin această prismă de idei, efectele provocate de seceta atmosferică pot fi gestionate prin managementul corespunzător al solurilor.



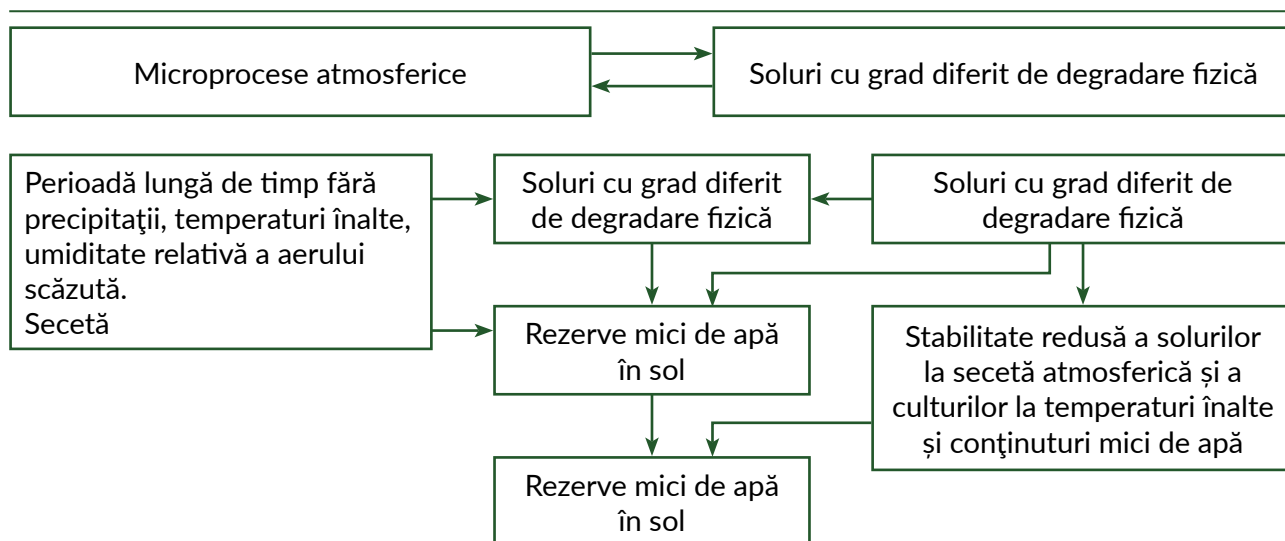


Fig. 27. Interacțiunea dintre seceta atmosferică și procesele de degradare a solurilor în cadrul secetei pedologice

Pornind de la cele prezentate în respectiva figură, seceta atmosferică este un fenomen pur meteorologic, determinat de macroprocese atmosferice, în cadrul căreia, în componența bilanțului apei a teritoriului, rolul principal îi revine evaporării.

Originea secetei meteorologice (atmosferice) este cauzată de aflarea foarte îndelungată a spațiilor geografice sub influența anticlonului, mai frecvent în perioada de vară. Temperaturile înalte ale aerului și solurilor în condiții de lipsă a precipitațiilor contribuie la intensificarea pierderilor de apă la evaporarea apei de pe suprafața solurilor și din stratul pedogenetic activ al uscatului. Cu cât este mai de durată perioada fără precipitații și cu temperaturi mari, cu atât mai adânc se usucă stratul pedogenetic activ cu afectarea orizonturilor superioare acvifere ale apelor subterane. Aceasta determină declanșarea secetei hidrologice, în legătură cu care consecințele secetei se resimt în următorii 2-3 ani după aceasta, cu acumularea progresivă a efectelor remanente. Un atare trend a demarat într-un mod mai pronunțat după 1986. În opinia noastră, anume acumularea efectelor remanente a condus la perturbarea ciclurilor climatice cu pasul de 5, 11 și 21 ani și sporirea aparentă a frecvenței secetelor și intensității acestora. Acest lucru este determinat și de degradarea fizică accelerată a solurilor în cadrul realizării funcției globale a pedosferei de reglare a climei. În același timp, în condiții de degradare avansată, solurile/pedosfera nu mai fac față actualelor condiții climatice și nu se pot adapta la acestea.

Prin această prismă de idei, seceta pedologică este un proces complex determinat de o serie de factori externi și interni.

Tab. 53. Ierarhia evoluției secetelor în ultimii 40-50 ani în spațiul Pridanubian

Tipul de secetă	Trăsăturile secetei	Factorii de bază ai secetei		Durata	
		Caracteristică	Criterii	Scurtă	Îndelungată
Atmosferică	Absență îndelungată a precipitațiilor	t° aerului	>30°C	până la 30 zile	mai mult de 30 zile
Pedogenetică	Sol suprauscat	t° aerului	>40°C	până la 30 zile	mai mult de 30 zile
Hidrologică	Uscarea firelor de apă, pâraielor, bazinelor acvatice, reducerea nivelului apei freactice	Consumul de apă Nivelul apei	Scăderea sub nivelul admisibil	până la 15 zile	mai mult de 15 zile

În calitatea sa de fenomen natural, seceta atmosferică nu poate fi gestionată. În schimb seceta pedologică, fiind indispensabil legată de starea solurilor, poate fi gestionată. Pentru aceasta este necesar de a identifica factorii și procesele care o determină (Tab. 54).

Tabelul 54. Procesele de degradare fizică care determină intensificarea secetei pedologice

Procese	Efecte
Stratificarea orizontului humifer Am+AmBm	Diferențierea orizontului humifer Am+AmBm în 3 suborizonturi: Ap – arabil, Apd – subarabil, astructurat compact (slitizat) și orizontul humuso-acumulativ propriu-zis – AmBm. Aceasta conduce la formarea unui regim hidric specific, reducerea rezervelor de apă productivă ca urmare a reducerii permeabilității pentru apă și cantității de apă înmagazinată în sol.
Aridizarea regimului hidric al cernoziomurilor arabile	Reducerea permeabilității pentru apă conduce la reducerea cantității de apă provenită din precipitațiile atmosferice în sol. Aceasta contribuie la formarea scurgerilor superficiale. Ca urmare, evoluția cernoziomurilor arabile decurge la un nivel mai redus de umiditate decât analogii lor naturali, prin însăși calitatea lor de formațiuni natural-antropice.
Modificarea climatului solului ca urmare a substituirii biocenozelor cu agrofitecenoze	Cernoziomurile arabile se caracterizează printr-un climat mai continental: sporesc amplitudinile temperaturilor diurne, anuale și multianuale. Deteriorarea litierei de stepă care îndeplinește funcția de izolator termic, densitatea redusă a învelișului vegetal reprezentat prin agrofitecenoze, suprafața neacoperită a solurilor până la semănat și după recoltare cauzează supraumizarea segmentului superior al profilului solurilor și intensificarea pierderilor de apă la evaporarea fizică (îndeosebi primăvara devreme) și activizarea proceselor de mineralizare a resturilor organice și humusului (dehumificarea). Supraîncălzirea solurilor se extinde lent pe întreaga grosime a profilului și deja la începutul perioadei de vară „captează” curentele ascendente de apă și reduce asigurarea cu apă a solurilor, „deplasându-le” în funcție de caracterul regimului hidro-termic în sensul solurilor cu regim hidrotermic mai xerofilizat.
Stratificarea profilului hidrologic al cernoziomurilor	În profilul hidrologic al cernoziomurilor clar se conturează 3 structuri funcțional-hidrologice: <ul style="list-style-type: none"> <li>- superior – cu regim hidric alternant instabil „deficitar-aridizat” puternic afectat de seceta pedologică (frecvența anilor cu secetă pedologică &gt;70%);</li> <li>- mediu (se suprapune cu segmentul acumulativ-carbonatic al profilului pedogenetic) cu regim hidric stabil deficitar;</li> <li>- inferior, în cadrul căruia conținutul de apă este permanent &gt;URC.</li> </ul>
Consolidarea stratului agrogen în perioada uscată	În perioada uscată a anului, stratul agrogen este supus deformărilor plastice, care determină consolidarea excesivă a acestuia însoțită de reducerea volumului total al porilor și a celor ocupați de apă productivă. Ca urmare, în acesta se instaurează un deficit pronunțat de apă. În același timp, gradul puternic rigid de împachetare a constituenților solizi în componența acestuia creează condiții extrem de defectuoase pentru dezvoltarea sistemului radicular al plantelor. Ca urmare, acesta se concentrează în primii 0-20 cm, cu un conținut de apă <0,35 CC.
Transformarea agrogenă a alcătuirii bimodale a spațiului poros al cernoziomurilor native în alcătuire monomodală cu predominarea porilor fini	Utilizarea agricolă a cernoziomurilor este însoțită de modificarea tuturor parametrilor de așezare și de împachetare a componentelor solide și modificarea spațiului poros. În componența spațiului poros se reduce și tinde spre zero volumul porilor interagregatici. Se reduce volumul fazei solide (consolidarea agregatelor structurale) și sporește densitatea agregatică a formațiunilor structurale, îndeosebi a celor cu diametrul 5-1 mm. În structura porilor agregatici se reduce volumul porilor protectori de umiditate cu eliminarea apei din aceștia. Prin urmare, pe măsura reducerii conținutului de apă în sol se atestă reducerea accelerată a rezervelor de apă productivă în acesta.

Un loc aparte în constituirea regimului hidric, regimului de umiditate și secetei pedologice revine compactării și, îndeosebi, supracompactării. Prin această prismă de idei, compactarea cernoziomurilor agricole, în opinia noastră, reprezintă un proces natural-antropic rezultat din interacțiunea sol-climă-tehnica agricolă-culturile agricole și presupune redislocarea spațială a particulelor elementare de sol, însoțită de sporirea numărului și spațiului de contact între acestea într-o unitate de volum, ca urmare a acțiunilor mecanice a tehnicilor agricole și uscării solului (Г. Жигэу, 2005).

În cadrul acestui proces, factorul biologic îndeplinește funcția de afânare cu reducerea impactului forțelor mecanice. Compactarea are loc din contul porilor interagregatici conductori de umiditate. Toate acestea se răsfrâng asupra parametrilor hidrofizici ai solurilor (Tab. 55, 56).

Tabelul 55. Evoluția porozității diferențiale ai parametrilor fizici ale cernoziomurilor sub influența compactării

Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup>	Porozitatea totală, %	Porozitatea diferențială					Indicii hidrofizici, %		
		<0,2 μkm	0,2-1,0 μkm	1,0-10,0 μkm	100-300 μkm	>300 μkm	CO	CC	DAU
1,00-1,25	54,7	7,3	8,8	24,0	7,9	6,7	10,3	28,8	18,5
1,26-1,40	48,5	10,8	9,2	19,6	5,9	2,8	11,4	27,6	15,2
1,41-1,45	46,7	11,3	9,4	20,0	4,3	1,7	12,0	26,9	14,9
1,46-1,50	43,7	13,2	10,4	18,2	1,9	0	12,6	26,3	13,7
1,51-1,55	42,0	16,9	10,5	12,9	1,7	0	13,3	26,4	12,8
1,56-1,60	39,7	16,9	10,3	11,2	1,3	0	14,8	25,5	10,7

Tabelul 56. Modificarea porozității diferențiale a cernoziomurilor în funcție de umiditate

Nivelul de umiditate	Porozitatea			
	Totală	Ocupată de apa adsorbită	Capilară	De aerație
<b>Cernoziomuri carbonatice lutoase</b>				
<CO	47-51	11-12	20-21	16-18
CO-URC	51-54	11-12	22-20	18-22
URC-CC	54-57	10-11	26-24	18-22
>CC	57-62	9-10	26-27	22-25
<b>Cernoziomuri tipice slab humifere lutoase</b>				
<CO	49-52	11-12	22-21	16-19
CO-URC	52-55	11-12	22-23	19-20
URC-CC	55-58	10-11	25	20-22
>CC	58-62	9-10	28-29	21-23
<b>Cernoziomuri tipice moderat humifere lutoase</b>				
<CO	51-55	11-12	23-25	16-20
CO-URC	51-55	11-12	23-25	16-20
URC-CC	55-58	10-11	25-27	19-22
>CC	58-62	9-10	27-29	21-25
<b>Cernoziomuri carbonatice lutoargiloase și argilolutoase</b>				
<CO	49-53	12-13	23-25	13-15
CO-URC	53-56	11-12	29-27	13-17
URC-CC	56-60	11-12	28	17-20
>CC	60-63	10-11	30-31	20-21
<b>Cernoziomuri tipice slab humifere lutoargiloase și argilolutoase</b>				
<CO	50-54	12-14	25-24	13-16
CO-URC	54-58	11-13	28-27	15-18
URC-CC	58-62	11-12	30-29	18-21
>CC	62-64	9-10	31-32	21-22
<b>Cernoziomuri tipice moderat humifere și levigate lutoargiloase și argilolutoase</b>				
<CO	51-55	12-14	26-25	13-16
CO-URC	55-58	12-13	29-28	14-17
URC-CC	58-62	10-12	31-30	18-20
>CC	62-65	9-10	33-32	20-23

Rolul decisiv în constituirea regimului aerohidric al solurilor revine structurii agregatice a solurilor (Gh. Jigău, 2009), în special agregatelor 5-0,25 mm (Воронин, 1986).

În susținerea acestei afirmații, în tabelul 57 sunt prezentate porozitatea și aerația agregatelor structurale cu diverse dimensiuni (citată Шейн, 2008)\*.

Conform cercetărilor noastre, în cernoziomurile nearabile agregatelor hidrostabile 5-0,25 mm le revin de la 79,0% (strat 0-10 cm) până la 81,8% (strat 20-30 cm). Conținutul microagregatelor hidrostabile (<0,25 mm) variază în intervalul 17,6-21,0% (Gh. Jigău, 2019).

În cernoziomurile lucrate timp de 47 de ani conținutul agregatelor hidrostabile 5-0,25 mm se reduce până la 52,7% în stratul 0-10 cm și până la 51,7% în stratul 20-30 cm. Comparativ cu cernoziomurile nelucrate, conținutul agregatelor 5-3 mm se reduce de cca 2 ori, iar a celor 3-0,25 mm se reduce cu 12-15%. Conținutul microagregatelor (<0,25 mm) sporește de cca 2 ori.

În cernoziomurile arabile conținutul de agregate hidrostabile 5-3 mm se reduce de cca 3 ori în stratul 0-10 cm și de cca 2 ori în stratul 20-30 cm, iar a agregatelor 3-0,25 mm cu 10-17%.

În acest context, ținând cont de faptul că degradarea structurii agregatice este un fenomen inerent utilizării cernoziomurilor în agricultură, considerăm că seceta pedologică intervine în evoluția natural-antropică a cernoziomurilor la o anumită fază de avansare a degradării fizice și devine un proces caracteristic acesteia.

Tabelul 57. Porozitatea și aerația agregatelor structurale cu diverse dimensiuni (citată Шейн, 2008)\*

Parametrii	Dimensiunile agregatelor, mm		
	<0,5	1-2	3-5
Porozitate, %			
totală	47-49	55-59	60-62
capilară	45-47	25-21	23-24
de aerație	2-3	30-32	38-39
Conținut de aer, %	27,7	39,1	38,7
Conținut de oxigen, %	0,14	5,71	7,51
Conținut de oxigen, mg/kg	9,0	34,3	45,9

\* Date A.G. Dojarenco

Pentru evaluarea eventualelor procese de intervenție a secetei pedologice propunem de a utiliza coeficientul relativ de degradare fizică a cernoziomurilor arabile (Tab 58).

Tabelul 58. Coeficienții relativi de degradare fizică a cernoziomurilor arabile

Parametrii măsurabili	Coeficientul de degradare fizică				
	1	0,8	0,6	0,4	0,2
Sporirea relativă a conținutului de agregate >10 mm, % de la conținutul optimal	<20	20-40	41-100	101-200	>200
Sporirea relativă a densității aparente, % de la nivelul superior al intervalului de valori optime	<10	10-20	21-30	51-75	>75
Reducerea relativă a volumului total al porilor, % de la limita inferioară (60%) a intervalului de valori optime	<10	10-20	21-40	51-70	>70

Pentru evaluarea intensității și probabilității secetei pedologice se recomandă utilizarea criteriilor prezentate în tabelul 59.

Tabelul 59. Criteriile de evaluare a probabilității și intensității secetei pedologice (Г. Жигэу, 2020)

Rezerva de apă productivă, mm cătore 1.XI		Cantitatea de precipitații în perioada 1.XI-30.III, % din norma multianuală	Intensitatea secetei pedologice	Probabilitatea secetei pedologice pe parcursul perioadei de vegetație
Strat 0-20 cm	Strat 0-100 cm			
0-10	<50	<50	Puternică	Mare
11-15	51-60	50-70	Moderată	Moderată
16-20	61-90	70-95	Slabă	Scăzută
>20	>90	>95	Absentă	Absentă

#### 1.7.4. Deșertificarea

Deșertificarea este un fenomen complex de transformare treptată a unor terenuri/spații cu soluri fertile în deșerturi, determinat de modificarea mediului ambiental, în special a climei și reliefului (fenomene climatice extreme: secetă, temperaturi, precipitații, furtuni etc.) și activitățile umane (supraexploatarea terenurilor). În acest sens, deșertificarea cernoziomurilor presupune reducerea sub 40% a bioproductivității acestora.

Procesul de deșertificare poate rezulta în cadrul evoluției climei la scara geologică a timpului, iar în condiții de utilizare antropică a resurselor de sol după o evoluție seculară a acestuia (ex. Sahara, între 5000-1000 ani î.Hr.). Prin această prismă de idei, procesul contemporan de deșertificare este un fenomen natural-antropic, rezultat din acțiunea intercalată a schimbărilor climatice și supraexploatării terenurilor. Deșertificarea se declanșează obișnuit ca urmare a distrugerii covorului vegetal datorită exploatării excesive, necorespunzătoare a terenurilor fertile, cultivării excesive, deștelenirilor și despăduririlor masive și suprapășunatului, diminuării rezervelor de apă (seceta râurilor, firelor de apă, izvoarelor de coastă), eroziunea solului cu apa și vântul, compactării, destructurării, salinizării, solonețizării, slitizării-consolidării solurilor ș.a., aceste procese adeseori fiind intercalate (ex. destructurarea-compactarea-eroziunea cu apa; destructurarea-eroziunea cu vântul; salinizarea-solonețizarea-slitizarea-consolidarea ș.a.). În general, deșertificarea este condiționată de o supraexploatare locală, mai ales prin supracultivare, care atrage după sine agravarea eroziunilor, adâncirea apelor freatice, și, ca urmare, modificarea trendului de evoluție a solurilor.

În baza celor expuse, considerăm că principalele cauze ale deșertificării sunt:

- încălzirea globală și modificarea regimului precipitațiilor atmosferice, temperaturilor, umidității relative a aerului, evapo-transpirației ș.a.;
- activitățile antropice, suprapășunatul, lucrările de excavare, depozitățile de rocă sterilă din activitățile miniere ș.a.;
- deștelenirile și despăduririle în masă, cultivarea excesivă a terenurilor;
- nerespectarea tehnologiilor, erorile tehnologice ș.a.

Fenomenele care anunță deșertificarea sunt:

- reducerea rezervelor de apă din sol, adâncimii de umezire a profilului solului, xerofilizarea regimului hidric nepercolativ al solului (sporirea grosimii stratului fiziologic mort, bilanț progresiv necompensat al apei în sol).
- modificarea accelerată a componentei covorului vegetal al ecosistemului natural sau distrugerea totală a acestuia. În fazele incipiente ale deșertificării se atestă reducerea lentă a bioproductivității ecosistemelor. Pe măsura reducerii rezervelor de apă în sol, are loc modificarea componentei covorului vegetal cu dispariția din acesta a speciilor neadaptate la reducerea unidirecționată a conținutului de apă în sol. În următoarea fază, în componența covorului vegetal se dezvoltă specii de plante caracteristice landsafturilor xerofitice. Aprofundarea deficitului de umiditate conduce la distrugerea covorului vegetal care acoperă solul.
- în cadrul agroecosistemelor, deșertificarea se manifestă prin dezvoltarea neomogenă a culturilor agricole, chiar și în anii cu condiții climatice normale. Terenurile sunt puternic vulnerabile la secetă. În perioadele secetoase, chiar și în condiții de practicare de tehnologii performante, se atestă reducerea cu 50-60% a recoltelor, iar în anii secetoși (2007, 2011, 2012, 2015, 2020) recoltele se reduc cu 70-80%.

d) degradarea solurilor din cauza accentuării proceselor de eroziune, salinizare, solonețizare ș.a.

Criteriile de evaluare a formelor de degradare specificate au fost descrise mai sus.

Efectele deșertificării devin tot mai resimțite în spațiul Republicii Moldova prin:

- scăderea fertilității solurilor;
- sensul regresiv al bioproductivității eco/agroecosistemelor. În cadrul lor bioproductivitatea este totalmente dependentă de condițiile climatice;
- reducerea cantității de resturi organice încadrate în pedogeneză, iar, ca urmare, reducerea rolului factorului biologic în pedogeneza natural-antropică și sporirea rolului factorilor biologic și geomorfologic. Ca urmare, în cadrul actualului trend al climei se intensifică procesele de degradare fizică naturală și antropică cu intensificarea efectelor de deșertificare și extinderea acestora în spațiu;
- reducerea semnificativă a numărului și biomasei microbiotei solului și activității biologice a solului;
- recolte mici, calitate scăzută a producției vegetale;
- reducerea semnificativă a cantității și calității rezervelor de apă atât superficiale, cât și subterane;
- epuizarea capacității de reproducere lărgită a ecosistemului solurilor.

În cadrul actualelor trenduri ale condițiilor bio- și pedoclimatice, în cadrul procesului regional de deșertificare, se realizează următoarele lanțuri evolutive:

1. degradare soluri → secetă pedologică-aridizare terenuri → deșertificare;
2. secetă atmosferică → secetă pedologică → secetă hidrologică → aridizare terenuri → deșertificare;
3. secetă atmosferică  
↓      ↑  
degradare terenuri      secetă pedologică → aridizare terenuri → deșertificare

Este cunoscut că deșertificarea este definită ca un fenomen caracteristic semideșerturilor și stepelor cu climă aridă și uscată. Prin amplasarea fizico-geografică, stepa cernoziomică este predispusă deșertificării, aici realizându-se unidirecționat o serie de procese naturale caracteristice fenomenului de deșertificare: eroziunea cu apa și vântul, salinizarea, solonețizarea, devegetarea solurilor, seceta pedologică, aridizarea solurilor etc. Examinată prin prisma lanțurilor genetico-evolutive prezentate mai sus, considerăm că pentru zona de stepă cu cernoziomuri este caracteristică deșertificarea natural-antropică, care presupune intensificarea antropică a proceselor naturale de deșertificare specificate. Aceasta se materializează în sporirea unidirecționată a deficitului de umiditate și aridizării învelișului de sol.

Prin această prismă de idei, cea mai răspândită formă de deșertificare regională este cea erozională. În acest context, frecvent procesele de deșertificare sunt omologate cu seceta, sporirea frecvenței secetelor ca urmare a schimbărilor climatice globale.

Principalele caracteristici ale solurilor care amplifică predispunerea la procesele complexe de deșertificare sunt:

- conținutul scăzut de humus, însărăcirea ușoară a orizontului arabil în fracțiuni granulometrice <0,005 mm, ca urmare a deflării acestora și amestecării anuale a masei solului (dezargilizare eoliană); îmbogățirea ușoară a stratului arabil cu nisip fizic ca urmare a reducerii conținutului de argilă fizică;
- deteriorarea stării structural-agregative a solurilor datorită lucrărilor intensive de mărunțire și afânare superficială a stratului arabil;
- manifestarea fenomenului de prăfuire (faza incipientă a fenomenului de eroziune eoliană) la solurile cu folosință arabilă, mai ales dacă sunt întreținute o perioadă îndelungată pe parcursul anului în stare de ogor negru;
- formarea crustei ca urmare a degradării structurii solului;
- apariția proceselor de tasare puternică la adâncimi de 20-35 cm și formarea unui strat greu permeabil pentru apă și aer, fiind foarte greu penetrat de rădăcinile plantelor;
- scăderea conținutului de materie organică în sol ca urmare a dezechilibrelor de nutriție;
- rezerva scăzută de elemente nutritive în cazul macronutrienților N, P, K.

Procesele complexe de degradare a solurilor și a terenurilor agricole sunt frecvent asociate cu fenomenele de climă severă.

Tabloul 60. Criterii diagnostice ale aridizării și deșertificării solurilor spațiului dintre Prut și Nistru

Procesele și însușirile care determină aridizarea și deșertificarea	Criteriile și trăsăturile diagnostice ale proceselor de aridizare și deșertificare	Cauzele, riscurile și gradul de manifestare a aridizării și deșertificării
Degradarea structurii agregatice a solurilor și crustificarea	Este caracteristică tuturor solurilor arabile din republică. Degradarea structurii conduce la prăfuirea structurii stratului arabil al solurilor și sporirea vulnerabilității acestuia la eroziunea eoliană. Prăfuirea structurii conduce la crustificarea solurilor. Crusta dispune de grosime până la 5-6 mm și determină afectarea regimului hidrotermic al solurilor	Lucrări neadaptate la însușirile solurilor. Excluderea din asolamente a ierburilor multianuale. Sporirea gradului de continentalitate a climatului solului în sensul aridizării și uscării solului
Reducerea conținutului de argilă fizică (<0,01 mm) și fină (<0,001 mm) în rezultatul eroziunii eoliene (dezargilizare mecanică)	Este caracteristică tuturor solurilor arabile afectate de procesele de degradare și de prăfuire a structurii. Pierderile de argilă fizică alcătuiesc 5-6%, iar de argilă fină cu 2-3%	Lucrările solurilor, intensificarea proceselor de mineralizare a humusului ca urmare a mărunțirii structurii. Mărunțirea structurii sub acțiunea presiunilor exercitate de mașinile agricole. Lucrarea cu grapa cu discuri a solurilor uscate
Sporirea suprafeței terenurilor sărăturate în cadrul șesurilor aluviale și în spațiile extraaluviale supraumezite	Acumularea sărurilor cu formarea de profiluri salifere progresiv acumulative. Procese de solonețizare secundară a solurilor. Irigarea cu ape necalitative	Modificarea regimului hidrologic al teritoriilor în rezultatul activității umane (lucrări de drenare, lucrări de desfundare, lucrări de arătură adâncă pe versanții cu risc de supraumezire și salinizare
Mărunțirea structurii și dezagregarea solurilor cu alcătuire granulometrică fină și foarte fină. Dezargilizarea stratului arabil	Mărunțirea și prăfuirea stratului arabil al solurilor ca urmare a crioafânării solurilor în perioada rece a anului. Deflarea intensivă a stratului arabil	Gradul redus de eroziune a stratului arabil crioafânat. Deshidratarea intensivă a stratului arabil sub acțiunea vântului
Sporirea gradului de bolovănire a solurilor. Sporirea pierderilor de apă din sol la evaporarea fizică	Compactarea fragmentelor de sol cu dimensiuni >20 mm	Uscarea accelerată a stratului arabil și celui subarabil după lucrările de arătură. Pierderi accelerate de apă la evaporare
Reducerea rezervelor de humus în sol	Conținutul de humus <3%. Grosime mică a stratului humifer (A+B). Grad avansat de mărunțire a structurii	Eroziunea. Lucrarea terenurilor cu risc de eroziune pe versanți
Eroziunea superficială cu apă	Reducerea grosimii stratului humifer. Dezgolirea la suprafață a orizonturilor de tranziție B2, B3, BCca și a rocii mamă. Reducerea productivității terenurilor agricole	Formarea de focare locale de deșertificare cu extindere în spațiu. Lucrarea neconformată a versanților cu risc de eroziune. Practicarea de asolamente neconforme, care favorizează eroziunea. Deșertificare moderată
Eroziunea liniară. Ravenarea	Sporirea gradului de fragmentare erozională. Rețea densă de ravene și ogașe. Reducerea nivelului apelor freatice	Încadrarea în agricultură a versanților cu risc de eroziune liniară. Neefectuarea măsurilor antierozionale, în special antiravenale. Uscarea excesivă a solurilor cu intensificarea proceselor degradative
Compactarea și supracompactarea	Reducerea volumului spațiului poros și degradarea acestuia. Reducerea permeabilității pentru apă. Dezechilibrarea bilanțului și regimului hidric al solurilor. Reducerea productivității agroecosistemelor	Degradarea structurii. Bătătorirea excesivă a suprafeței solului cu tehnica agricolă grea. Formarea scurgerilor superficiale. Pierderi de apă. Degradarea regimului hidric și bilanțului apei în sol

În opinia noastră, cauza principală a intensificării frecvenței secetelor pe parcursul ultimelor două secole în regiunile de stepă sunt nu schimbările climatice, ci schimbările microclimatice regionale provocate de devegetarea (deștelenirile, despăduririle), decopertarea (eroziunea cu apa și vântul) și degradarea (dehumificarea, dehumusierea, destructurarea, compactarea, salinizarea-solonețizarea ș.a.) a învelișului de sol ca urmare a activității umane. Aceasta conduce la „regionarea” microclimei cu formarea de focare de intensificare a proceselor de degradare și de deșertificare.

Deșertificarea erozională, prin această prismă de idei, este factorul cu cel mai masiv impact asupra bilanțului și regimului apei în solurile dintre Prut și Nistru.

O altă formă de deșertificare este cea litogenă, care se materializează în procesele de pedogeneză pe depozite salifere de vârstă neogenică. Particularitățile procesului de pedogeneză pe atare depozite au fost descrise mai sus.

Unul din criteriile de bază ale acestui tip de deșertificare este alcătuirea granulometrică fină și foarte fin argilooasă, conținutul de argilă fizică >70% și celui de argilă fină >42%. O altă trăsătură specifică este gradul de hidrostabilitate redus al structurii agregatice din orizontul humuso-acumulativ luvic (Am/l). La umezire acestea se desfac și sunt antrenate în eroziunea cu apa. Aceasta conduce la dezgolirea la suprafață a orizontului argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>) cu formarea la suprafață a unor focare de deșertificare locală (practic lipsite de vegetație) și ulterioara extindere a acestuia în spațiu.

O altă formă de deșertificare este cea litogenă, care aparține de arealele de acumulare contemporană a sărurilor. Acestea au o răspândire mai largă în cadrul șesurilor aluviale și aparțin de lunca Prutului de mijloc și inferior și luncile râurilor mici din centrul și sudul Moldovei și, dacă facem abstracție de la erorile comise în anii 60 ai secolului trecut, principala cauză a proceselor contemporane de salinizare este nivelul ridicat al apelor freatice. Conform cercetărilor, cca 75% din suprafața totală a solurilor aluviale se caracterizează cu adâncime a apelor freatice care depășește adâncimea critică a acestora. Din acestea, mai mult de 55% se caracterizează cu trăsături caracteristice deșertificării halogenice: conținut de săruri >0,4-0,6% și trend progresiv-acumulativ al acesteia; prezența crustei de săruri pe suprafața solurilor; crustificarea puternică a suprafeței solurilor pe parcursul perioadei uscate a anului; prezența speciilor de plante halofite chiar și în fazele incipiente ale perioadei de vegetație și sporirea semnificativă a ponderii acestora pe parcursul perioadei de vegetație; bioproductivitatea redusă a biocenozelor de luncă. Alte 37% din solurile aluviale se caracterizează prin procese în faze incipiente de deșertificare.

Un factor important care favorizează salinizarea și deșertificarea halogenă a solurilor din cadrul șesurilor aluviale este conținutul sporit de argilă fizică (<0,01 mm) pe întreaga grosime a profilului solurilor (>50%). Conținutul sporit al argilei fizice contribuie la ascensiunea capilară a apei la suprafața solurilor și la acumularea sărurilor. În acest context, în literatură se atestă o dependență direct proporțională între conținutul de argilă fizică și conținutul de săruri în orizontul de la suprafață.

Pentru actualele condiții bio- și pedoclimatice ale Republicii Moldova se propune să distingem 4 nivele de manifestare a fenomenului de deșertificare:

- nivelul I: deșertificarea este absentă sau slabă (stare relativ corespunzătoare normei ecologice), caracteristic teritoriilor fără modificări semnificative ale productivității eco/agroecosistemelor, stabilitate și durabilitate mare a ecosistemelor. Terenurile din această grupă necesită măsuri preventive de reducere a riscului aridizării-deșertificării și evitării acesteia;
- nivelul II: deșertificare moderată (stare de risc ecologică), caracteristică teritoriilor cu reducere sesizabilă a productivității agroecosistemelor și durabilității ecosistemelor și instabilitate maximală a acestora, care conduc ulterior la degradarea spontană a acestora; modificările în cadrul ecosistemelor sunt ireversibile; sunt necesare măsuri de reducere a presiunilor cu impact degradativ și de restabilire a echilibrelor, durabilității și stabilității agroecosistemelor;
- nivelul III: deșertificare puternică (stare de criză ecologică), include teritoriile cu reducere semnificativă a productivității, durabilității și pierderii totale a stabilității și durabilității eco/agroecosistemelor, dereglări ireversibile a funcționalității acestora și necesită măsuri speciale pentru restabilirea acestora și ameliorării radicale a eco/agroecosistemelor degradate;



- nivelul IV: deșertificare foarte puternică (stare ecologică catastrofală), include teritoriile practic neproductive, degradări ireversibile ale ecosistemelor. În cadrul acestora sunt necesare măsuri adaptiv-landșafto-ameliorative de management sustenabil al proceselor de restabilire ecologică și de reproducere a fertilității solului.

Tabelul 61. Efecte eco- și pedofuncționale induse de elementele de deșertificare natural-antropică a terenurilor

Nr. d/o	Funcții ecologice și ecosistemice afectate	Consecințe. Efecte pedofuncționale
1.	Reproducerea lărgită a fertilității solurilor și productivității ecosistemelor	Reducerea unidirecționată a fertilității solurilor și productivității eco/agroecosistemelor. Perturbarea circuitelor biogeochimice a elementelor biofile și capacității de sechestrare a carbonului în biomasă vegetală și în substanțe humice
2.	Asigurarea securității alimentare	Reducerea productivității eco/agroecosistemelor, cantității și calității produselor alimentare de origine vegetală și animalieră. Compromiterea securității elementare și competitivității produselor alimentare autohtone pe piața internă și pe piețele externe
3.	Intermedierea schimburilor de substanțe și energie între geosferele Pământului	Epuizarea resurselor de apă și degradarea accelerată a acestora. Sporirea emisiilor de gaze cu efect de seră în atmosferă. Poluarea straturilor superioare ale litosferei
4.	Asigurarea succesiunilor vegetale în cadrul biocenozelor	Degradarea biocenozelor: <ul style="list-style-type: none"> <li>- reducerea bioprodusivității biocenozelor și circuitelor biogeochimice a elementelor biofile cu dispariția unor specii cu capacitate mică de adaptare la condițiile induse de degradarea solurilor;</li> <li>- poluarea biocenozelor cu specii parazitare și aprofundarea gradului de dereglare a circuitelor biogeochimice a elementelor biofile;</li> <li>- reducerea gradului de biodiversitate a biocenozelor și a microbiotei solului;</li> <li>- degradarea funcțiilor biogeocenotice</li> </ul>
5.	Asigurarea stabilității climatoferei și reducerea efectelor schimbărilor climatice	Reducerea intensității procesului de fotosinteză și cantității de carbon sechestrat în componența biomasei de origine vegetală. Reducerea intensității procesului de humificare, respectiv de sechestrare și de stabilizare a carbonului și azotului în substanțe humice. Sporirea albedoului, încălzirea excesivă a aerului din stratul inferior al atmosferei aferent suprafeței solurilor
6.	Asigurarea circuitului apei în spații geografice	Reducerea permeabilității pentru apă, capacității de înmagazinare, deplasare și conservării acesteia în sol. Sporirea pierderilor de apă la evaporarea fizică. Seceta pedologică și aridizarea solurilor. Formarea scurgerilor superficiale, intensificarea proceselor erozionale. Pierderi de elemente nutritive cu eroziunea
7.	Asigurarea securității ecologice	Reducerea capacității de autoepurare a solurilor, acumularea produselor nocive provenite din procesele biopedogenetice și evacuarea periodică a acestora. Acumularea poluanților proveniți din activitățile umane și poluarea produselor alimentare de origine vegetală și animalieră
8.	Atenuarea efectelor secetei și altor fenomene climaterice extreme	Sporirea vulnerabilității solurilor la seceta atmosferică și alte fenomene climaterice extreme

### 1.7.5. Degradarea resurselor biologice

Dezvoltând conceptul lui V.I. Vernadschi despre biosferă, V.A. Kovda consideră că solului/învelișului de sol îi revine un rol deosebit, de acumulator terestru universal și distribuitor econom al energiei legată în humus, prin participarea acestuia în procese complicate de transportare și schimb de substanțe și energie (Ковда, 1973). Principala sursă de energie sunt substanțele/resturile organice cu care în sol sunt aportate  $4 \cdot 10^6$  până la  $26 \cdot 10^6$  kkal/ha sau 8,4-42 gJ/ha energie anual (Ковда, 1973).

Cantitățile totale de energie acumulată în soluri sunt formate din rezervele acesteia concentrate în substanțele organice și minerale ale solului, soluția solului, aer și materia vie/organismele care se dezvoltă în sol. Rezervele potențiale concentrate în unele componente, în parte a substanțelor organice, sunt principala sursă de existență a plantelor, animalelor și microorganismelor care viețuiesc în sol. Acestea utilizează energia conținută în materia organizată în procesul activității vitale, în urma căreia se formează noi surse de materie organică, astfel asigurându-se funcționarea continuă lărgit reprodusă a solurilor/învelișului de sol în calitatea lor de suport de bază a eco/agroecosistemelor și veriga centrală a biosferei (înveliș de sol), aceasta materializându-se în funcțiile ecologice ale humusului:

1. Integratoare – integrarea materiei biotice cu cea abiotică cu formarea materiei biorutinare, care constituie ecosistemul solului.
2. Sechestratională – în humus, de rând cu carbonul, sunt concentrate cca 90-99% din cantitatea totală de azot, mai mult de 50% din fosfor și sulf. Totodată, în humus sunt concentrate cantități semnificative de calciu, magneziu, fier și, practic, a cantităților totale de microelemente necesare microbiotei solului. Procesul de sechestrare a azotului în componența humusului este unicul care reduce la zero riscul levigării acestuia cu curențele descendente de apă în apele freactice (Gh. Jigău, 2017). Conform lui V. Grati (1973), cu curențele descendente de apă nitrat-ionul poate fi levigat până la adâncimea de 10 m. Prin mineralizarea biochimică a humusului, elementele de nutriție enumerate mai sus sunt lent furnizate în soluția solului în formă accesibilă pentru plante și biota solului.
3. Hidrofizică – funcția de bază a humusului presupune agregarea-structurarea masei solului cu formarea structurii agregatice, responsabilă de constituirea și calitatea însușirilor hidrice ale solurilor și asigurarea tuturor proceselor de funcționare a ecosistemului solului cu resursele de apă în cantitățile solicitate.
4. Migrațională – substanțele humice cu cationii și mineralele argiloase formează compuși cu grad diferit de solubilitate – de la, practic, insolubile până la ușor solubile (preponderent acizii fulvici). Ultimele migrează cu curențele descendente de apă din orizontul humuso-acumulativ în orizontul de tranziție, astfel contribuind la intensificarea proceselor biologice și biochimice în acestea și dezvoltarea progresivă a pedogenezei în orizontul de tranziție (B).
5. Protectoare – humusul reduce impactul negativ al factorilor extremi asupra biotei solului și învelișului vegetal. Solurile bogate în humus (>4%) dispun de stabilitate antierozională, de capacitate de tamponare și de autoepurare sporită.
6. Reglatoare – humusul este responsabil de starea tuturor însușirilor solurilor.
7. Fiziologică – acizii humici și sărurile lor stimulează germinarea semințelor, intensifică respirația plantelor, reduc impactul diferitor boli și patogeni.

În același timp, rezervele de energie concentrate în resursele bioenergetice se consumă la procesele de alterare fizică și chimică, producerea anuală de biomasă, evaporarea sumară, procese de migrare a coloizilor organo-minerali, minerali și sărurilor, schimburi în sistemul sol-atmosferă, reproducerea fertilității solurilor.

Gradul de accesibilitate a energiei conținute în substanțele organice este în funcție de stabilitatea compușilor organo-minerali formați și cantitatea de energie necesară pentru descompunerea acestora. În acest context, energia este concentrată în substanțele organice nehumificate care sunt utilizate în primul rând. Energia concentrată în substanțele humice labile și biomasa microbială se caracterizează cu grad moderat de accesibilitate, dar poate fi încadrată în circuit pe măsura necesităților. Mai stabilă și greu accesibilă este energia acumulată în humusul inert. Prin această prismă de idei, energia concentrată în substanțele humice labile și biomasa micro-

biană reprezintă capacitatea potențială a substanțelor humice în calitate de sursă de energie; substanțele organice nehumificate reprezintă cantitatea de energie ușor accesibilă.

Substanțele humice labile dispun de un grad avansat de transformare și de îmbogățire cu azot, sunt sursa potențială „apropiată” de energie concentrată în substanțele humice și de elemente de nutriție pentru plante, microorganisme și, descompunându-se, reduc riscul destrucției humusului inert. Pe de altă parte, acestea activ reacționează la impactele din exterior și sunt mai predispușe la gestionare și restabilire.

Materia organică nehumificată în relațiile cu substanțele humice îndeplinesc două funcții de bază:

- 1) fiind sursă de substanțe nutritive și energie pentru organismele din sol, acestea contribuie la reducerea intensității proceselor de descompunere și de mineralizare a humusului;
- 2) formarea humusului, deoarece sunt încadrate în procesele de humificare. Resursele de materie organică nehumificată reprezintă o componentă a sistemului de substanțe organice ușor gestionabilă. O condiție obligatorie în realizarea acestei funcții este asigurarea unui flux anual în sol a materiei organice proaspete, în care să se asigure raportul optimal  $C:N=32\pm 4$ .

Reducerea fluxului de substanță și energie cu materia organică proaspătă și intensificarea proceselor de mineralizare a acestora în regim agricol conduc la reducerea rezervelor de humus, modificarea raportului dintre substanțele humice inerte și cele stabile, între substanțele humice și materia organică nehumificată, între substanțele humice labile și materia organică nehumificată, care determină stabilitatea sistemului de substanțe organice a solurilor și riscul degradării acestuia.

Procesele specificate s-au intensificat semnificativ în faza actuală de evoluție a cernoziomurilor în regim natural-antropic, care în timp s-a suprapus cu o fază de intensificare a schimbărilor climatice și care a implicat o serie de modificări în evoluția solurilor.

Aceasta, la rândul său, a condus la reducerea rolului factorului biologic și sporirea rolului factorilor climatic și geomorfologic în evoluția cernoziomurilor. Ca urmare, s-a redus semnificativ rolul prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în funcționarea și evoluția cernoziomurilor și fertilității naturale a acestora. Astfel, după o perioadă scurtă de sporire a recoltelor după încadrarea cernoziomurilor în circuitul agricol, asigurată de mineralizarea accelerată a detritului humifer, s-a instaurat o tendință stabilă de reducere a fertilității naturale, legată de degradarea bioenergetică a solurilor.

Principalele cauze ale degradării bioenergetice și reducerii rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului sunt:

- perturbarea, degradarea antropică a cadrului pedofuncțional (regimuri pedofuncționale) responsabil de realizarea procesului de formare și de acumulare a humusului;
- calitatea energetică scăzută și puțin variată a surselor de humus;
- deficitul de azot biologic necesar pentru realizarea procesului de formare a humusului;
- intensitatea accelerată a proceselor de descompunere a resturilor organice în absența detritului humifer cu formarea unui humus „antropizat”, mai puțin polimerizat și condensat, respectiv, mai puțin stabil;
- starea „stresată” a biotei solului ca urmare a dinamicii „haotice” a cantității, componenței și termenilor de depozitare a resturilor organice;
- reducerea considerabilă a biomasei microbiotice în calitate de sursă de humus activ regenerabilă în sol de la 28-30 t/ha la 1-2 t/ha;
- necoincidența în spațiu (pe profilul solului) a zonei de depunere a resturilor organice și celei cu condiții optime de realizare a proceselor de formare și de acumulare a humusului, ca urmare a modificării intensive a stratului arabil;
- conținutul scăzut și extrem de scăzut de detrit humifer;
- intensificarea proceselor de mineralizare a substanțelor humice, ca urmare a lucrării solurilor și sporirii gradului de aeratie a stratului arabil;
- extinderea în spațiu a proceselor de eroziune cu apa și vântul.

Tabelul 62. Etape de evoluție a degradării bioenergetice a cernoziomurilor din spațiul Pridanubian

Etapa	Specificații	Metode de combatere (soluții tehnologice)
Agropedoturbatoională	Reducerea cantității și componenței surselor de humus intrate în sol	Practicarea asolamentelor adaptiv-landșafto-ameliorative. Practicarea „ogorului verde”, „ogorului ocupat”, culturilor intermediare. Managementul rotațional al resturilor organice
Biofizică	Sporirea gradului de aerație a solurilor ca urmare a lucrării acestora. Evaporarea fizică intensivă a apei din sol. Regim aerohidric, preponderent oxidant	Reducerea numărului de lucrări. Mulcirea suprafeței solului. Conservarea apei în sol prin metode agrotehnice (tăvălugirea, mulci de sol)
Biologică și biochimică	Degradarea biotei solului; reducerea activității biologice a solurilor, dar și proceselor de humificare și de polimerizare a substanțelor humice	Restabilirea biotei solului și renaturarea proceselor biologice și biochimice în sol prin utilizarea preparatelor biologice și a preparatelor biohumice. Optimizarea regimurilor hidrotermic și aerohidric
Chimică, fizico-chimică și biochimică	Sporirea gradului de mobilitate a substanțelor humice sub acțiunea fertilizanților minerali; reducerea conținutului de acizi huminici care formează compuși cu calciul	Diversificarea componenței resturilor organice încadrate în pedogeneză; sporirea ponderii resturilor vegetale de boboase în componența surselor de humus. Utilizarea preparatelor biologice și biohumice. Administrarea amendamentilor cu Ca (deșeuri din industria zahărului și termoenergetică; biocompozite îmbogățite cu calciu)

În cadrul unei atare ambiante bioenergetice are loc perturbarea bilanțului bioenergetic al ecosistemului cernoziomurilor cu o ulterioară reducere a stabilității acestora și sporirea vulnerabilității la schimbările climatice și diverse forme de degradare (Tab. 62).

Principalul factor care cauzează degradarea bioenergetică este utilizarea necorespunzătoare a resurselor de sol, bazată doar pe „testarea” diverselor sisteme de lucrare doar din considerente economice și administrarea necontrolată a fertilizanților minerali și a resturilor vegetale. În modul în care acestea se aplică, au doar impact negativ asupra sistemului de substanțe organice. La acestea se adaugă și rotațiile scurte ale culturilor. În acest sens, sistemele agricole practicate se răsfrâng asupra conținuturilor de substanțe humice labile (SHL), acizi huminici labili (AHL) și materie organică nehumificată (MON).

În funcție de influența elementelor sistemelor agricole asupra sistemului de substanțe organice, acestea pot fi distribuite în următoarea consecutivitate: asolamente > fertilizanți > lucrările solurilor.

În cernoziomurile arabile, în comparație cu cele nelucrate, conținutul de materie organică nehumificată se reduce de 2,8-3,6 ori. Conținutul total de humus se reduce cu 25-35%, iar conținutul de substanțe humice labile cu 55-75%, în funcție de gradul de erodare și condițiile de relief.

Se modifică raportul dintre componentele sistemului de substanțe organice: sporește conținutul, relativ, al substanțelor humice inerte și se reduce ponderea celor labile, iar în componența acestora se reduce ponderea substanțelor organice nehumificate. În același timp, în cadrul agroecosistemelor funcționarea sistemului de substanțe organice al solurilor are caracter „pulsant”, pe parcursul rotației exprimat în alternarea conținuturilor componentelor acestuia, raportului dintre acestea determinate de alternarea cantităților de substanțe și energie intrate și ieșite din sol pe parcursul rotației. În cadrul acesteia s-a stabilit că reducerea și sporirea sau reducerea conținutului de materie organică nehumificată conduce în mod inevitabil la modificări cantitative și calitative în sistemul de substanțe organice.

Degradarea bioenergetică afectează funcționarea întregului ecosistem al solurilor cu efectuarea tuturor funcțiilor agroecologice și cauzează degradarea unidirecționată a solurilor.

### 1.7.5.1. Degradarea biocenozelor

Degradarea biocenozelor presupune perturbarea tuturor echilibrelor și lanțurilor trofice, care s-au constituit în cadrul acestora la scara geologică a timpului și poate fi naturală și antropogenă.

Degradarea naturală a biocenozelor este cauzată de ciclicitatea sau modificarea unidirecționată a condițiilor de mediu, în special a condițiilor climatice și se materializează în succesiunea, în timp, a componentei biocenozelor în conformitate cu evoluția condițiilor de mediu.

Degradarea antropogenă a biocenozelor – proces de modificare a componentelor naturale sub acțiunea activității de producere sau a altor activități umane.

Transformarea ecosistemelor este determinată de totalitatea proceselor ecologice și biogeochemice, induse de activitatea umană (deplasare de materii, extrageri ale acestora, amenajări agricole, hidrotehnice, concentrare sau redistribuire a substanțelor minerale și organice) și conduce la modificarea componentelor naturale, dereglarea metabolismelor, funcționării și structurii inițiale a ecosistemelor, inclusiv până la trecerea acestora din rândul celor biogene în a celor abiogene.

În fazele timpurii de transformare autotrofă în mediu lipsit de materie organică, viteza de formare a producției primare sau fotosinteza generală depășește viteza de respirație a asociației vegetale. În condițiile când transformarea decurge în mediu bogat în materie organică, în care se dezvoltă organisme heterotrofe, succesiunile se numesc heterotrofe. În același timp, în ambele cazuri, pe măsura dezvoltării ecosistemelor, se atestă o tendință de echilibrare a energiei conservate în materia organică și celei consumate la producerea biomasei.

Fluxurile de substanțe și energie din exterior, perturbările antropogene pot stopa, schimba, modifica în sens invers procesele de transformare a ecosistemelor. Procesele degradative în acest caz sunt contrapuse restabilirii biocenozelor. Dacă impactul factorilor externi este mai puternic decât impactul proceselor interne, biocenoza nu mai este în stare să se stabilizeze și, acumulând substanțe și energie de origine antro-po-tehnogene, își modifică trendul ritmurilor transformaționale.

Transformarea ecosistemelor presupune modificarea în timp și spațiu a biotipului, componentelor biotice, proceselor și funcțiilor biogeocenotice. Dacă modificările sunt cauzate, preponderent, de interacțiuni interne, are loc așa numita „transformare endogenă” – restabilirea. În cazul, însă, când modificările sunt induse de impactul sistematic din exterior, are loc transformarea exogenă – degradarea. Impactul factorilor antropogeni cauzează, preponderent, modificări în sens degrațional, prin urmare, pe măsura intensificării acțiunilor din exterior, însușirile biotopului/solului degradează de la norma zonală la instaurarea unor parametri extremali (azonali). În cazul eco/agroecosistemelor de stepă, actualmente se conturează două trenduri:

- a) zonal – cu restabilirea simplă a pedogenezei cernoziomice (stare relativ reversibilă);
- b) azonală (stare ireversibilă) materializată în pierderea capacității de reproducere a proceselor tipogenetice cernoziomice.

În funcție de raportul dintre fluxurile naturale și cele artificiale de substanțe și energie, în aceste condiții se conturează 4 tipuri de ecosisteme:

1. Naturale – raportul dintre fluxurile naturale și cele artificiale alcătuiește 3:1.
2. Seminaturale – raportul alcătuiește 2:1.
3. Semiartificiale – raportul alcătuiește 1:1.
4. Artificiale – raportul alcătuiește 1:2.

Tabelul 63. Clasificarea biocenozelor/ecosistemelor (Heber, 1990)

1	2
Biocenoze/bioecosisteme: se caracterizează prin dominanța componentelor naturale și a proceselor biologice	
1. Biocenoze naturale	Fără influențare umană directă (capabile de autoreglare)
2. Biocenoze aproape naturale (seminaturale)	Influențate de om, dar similare cu cele naturale (se schimbă puțin dacă se sistează influența umană). Sunt capabile de autoreglare
3. Biocenoze seminaturale (semiartificiale)	Rezultă din folosirea de către om a tipurilor 1 și 2 fără să fie create intenționat. Se schimbă semnificativ dacă influența omului încetează. Capacitate limitată de autoreglare. Managementul uman este necesar
4. Ecosisteme antropogene (biotice) (artificiale)	Create cu anumite scopuri de către om. Dependente în totalitate de managementul și controlul uman

Ecosistemele seminaturale, semiartificiale și artificiale alcătuiesc grupa ecosistemelor antropogene, care se deosebesc de cele naturale prin mai multe trăsături (Tab. 64).

Tab. 64. Compararea ecosistemelor naturale și antropogene (Miller, 1993) (adaptare Gh. Jigău)

Ecosistem natural	Ecosistem antropogen
Primește, transformă, stochează energia solară	Primește, transformă, stochează energia solară. Consumă energie din combustibili fosili și nucleari
Produce oxigen și consumă dioxid de carbon	Produce oxigen și consumă dioxid de carbon. Consumă oxigen și produce dioxid de carbon prin arderea combustibililor fosili
Susține reproducerea lărgită a fertilității solurilor, tipului de pedogeneză și funcțiilor ecologice și biocenotice	Degradează și epuizează solurile fertile. Degradarea sau modificarea tuturor funcțiilor ecologice. Asigură funcții agroecologice
Acumulează, purifică și consumă rațional rezervele de apă din sol	Reduce cantitatea de apă acumulată în sol. Consumă intensiv apa la evaporare fizică. Poluează apa cu produse ale bio- și pedogenezei, dar și cu produse provenite din activitatea umană
Asigură habitate pentru organismele care viețuiesc în sol	Distruge habitatele organismelor care viețuiesc în sol. Reduce activitatea biologică a solului. Degradează biodiversitatea
Filtrează și dezinfectează contaminanții și deșeurile	Produce poluanți și deșeurile. Reduce calitatea produselor vegetale
Dispune de capacitatea de autogestionare, autoreproducere, autoconservare, autoepurare	Necesită cheltuieli ridicate, gestionare, decontaminare, reproducere, conservare, restabilire ecologică, bioremediere

Tab. 65. Caracteristici comparative ale ecosistemelor naturale și agroecosistemelor

1	2
Sisteme complexe cu un număr semnificativ de specii de animale și plante, dominante de populații din mai multe specii. Se caracterizează printr-un echilibru dinamic stabil realizat prin autoreglare	Sisteme simplificate dominate de populațiile unei plante sunt stabile și se caracterizează prin inconsistența structurii lor și biomasei produsă
Produsele primare sunt utilizate de animale și participă la ciclul substanțelor. „Consumul” apare aproape simultan cu „producția”	Recolta este recoltată pentru a satisface necesitățile umane și pentru a hrăni animalele. Materia vie se acumulează o perioadă de timp fără a fi consumată. Cea mai mare productivitate se dezvoltă doar pentru o perioadă scurtă de timp
Productivitatea este determinată de caracteristicile adaptate ale organismelor implicate în circulația substanțelor	Productivitatea este determinată de nivelul activității economice și depinde de capacitățile economice și tehnice

Rezumând cele prezentate, conchidem că transformarea biocenozelor în agrobiocenoze conduce la degradarea funcțiilor biocenotice ale acestora, astfel detașându-le semnificativ de biocenozele naturale prin:

1. În agroecosisteme diversitatea speciilor este redusă brusc;
2. Speciile de plante și animale cultivate de oameni „evoluează” datorită selecției artificiale și sunt necompetitive în lupta împotriva speciilor sălbatice fără sprijin uman;
3. Agroecosistemele primesc energie sublimentară, subvenționată de oameni, pe lângă energia umană;

4. Produsele nete (culturile) sunt îndepărtate din ecosistem și nu intră în lanțul trofic al biocenozelor, ci sunt parțial folosite de dăunători, pierderi în timpul recoltării, care pot pătrunde și în lanțurile alimentare naturale. Ele sunt suprimate de om în orice mod posibil;
5. Ecosistemele de câmpuri, livezi, pășuni, grădini de legume și alte agroceenoze sunt sisteme simplificate întreținute de oameni în primele etape ale succesiunii și sunt la fel de instabile și incapabile de autoreglare, ca și comunitățile naturale de pioneri și, prin urmare, nu pot exista fără sprijinul uman (Tab. 66).

Tab. 66. Deosebiri structurale și funcționale dintre biocenozele naturale și ecosistemele agricole

Caracteristica	Biocenoze naturale	Biocenoze agricole
Productivitate netă	Medie	Ridicată
Cantitate de resturi vegetale încadrată în pedogeneză	Mare	Redusă
Resturi vegetale radiculare	Mare	Redusă
Perioadă de acoperire a suprafeței solului cu vegetație	Permanent	Scurtă (4-5 luni)
Lanțuri trofice	Complexe	Simple, liniare
Volum al circuitului biologic	Mare	Mediu
Diversitate a speciilor	Ridicată	Redusă
Diversitate genetică	Ridicată	Redusă
Cicluri ale materiei	Închise	Deschise
Stabilitate	Ridicată	Slabă
Entropie	Slabă	Ridicată
Control antropic	Nu este necesar	Obligatoriu
Permanență în timp	Îndelungată	Limitată
Stadiul în succesiunea ecologică	Ecosisteme mature	La mature, în fazele inițiale
Fenologie	Diferențiată	Sincronizată
Capacitate de reproducere	Mare	Mică

#### 1.7.5.2. Degradarea componenței și biodiversității biotei solului

Conceptul de „biodiversitate”, definit pentru prima dată în cadrul Summit-ului Pământului UNCED din 1992 de la Rio de Janeiro, semnifică diversitatea vieții pe pământ și implică patru nivele de abordare: diversitatea ecosistemelor, diversitatea speciilor, diversitatea genetică și diversitatea etnoculturală.

Biodiversitatea caracterizează toate formele de viață, sub toate aspectele ei, de la varietatea speciilor, respectiv varietatea genetică din cadrul aceleiași specii, la diversitatea ecosistemelor. Menținerea diversității biologice este necesară nu numai pentru asigurarea vieții în prezent, dar și pentru generațiile viitoare, deoarece ea păstrează echilibrul ecologic, regional și global, garantează regenerarea resurselor biologice și menținerea calității mediului.

Valoarea biosferică/ecosistemică a biodiversității este esențială pentru serviciile ecosistemice – serviciile pe care le furnizează natura – cum sunt polenizarea, reglarea climei, componenței atmosferei și hidrosferei, protecția împotriva cataclismelor naturale, fertilitatea solului și producerea de alimente, combustibili, fibre, medicamente etc.

În cadrul sistemelor naturale și seminaturale există conexiuni intra- și interspecifice, prin care se realizează schimburile materiale, energetice și informaționale care asigură productivitatea, adaptabilitatea și reziliența acestora. Aceste interconexiuni sunt extrem de complexe, fiind greu de estimat importanța fiecărei specii în funcționarea acestor sisteme și care pot fi consecințele diminuării efectivelor acestora sau a dispariției, pentru asigurarea supraviețuirii pe termen lung a sistemelor ecologice, principalul furnizor al resurselor de care depinde dezvoltarea și bunăstarea umană.

Valoarea economică a biodiversității este dată de utilizarea directă a componentelor sale, respectiv, resursele naturale neregenerabile (resursele de sol, combustibilii fosili, resursele minerale ș.a.) și resursele naturale regenerabile (speciile de plante și animale). Biodiversitatea contribuie în mod direct (prin serviciile ecosistemice de aprovizionare, reglare și culturale) și indirect

(prin susținerea serviciilor ecosistemice) ca bază materială pentru o viață mai bună, la bunăstarea oamenilor, securitatea alimentară, sănătatea populației, relații sociale mai bune etc.

### 1.7.6. Degradarea resurselor de apă

Amplasarea geografică a teritoriului Republicii Moldova în spațiul de tranziție de la Carpați la bazinul Mării Negre a determinat specificul resurselor de apă ale acesteia, reprezentate printr-o rețea hidrografică foarte densă – bazine și lacuri de acumulare. În plus, teritoriul Republicii Moldova reprezintă un bazin acvifer subteran de tranziție a torentului geochimic între Carpați și Marea Neagră.

Rețeaua hidrografică include peste 3600 de râuri, râulețe și pâraie permanente sau temporare cu o lungime de peste 16000 m km, 90% dintre care au o lungime mai mică de 10 km și numai 9 depășesc lungimea de 100 km.

Cele mai importante artere acvatice ale R. Moldova sunt râurile mari Nistru (652 km), Prut (695 km) și Răut (286 km), cu un volum total de apă mediu multianual de curgere de cca 13,6 km<sup>3</sup> pe an și suprafața bazinelor de 19070 km<sup>2</sup> și 7990 km<sup>2</sup>. Cele mai mari lacuri naturale sunt situate pe cursul râului Prut (Beleu – 9,5 km<sup>2</sup>, Dracele – 2,65 km<sup>2</sup>, Rotunda – 2,08 km<sup>2</sup>, Fontan – 1,16 km<sup>2</sup>), fluviului Nistru (Bâc – 3,72 km<sup>2</sup>, Poș – 1,86 km<sup>2</sup>). Cele mai mari bazine artificiale: Costești-Stânca pe râul Prut (59,0 km<sup>2</sup>), Dubăsari pe râul Nistru (67,5 km<sup>2</sup>) și Ghidighici pe râul Bâc (6,8 km<sup>2</sup>). Acestea asigură aprovizionarea cu apă potabilă și tehnică, pentru irigație, navigație și în alte scopuri. Suprafața totală a lacurilor naturale și bazinelor artificiale alcătuiește 39943,4 ha. Resursele de apă subterane sunt utilizate din 4899 fântâni arteziene și 176412 fântâni cu alimentare din apele freatice.

Aparent, Republica Moldova dispune de rezervele de apă necesare pentru satisfacerea tuturor necesităților. În realitate, însă, resursele de apă disponibile per un locuitor/an alcătuiesc în medie 500 m<sup>3</sup>, iar în unele zone ale republicii sub 300 m<sup>3</sup>.

Tabelul 67. Factori care cauzează degradarea resurselor de apă

Deșelenirile, defrișările, suprapășunatul	Degradarea resurselor de sol: reducerea gradului de coeziune, reducerea permeabilității pentru apă, formarea scurgerilor superficiale, intensificarea eroziunii, colmatarea obiectelor acvatice, poluarea obiectelor acvatice cu deșeuri din silvicultură și agricultură (resturi organice). Poluarea cu patogeni, produse provenite din descompunerea resturilor organice
Activitatea agricolă	Degradarea fizică a solurilor, reducerea cantității de apă înmagazinată în sol; formarea scurgerilor superficiale, torenților, cursurilor temporare de apă. Intensificarea eroziunii de suprafață și ravenării: flux mare de material erodat, inclusiv fertilizanți, produse de uz fitosanitar în obiectele acvatice. Poluare punctiformă din surse agricole provocată de: - dejecții animaliere semilichide și lichide; - gunoi de grajd sub formă solidă; - ape uzate neepurate sau insuficient epurate necolectate; - scurgeri din depozite de îngrășăminte minerale și organice. Poluare difuză provocată de: - pierderi de nutrienți și pătrunderea lor în corpuri de ape superficiale sau subterane cu diminuarea potabilității apei și eutrofizarea corpurilor de apă
Activitatea industrială și solcial-economică	Deversarea apelor uzate și menajere fără epurare. Stocarea neautorizată a deșeurilor, preponderent, în spații unde se formează torenți și cursuri de apă. Scurgeri de ape meteorice din localități, de pe teritoriile ocupate de gunoiști, stații de alimentare cu combustibili, suprafețe neamenajate ale diferitor întreprinderi în funcționare sau staționare. Devărsările neorganizate ale apelor uzate din sectorul casnic, ele fiind evacuate în haznale neimpermeabile și în cursuri de ape naturale. Infiltrații de ape poluate de pe câmpurile de filtrare, bazine de acumulare a apelor uzate. Acumulări de ape în cotlovane, cariere, cu ulterioara infiltrație în apele subterane. Erodarea haldelor de moluză, rocă sterilă etc.



Tabelul 68. Riscuri pentru resursele acvatice ale Republicii Moldova determinate de schimbările climatice

Factori de impact	Efecte asupra resurselor de apă	Efecte ambientale și social-economice
Temperaturi ridicate, valuri de căldură	Schimbări în regimul hidrologic. Reducerea debitului râurilor mici. Secarea râulețelor mici și firelor de apă. Resurse deficitare de apă	Impact negativ asupra nivelului și rezervelor de apă subterană, inclusiv de apă freatică. Sporirea gradului de mineralizare a resurselor de apă și gradului de poluare a acestora. Reducerea resurselor de apă disponibile și accesibile în scopuri social-economice. Riscuri pentru sănătate în regiunile cu deficit de resurse disponibile de apă
Schimbarea regimului precipitațiilor atmosferice	Scăderea nivelului apelor freatice. Uscarea izvoarelor și surselor de apă alimentate din apele freatice. Secarea pâraielor și firelor de apă. Deficit sporit de apă. Afectarea regimului hidrologic al bazinelor de acumulare, secarea heleșteielor	Aridizarea teritoriilor cu grad avansat de dezmembrare și drenare erozională. Regim de umiditate deficitar al solurilor. Desecarea zonelor umede. Degradarea calității apei. Conflicte între utilizatorii de apă
Fenomene extreme: ploi torențiale, inundații	Sporirea fluxurilor de substanțe solide în obiectele acvatice și volume mai mari de sedimente. Colmatarea râulețelor și pâraielor, bazinelor acvatice și heleșteielor. Sporirea conținuturilor de poluanți chimici, inclusiv substanțe nutritive în obiectele acvatice, precum și de patogeni și toxine. Deficit de oxigen, procese de reducere	Intensificarea proceselor de eroziune cu apa. Intensificarea fenomenului de ravenare. Băltirea apelor pe terenurile agricole, formarea pânzei de apă capilar așezată, supraumezirea (mociarizarea). Poluarea în masă a surselor de apă disponibile. Distrușgerea semănăturilor. Cheltuieli sporite pentru acțiuni de urgență și remediere

Datorită temperaturilor foarte înalte și reducerii cantității de precipitații în ultimii 15 ani, debitele de apă (m<sup>3</sup>/s) au alcătuit: pentru râurile Nistru și Prut cca 75% din norma multianuală și până la 45% din valorile medii multianuale; pentru râul Răut – cca 35% din norma multianuală. Pentru râurile mici din centrul și sudul țării debitele au variat între 30-80% din valorile medii multianuale.

### 1.7.7. Eroziunea eoliană

Eroziunea eoliană – procesul de îndepărtare progresivă a fragmentelor de sol și roci prin acțiunea vântului cu impact nefavorabil asupra componentelor de mediu.

Vântul este un agent major de modelare, iar eroziunea eoliană pe care acesta o produce este un proces morfoscultural, căruia îi aparține morfoscultura majoră. Deși, factorul eolian pare un agent cu capacitate redusă de sculptare a scoarței terestre, totuși, în realitate acesta poate produce uneori modificări substanțiale ale formelor de relief.

Eroziunea eoliană este un proces caracteristic și este provocată de curenții turbulenți de aer a căror viteză depășește 4 m/s. Procesul se declanșează în momentul în care forțele aerodinamice depășesc forțele de rezistență reprezentate prin coeziune și frecare, iar la desfășurarea lui pot fi distinse următoarele fenomene: deflația, coraziunea și sedimentarea eoliană.

Eroziunea eoliană este influențată de factori naturali și social-economici. Dintre factorii naturali o influență deosebită are vântul prin viteză, frecvență și durată. Pe măsură ce viteza vântului crește, se declanșează spulberarea materialului terros, influențând totodată distanța și înălțimea la care este ridicat și deplasat (Tab. 69).

Tabelul 69. Dependența dintre dimensiunile materialului terros deflat și viteza vântului (Ковда, 1985)

Diametrul mediu al particulelor, mm	Viteza vântului, m/s	Diametrul mediu al particulelor, mm	Viteza vântului, m/s
0,03	0,25	0,60	7,40
0,12	1,50	1,04	11,40
0,32	4,00	-	-

Tabelul 70. Distanța de deplasare a fragmentelor cu vânturi moderat-puternice (Ковда, 1985)

Particule	Diametrul fragmentelor, mm	Distanța de deplasare
Prundiș	1-8	Câțiva metri
Nisip grosier și mediu	1-0,25	1,5-2 km
Nisip foarte fin	0,06-0,125	Câțiva kilometri
Aleurit grosier	0,03-0,06	320 km
Aleurit mediu	0,015-0,3	1630 km
Aleurit fin și argilă	<0,015	În jurul Pământului

Dintre factorii social-economici eroziunea eoliană este favorizată de defrișarea pădurilor, de deștelenirea pajiștilor, pășunatul abuziv, cultivarea an de an a culturilor prășitoare.

În Republica Moldova vânturile dominante suflă cu viteza mai mare de 4 m/s și frecvențe mari în primăvară (martie-aprilie) și în toamnă (septembrie-noiembrie), adică, atunci când solurile sunt lipsite de vegetație. În ultimii 50-30 ani au sporit vânturile de iarnă în perioade când solul nu este acoperit cu zăpadă.

În contextul celor expuse, eroziunea eoliană este unica forță de sculptare a terenurilor plane sau foarte puțin fragmentate, lipsite de vegetație și expuse la vânt puternic. În acest sens, s-a stabilit că în lipsa unui covor vegetal legat, fenomenul capătă un aspect accentuat, scoțând din circuitul agricol suprafețe importante.

Eroziunea eoliană mai este favorizată de:

- intervențiile omului asupra învelișului vegetal natural (defrișări, deșteleniri);
- lucrările solurilor cu alcătuire granulometrică mijlocie grosieră (luto-nisipoasă și nisipo-lutoase);
- lucrările frecvente neadaptate care conduc la mărunțirea structurii;
- lucrările de arătură a terenurilor distruse prin eroziunea cu apă;
- seceta care este însoțită de sporirea frecvenței și vitezei vântului;
- dezvoltarea slabă și suprimarea vegetației, inclusiv celei de culturi în condiții de secetă și reducerea gradului de protecție a solurilor.

Deflația este împărțită în trei categorii:

- 1) fluaș de suprafață, unde particulele mai mari și mai grele alunecă sau se rostogolesc de-a lungul solului;
- 2) sărare, unde particulele sunt ridicate la o înălțime scurtă în aer;
- 3) suspensie, unde particulele foarte mici și ușoare sunt ridicate în aer de vânt și sunt adesea transportate pe distanțe mari.

Sărarea este responsabilă de majoritatea eroziunilor eoliene (50-70%), urmată de suspensie (30-40%) și apoi fluaș de suprafață (5-25%).

Acțiunea vântului se manifestă prin desprinderea, transportul și depunerea particulelor solide de la suprafața terenului. Acest proces se manifestă cu o intensitate mai mare în perioadele cu deficit de umiditate pe terenurile lipsite de vegetație pe solurile cu alcătuire granulometrică mijlocie (lutoasă) cu pondere mare (55-70%) a nisipului fizic (0,01 mm) și conținutul de humus <3%. Atare soluri se caracterizează printr-o structură agregatică puțin stabilă, care se desface

ușor sub acțiunea presiunilor exercitate de mașinile agricole, lucrările de arat și de afânare cu grapa cu discuri. În plus, solurile lutoase se caracterizează cu hidrostabilitate foarte redusă (conținut de agregate hidrostabile  $>0,25$  mm sub 30%). La umezire, agregatele  $>0,25$  mm (mai frecvent 3-0,25 mm) se desfac cu formarea agregatelor 1-0,25 și  $<0,25$  mm. Atât impactul antropic, cât și al apei reduc, semnificativ, gradul de coeziune al stratului arabil și sporesc predispunerea acestuia la acțiunea de deflare a vântului. Aceasta se produce prin ridicarea în aer, la înălțimi diferite, a particulelor de praf  $<0,1$  mm și celor de nisip 0,1-0,5 mm nelegate de restul solului, iar a celor cu diametrul 0,5-3,0 mm, în salturi și prin plutirea în atmosferă sub formă de nori de praf.

Eroziunea exercitată de vânt asupra rocilor și a solului prin lovirea cu particulele transportate provoacă coraziunea. În urma transportului și depunerii materialului terros transportat rezultă un microrelief reprezentat de mușuroaie de nisip, valuri, movile.

O comparație între eroziunea eoliană și cea produsă de apă scoate în evidență următoarele particularități ale eroziunii eoliene:

1. eroziunea eoliană este dezvoltată pe terenuri întinse, relativ plane și nu este influențată de gravitație, pe când eroziunea produsă de apă se poate produce doar pe terenurile în pantă (viteza de curgere a apei este guvernată de particularitățile geomorfologice);
2. materialele transportate de apă se deplasează în direcția pantei, ajungând în emisari (locurile în care se varsă curențele de apă);
3. eroziunea eoliană este favorizată de vremea secetoasă, iar cea produsă de apă se produce în perioadele cu ploi foarte abundente, torențiale;
4. eroziunea eoliană se produce doar la suprafața terenului, pe când cea produsă de apă se poate dezvolta atât la suprafață, cât și în adâncimea terenului (șiroaie, rigole, ogașe, rave-ne, torenți, râpe);
5. ambele forme de eroziune – aceleași trei etape importante (desprinderea particulelor de teren, transportul și depunerea acestora) produc pagube atât la locul de desprindere, cât și la cel de depunere.

Efectul de eroziune eoliană se autoîntreține prin următoarele procese:

- vegetația este distrusă prin acoperirea frunzelor cu praf și prin accentuarea evaporației apei din sol;
- terenurile neprotejate de vegetație iarna, primăvara și toamna sunt puternic supuse eroziunii eoliene;
- plantele slăbite sunt dezrădăcinate de vânturile puternice;
- solurile argiloase lucrate prin arătură tind să fie cele mai afectate de eroziunea eoliană ca urmare a prăfuirii criogene a stratului arabil pe parcursul perioadei reci a anului.

Ca manifestare, eroziunea eoliană este mai greu de observat pe teren, totuși în timpul producerii (furtunile de praf) afectează, semnificativ, fertilitatea terenurilor de pe care se produce desprinderea, dar și a celor pe care se depun particulele de praf. În plus, sunt acoperite terenuri cu alte utilități. Solurile supuse eroziunii eoliene au volum edafic mic, capacitate de reținere a apei redusă, sunt puternic vulnerabile la secetă, suferă puternic de pe urma secetei și au fertilitate redusă.

În urma semănăturilor de primăvară, spulberarea fragmentelor  $<1$  mm poate duce la descoperirea semințelor și transportul lor odată cu materialul terros, sau dacă a avut loc răsărirea, plantulele pot fi dezrădăcinate și strămutate în altă parte.

Particulele terroase, îndeosebi la viteze mari ale vântului, lovesc părțile aeriene ale plantelor tinere, le rănesc și datorită traumatizării plantele se usucă și pier. Alte ori, în special primăvara, materialul terros antrenat se depune peste culturile abia răsărite, pe care le acoperă fie parțial, fie total și acestea dispar.

Odată cu materialul terros, din stratul arabil sunt suflați fertilizanții și produsele de uz fitosanitar. Deplasarea și depunerea acestora conduc la acumularea, în spațiile de depunere, a unor cantități mai mari a acestora cu provocarea poluării chimice.

Particulele de sol ridicate în timpul eroziunii eoliene a solului sunt o sursă majoră de poluare a aerului sub formă de particule aeropurtate – „praf”. Aceste particule de sol în aer sunt adesea contaminate cu substanțe chimice toxice, cum ar fi pesticide sau combustibili petrolieri, care prezintă pericole ecologice și pentru sănătatea publică atunci când aterizează ulterior sau sunt inhalate/ingerate.

## II. OBIECTIVELE NEUTRALIZĂRII DEGRADĂRII TERENURILOR ÎN CADRUL CONVENȚIEI ONU DE COMBATERE A DEȘERTIFICĂRII

---

Convenția Organizației Națiunilor Unite pentru combaterea deșertificării (UNCCD) este un acord internațional, care stabilește un cadru global pentru combaterea deșertificării. Acesta a fost adoptat în 1994 în urma Summit-ului Pământului de la Rio de Janeiro din 1992 și abordează degradarea terenurilor și deșertificarea, oferind o platformă pentru adaptare, atenuare și reziliență în acest domeniu.

În 2015 ONU a adoptat Agenda 2030 pentru dezvoltarea durabilă, inclusiv un angajament de a atinge toate obiectivele de dezvoltare durabilă, care urmărește „protejarea, refacerea și promovarea utilizării durabile a ecosistemelor terestre, gestionarea durabilă a pădurilor, combaterea declinului biodiversității”. Acest angajament include un obiectiv privind combaterea deșertificării, reabilitarea terenurilor și a solurilor degradate, inclusiv a terenurilor afectate de deșertificare, de secetă și de inundații, și depunerea de eforturi pentru instaurarea unei lumi caracterizate de neutralitate sub aspectul degradării terenurilor până în 2030.

Noțiunea conexă „neutralitatea din punctul de vedere al degradării terenurilor” este definită de UNCCD ca „o stare în care cantitatea și calitatea resurselor funciare necesare pentru a sprijini funcțiile și serviciile ecosistemului, precum și pentru a spori securitatea alimentară, rămân stabile sau cresc în cadrul anumitor ecosisteme la scări temporale și spațiale”.

În convenția ONU deșertificarea este examinată ca o formă de degradare a terenurilor cu efecte semnificative asupra utilizării acestora: infertilitatea solului, reducerea bioproductivității agroecosistemelor, scăderea rezilienței naturale a terenurilor, degradarea rezervelor de apă și calității acestora.

Previziunile referitoare la evoluția resurselor de sol arată că riscul de degradare este în creștere, acesta fiind amplificat de actualul trend al condițiilor climatice la nivel global și regional.

În acest context, cercetările mai recente au arătat că degradarea-deșertificarea solurilor a devenit o amenințare din ce în ce mai mare, care impune acțiuni suplimentare. Perioada lungă de temperaturi ridicate și de precipitații reduse din ultimii 30 de ani a scos pe prim plan importanța stridentă a acestei probleme. Situația s-a agravat, îndeosebi, după secetele teribile după 1990 (1992, 1994, 2009, 2011, 2012, 2015, 2020). Scenariile privind schimbările climatice arată o creștere a vulnerabilității la degradarea-aridizarea-deșertificarea resurselor de sol în decursul actualului secol, cu creșteri ale temperaturilor și ale perioadelor de secetă și cu mai puține precipitații în sudul și sud-estul Europei. Mai mult ca atât, acestea vor fi extrem de acute în spațiul Carpato-Danubiano-Pontic din care face parte și Republica Moldova.

Programul de stabilire a obiectivelor în domeniul neutralității din punctul de vedere al degradării terenurilor (NDT) al UNCCD este voluntar. Prin urmare, fiecare stat este în drept să stabilească planuri de acțiuni naționale pentru a atinge obiectivul privind neutralitatea din punctul de vedere al degradării terenurilor până în 2030. În acest scop, statele pot solicita sprijin din partea Comisiei Europene și/sau prin programul UNCCD de stabilire a NDT.

Republica Moldova s-a alăturat inițiativei mondiale a Convenției Națiunilor Unite de combatere a deșertificării privind Neutralizarea Degradării Terenurilor (NDT) în 2016, cu obiectivul de a sprijini procesul național de stabilire a obiectivelor NDT, menit să prioritizeze intervențiile eficiente de politică pentru stoparea degradării terenurilor și restabilirea terenurilor degradate.

Realizarea acestui obiectiv presupune: „Îmbunătățirea conservării terenurilor/solurilor și restaurarea ecologică a terenurilor degradate și a zonelor de protecție a terenurilor agricole până la 100%, astfel încât să fie atinsă către 2030 o pierdere netă „0” de terenuri/soluri productive și pentru a îmbunătăți capacitatea de adaptare, rezistență și serviciile de biodiversitate a ecosistemelor agricole.

Fără a lua în calcul conținutul declarativ al acestui obiectiv, menționăm că în Republica Moldova încă nu există o viziune clară cu privire la modul în care se va atinge obiectivul privind neutralitatea din punctul de vedere a degradării terenurilor până în 2030. Pornind de la aceasta, în cele ce urmează ne vom referi la principiile de bază cu privire la realizarea acestui obiectiv.

## 2.1. PRINCIPIILE, OBIECTIVELE ȘI BENEFICIILE RESTABILIRII ECOLOGICE A TERENURILOR LA SCARA UNEI EXPLOATAȚII AGRICOLE

Realizarea obiectivului NDT presupune abordarea sistemică a procesului de gestionare a resurselor de sol pornind de la exploatațiile agricole în parte.

Neutralizarea Degradării Terenurilor trebuie să devină componentă indispensabilă a procesului complex de planificare a gospodăririi terenurilor. La baza planificării procesului complex de gospodărire a terenurilor urmează a fi luată evaluarea aspectelor pozitive și negative a diverselor modele de practici agricole utilizate.

În context aplicativ acest principiu presupune măsuri coordonate în cadrul unor planuri cu durată scurtă, medie și lungă, ierarhizate prin măsuri orientate pe prevenirea proceselor degradative și restabilirea ecologică a terenurilor degradate (Fig. 28).

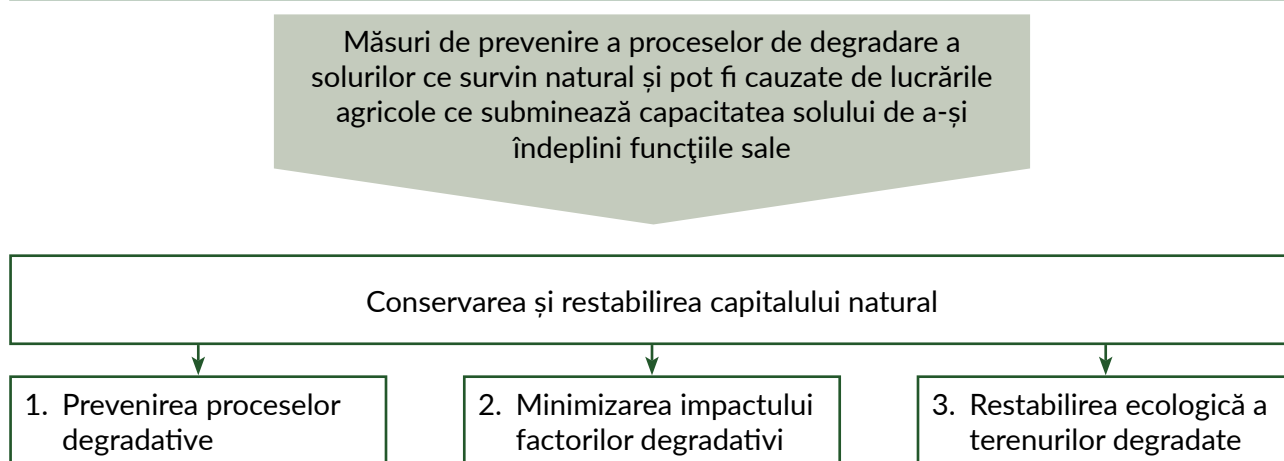


Fig. 28. Ierarhia măsurilor de asigurare a neutralității degradării terenurilor

Prin natura lor, procesele degradative sunt inerente practicilor agricole, chiar și în cadrul celor mai performante practici agricole și sunt cauzate de perturbarea echilibrelor și lanțurilor trofice constituite pe parcursul mileniilor. În același timp, în solurile arabile se intensifică o serie de procese naturale inerente procesului de pedogeneză: (eroziunea cu apa și vântul, dehumificarea ș.a.) care asigură continuitatea procesului de pedogeneză în cadrul biosferei/ecosistemelor, dar și reproducerea unidirecționată a respectivului tip de pedogeneză. Prin această prismă de idei, măsurile preventive presupun activități de ordin organizatoric, agrotehnic, fitotehnic, fitoameliorativ, hidrotehnic, bioremediativ ș.a., în cazul în care, ca rezultat al folosirii terenurilor, pot apărea atât degradarea cât și alte impedimente în realizarea funcțiilor naturale (ambientale, ecologice, biogeocenotice), agroecologice, social-economice și naturale.

Minimizarea impactului factorilor degradativi asupra solurilor presupune normarea și reducerea presiunilor exercitate din exterior asupra solurilor, în scopul optimizării însușirilor acestora în conformitate cu necesitățile culturilor agricole, stimularea și managementul factorilor interni responsabili de optimizarea, echilibrarea și conservarea funcțiilor agrobiogeocenotice ale solurilor, accentele fiind plasate pe mobilizarea potențialului biogeocenotic intern al solurilor arabile.

Minimizarea impactului factorilor externi presupune evaluarea, normarea și managementul componentei din exterior a producției agricole: masa mașinilor agricole și presiunile exercitate asupra solurilor, numărul și tipul lucrărilor solului, metodele de fertilizare, natura și cantitățile de fertilizanți cu luarea în calcul a acțiunilor pe care acestea le exercită asupra fazelor solului, metodele de combatere a buruienilor, patogenilor și dăunătorilor.

În condițiile reducerii impactului din exterior, contribuie cu efect negativ la sporirea ponderii proceselor naturale de restabilire și optimizare a factorilor de creștere și dezvoltare a plantelor.

Tabelul 71. Stări ecologice admisibile pentru resursele de sol

Stare	Obiecte naturale	Terenuri agricole
Chimică	Valori corespunzătoare fonului natural	Limita concentrației admisibile
Fizică		Capacitatea de autorestabilire și autoreproducere a ecosistemelor solului (reducerea potențialului biologic sub 30%)
Biologică		

Esența ierarhiei măsurilor prezentată mai sus poate fi exprimată într-o singură frază: „mai lejer este de a evita decât a trata”. În acest sens, este bine cunoscut că neadmiterea degradării resurselor de sol asigură rentabilitate mai mare, atât ambientală, cât și economică. Adevărul este că activitățile de restabilire a terenurilor degradate contribuie la reanimarea mai multor funcții ecologice și economice. Totuși, în majoritatea cazurilor restabilirea deplină a tuturor serviciilor ecosistemice până la nivel corespunzător condițiilor zonale de mediu este imposibilă. Mai mult ca atât, activitățile de restabilire implică cheltuieli mult mai mari decât cele de prevenire și de evitare. Acestea sunt principalele argumente în favoarea promovării și aplicării, în primul rând, a măsurilor de prevenire și de minimizare a proceselor de degradare a resurselor de sol.

În același timp, însă, în republică se atestă peste 1 mln ha de terenuri cu grad avansat de degradare. Acestea sunt prezente în toate exploatațile agricole, indiferent de dimensiunile acestora și implică mai multe dificultăți și impedimente în utilizarea eficientă a terenurilor agricole.

În atare cazuri, măsurile de prevenire și de minimizare a proceselor de degradare nu mai au rost. În schimb, stoparea antrenării în lucru a acestor terenuri este imposibilă, or aceasta ar presupune excluderea din circuitul arabil a mai mult de 50% din suprafața arabilă. În același timp, în condițiile unei stabilități relative a ambianței pedologice (la scara pedologică a timpului) terenurile degradate dispun de potențial sporit de restabilire. Totodată, sunt bine cunoscute o serie de metode și procedee biologizate de restabilire eficientă și economic îndreptățite de valorificare-restabilire a terenurilor degradate. Mai mult ca atât, restabilirea resurselor de sol degradate nu numai că asigură beneficii producătorilor agricoli, dar mai și întrerupe procesele de transformare a terenurilor în blendenduri (terenuri neproductive) și deșertificării unidirecționate a spațiilor.

În cele ce urmează prezentăm măsurile de prevenire și de minimizare a celor mai răspândite procese de degradare a solurilor în Republica Moldova (Jigău ș.a., 2007a; Jigău ș.a., 2007b; Jigău, 2008).

#### Măsurile de prevenire și diminuare a degradării solului

În scopul evitării și minimalizării diverselor forme de degradare a solului: eroziune cu apă și/sau eoliană, reducere a rezervelor de humus și elemente biofile, compactare și destructurare, supraamezire, salinizare și solonțizare ș.a. utilizatorii vor întreprinde, după caz, următoarele măsuri (pentru evitarea degradării fizice a solurilor):

1. efectuarea concomitentă a mai multor lucrări (operații) în cadrul activităților de pregătire a solului și de întreținere a culturilor la o singură trecere pentru minimalizarea numărului de treceri a mașinilor agricole;
2. tocarea și încorporarea în sol, prin discuire și arat, a miriștirii și oricăror altor resturi vegetale; **Atenție:** la fiecare 1 tonă de resturi vegetale se vor administra în mod obligatoriu 10 kg/ha azot ș.a.;
3. includerea în asolament sau în rotația culturilor a ierburilor perene (amelioratoare);
4. utilizarea mașinilor agricole cu pneuri cu presiune joasă și cu roți late pentru micșorarea acțiunii de comprimare a solului;
5. reducerea, în asolamente, a ponderii culturilor care provoacă degradarea fizică a solurilor (culturi prășitoare și tehnice);
6. reducerea, până la 20% a culturilor tehnice, iar a rapiței până la 5% în componența asolamentelor și efectuarea sistematică a lucrărilor de redresare a stării fizice a solurilor în cadrul terenurilor ocupate de acestea;
7. practicarea culturilor intermediare și culturilor succesive în scopul acoperirii permanente a solurilor cu vegetație și în calitate de sursă de materie organică proaspătă în sol;

8. practicarea sistemelor No-Till și Strip-Till în scopul minimalizării acțiunilor directe asupra solului;
9. schimbarea, în fiecare an, a adâncimii de lucrare în corelare cu necesitățile culturilor cultivate; efectuarea periodică a afânărilor adânci;
10. executarea tuturor lucrărilor solului și practicarea traficului pe teren numai în perioadele optime de lucrare;
11. practicarea unui asolament de culturi variate, cu rotații de lungă durată (5-7 culturi), care include și culturi amelioratoare;
12. respectarea valorilor maxime admisibile de presiuni la suprafața solului, în funcție de tipul solului, componența granulometrică a acestuia în perioada de lucrare a solului (Tab. 72).

Tab. 72. Valorile maxime admisibile ale presiunii la suprafața solului în funcție de tipul de sol, componența granulometrică și perioada de lucrare

Solurile	Alcătuirea granulometrică	Lunile anului. Valorile maxim admisibile (kPa)							
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Cernoziomuri tipice moderat și slab humifere, levigate, carbonatice	Lutoasă și luto-argiloasă	<80	80-100	120-150	180	180	180	120-140	120
Soluri cenușii tipice și molice	Lutoasă și luto-argiloasă	<80	80	80-100	120-140	140-180	180	120	100

## 2.2. PRINCIPIILE, OBIECTIVELE ȘI BENEFICIILE RESTABILIRII ECOLOGICE A TERENURILOR LA SCARĂ DE LANDȘAFT/AGROLANDȘAFT

Obiectivul Neutralizării Degradării Terenurilor asigură cadrul conceptual-normativ al managementului sustenabil al solurilor. Adaptarea principiilor acestuia la condițiile spațiului nostru presupune nu doar stoparea/evitarea unor procese degradative în parte, dar și un complex de măsuri capabile să reducă până la minimum impactul factorilor care cauzează degradarea agrolandșaturilor și mai contribuie la sporirea stabilității și echilibrului solurilor în relațiile cu factorii de mediu.

Obiectivul major al managementului sustenabil al cernoziomurilor presupune asigurarea unui cadru funcțional, care să asigure optimizarea circuitelor biogeochimice, lanțurilor trofice și echilibrului tuturor agrolandșaturilor, materializat în reproducerea lărgită a intensității și sensului proceselor tipogenetice și a funcțiilor ecosistemice a solurilor (Fig. 29).

Acestui imperativ îi corespund agrobiotehnologiile adaptiv-landșafto-ameliorative, care presupun conformarea agrobiotehnologiilor practicate, la condițiile agroecologice ale agrolandșaftului, în scopul reducerii până la minim a impactului factorilor și proceselor degradative, optimizării factorilor de fertilitate, sporirii stabilității agrolandșaturilor, reproducerii lărgite a fertilității naturale a solurilor și bioproductivității agroecosistemelor.

Conținutul agrobiotehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative presupune:

1. Amplasarea culturilor agricole în conformitate cu condițiile agroecologice, capacitatea de adaptare a culturilor și potențialul adaptiv al landșaftului;
2. Adaptarea tuturor componentelor agroecosistemului la condițiile agroecologice ale agrolandșaturilor;
3. Organizarea teritoriului ținându-se cont de relațiile dintre componentele landșaftului și procesele de schimb de substanțe între acestea;
4. Asigurarea stabilității agrolandșaftului prin ecologizarea proceselor tehnologice, crearea unei infrastructuri optimă de utilizare a terenurilor, prevenirea proceselor de degradare;
5. Efectuarea lucrărilor de optimizare a agrolandșaturilor în conformitate cu imperativele ecologice;
6. Managementul procesului de producție prin înlăturarea eșalonată a factorilor limitativi (Tab. 73).

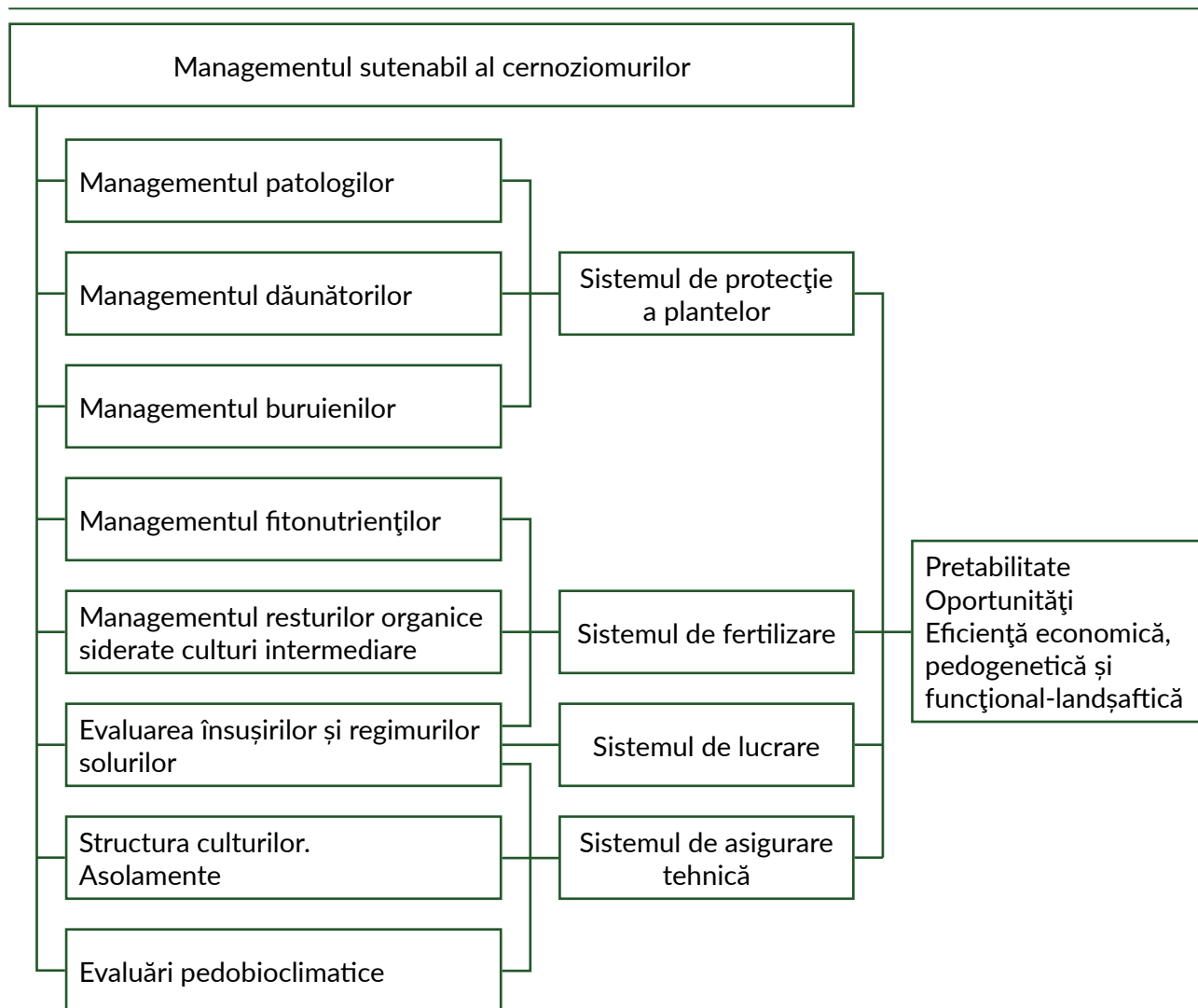


Fig. 29. Componentele managementului sustenabil al cernoziomurilor

Tabloul 73. Etapele de implementare ale modelului regional de agricultură sustenabilă

Nr d/o	Etapa	Conținut
1	De tranziție (de remediere)	Sistem de lucrări adaptat la regimurile și însușirile stratului agrogen. Sporirea resurselor bioenergetice în sol. Biologizarea și optimizarea însușirilor fizice ale stratului agrogen. Îmbinarea eficientă a procedurilor (respectiv proceselor) agrotehnice și celor biologice.
2	De restabilire a proceselor elementare pedogenetice și landșaftice zonale	Minimalizarea lucrărilor. Sisteme de lucrare adaptate la condițiile de landșaft. Asolamente diferențiate în conformitate cu necesitățile adaptiv-ameliorative ale landșaftului. Practicarea ogorului cu siderale, culturilor intermediare și intercalate adaptate la necesitățile landșaftului. Favorizarea proceselor biologice în sol. Fertilizarea minerală moderată corespunzătoare capacității de valorificare a solului.
3	De reproducere lărgită a proceselor tipogenetice și funcțional-landșaftice	Sistem de agricultură sustenabilă adaptat la condițiile de landșaft. Asolamente adaptate la condițiile de landșaft. Structură a culturilor cu eficiență economică și pedofuncțională înaltă. Includerea ierburilor multianuale în rotație. Plasarea accentelor pe resursele biologice ale landșaftului și sustenabilizarea acestora. Promovarea metodelor biologice de protecție a plantelor.



Adaptarea landșaftică a agrobiotehnologiilor sustenabile implică trei premise prioritare:

1. Tipizarea agroecologică a agrolandșafturilor și identificarea condițiilor de implementare diferențiată a agrobiotehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative (Fig. 30, 31, 32).
2. Implementarea planurilor de măsuri adapționale și evaluarea sistematică a eficienței acestora.
3. Inventarierea periodică a condițiilor de landșaft și corectarea agrobiotehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative aplicate.

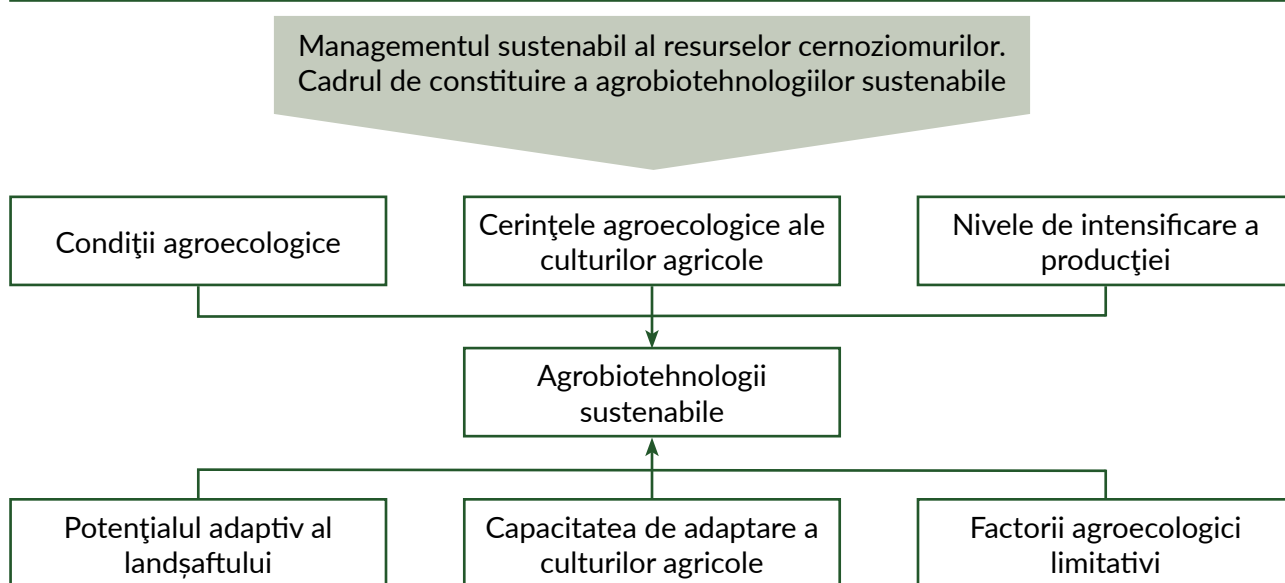


Fig. 30. Cadrul metodologic de constituire a agrobiotehnologiilor sustenabile

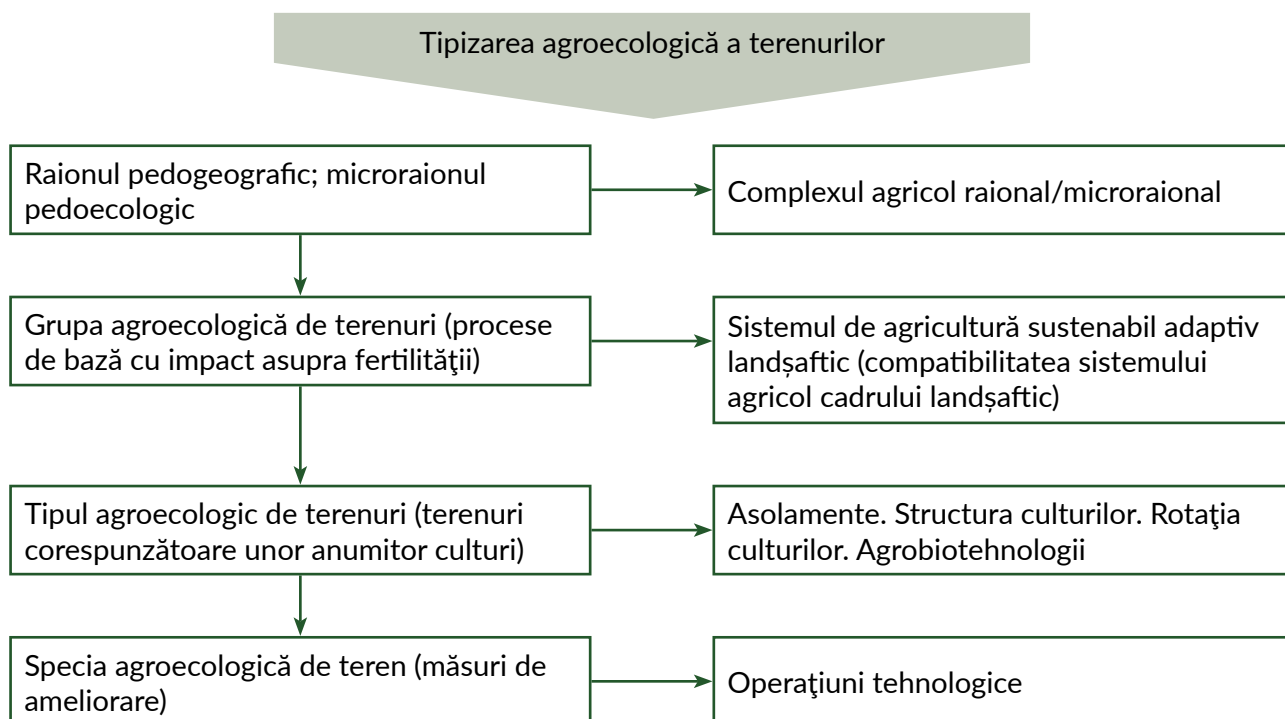


Fig. 31. Schema tipizării agroecologice a agrolandșafturilor

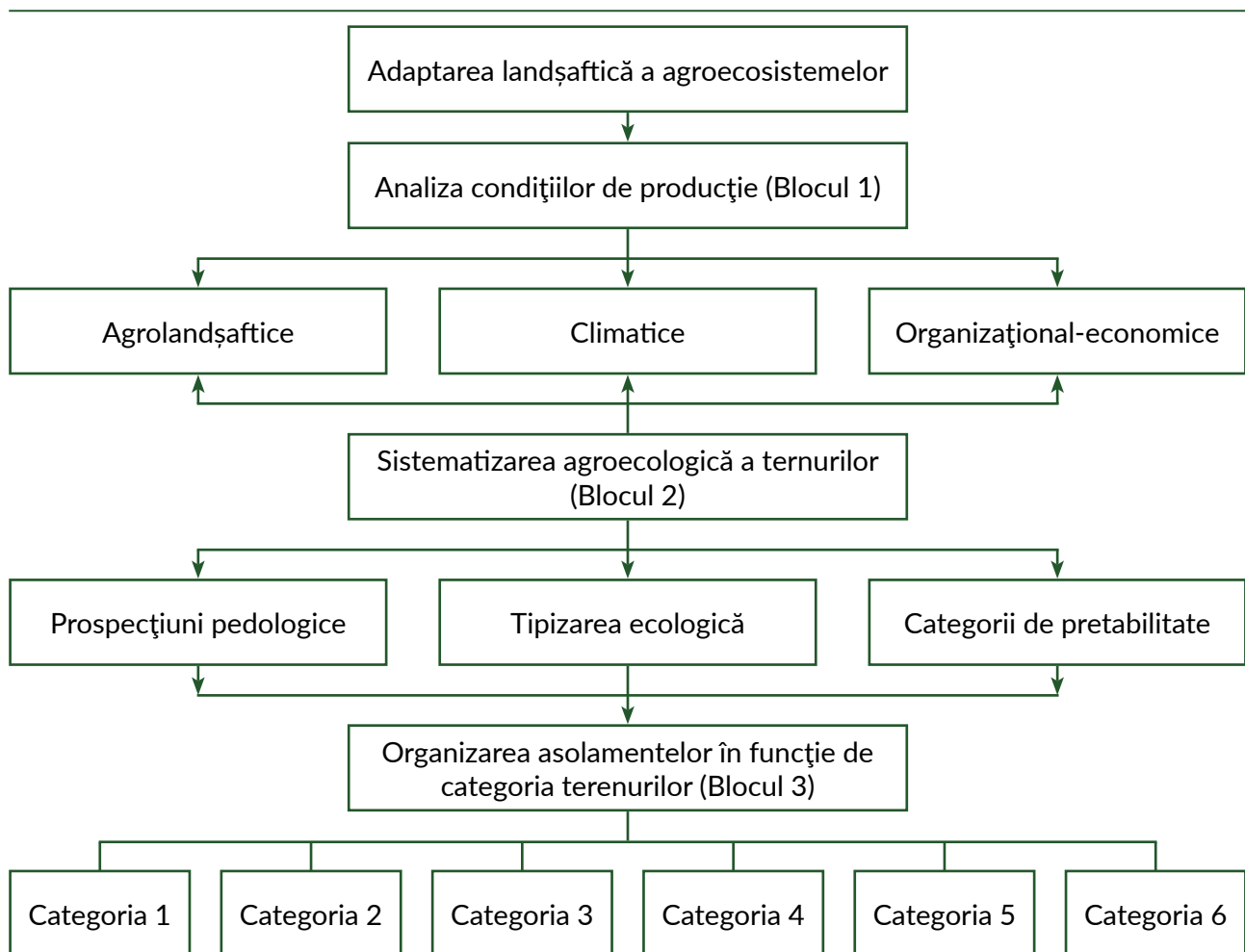


Fig. 32. Cadrul metodologic de adaptare landșaftică a agroecosistemelor

Crearea sistemelor adaptiv-landșafto-ameliorative presupune, în mod obligatoriu, biologizarea agroecosistemelor în scopul intensificării proceselor biochimice și reproducerii lărgite a fertilității solurilor.

Componentele prioritare în cadrul agrobiotehnologiilor sustenabile adaptiv-landșafto-ameliorative sunt:

- utilizarea cu maximum de eficiență a potențialului adaptiv al landșaftului și capacității de adaptare a culturilor agricole;
- asigurarea unui cadru biofizic-funcțional optimal pentru desfășurarea proceselor biochimice în soluri;
- reducerea până la minimum a presingurilor energetice din exterior. Plasarea accentelor pe intensificarea proceselor biochimice și utilizarea unor sisteme cu efect nociv minimal;
- plasarea accentelor pe restabilirea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în pedogeneza cernoziomică antro-po-naturală și reproducerea lărgită a sistemului de substanțe organice în sol corespunzător condițiilor bioclimatice ale raionului pedogeografic/microraiionului ecologic și condițiilor de landșaft.

### III. PRACTICI DE REABILITARE, PROTECȚIE ȘI CONSERVARE ECOLOGICĂ A TERENURILOR AGRICOLE, ECOSISTEMELOR ȘI CURSURILOR DE APĂ

---

#### 3.1. PRACTICI AGRO-, FITO- ȘI BIOREMEDIATIVE DE REABILITARE A TERENURILOR ERODATE ȘI AFECTATE DE LUCRĂRI

Restabilirea, reabilitarea ecologică a terenurilor erodate și reproducerea lărgită a tipului cernoziomic de pedogeneză și fertilității naturale a acestora este un obiectiv dual care presupune două componente sincronizate:

- a) prevenirea proceselor de eroziune și reducerea intensității acestora prin sporirea stabilității antierozionale a solurilor;
- b) restabilirea și renaturarea proceselor tipogenetice cernoziomice și reproducerea lărgită a fertilității naturale a solurilor erodate.

Procesul de reabilitare ecologică și pedogenetică a solurilor erodate este un proces de durată, care necesită abordare sistemică și diferențiată pentru fiecare teren în parte. În cadrul acesteia urmează să se țină cont de faptul că în condițiile proprietății private asupra terenurilor principiul excluderii terenurilor erodate din circuitul agricol temporar sau pentru totdeauna în scopul reabilitării ecologice și reproducerii fertilității solurilor este irealizabil. Prin urmare, sunt necesare măsuri complexe de gestionare a terenurilor în cadrul unor tehnologii adaptiv-landșafto-ameliorative orientate pe reabilitarea ecologică a solurilor în condiții de producție. Obiectivul prioritar în cadrul unor atare tehnologii presupune restabilirea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului materializat în renaturarea proceselor de agregare-structurare a masei solului și sporirea stabilității antierozionale a solurilor.

Măsurile de ameliorare, reproducere lărgită, optimizare și protecție a structurii în cernoziomurile erodate presupun sporirea rezervelor de materie organică în sol, reducerea presiunilor mecanice asupra solurilor, restabilirea și sustenabilizarea biodiversității solurilor și activității lor biologice.

##### *Sporirea rezervelor de materie organică în sol*

Metodele tradiționale cunoscute din timpurile străvechi bazate pe încorporarea gunoiului de grajd și composturilor în cadrul actualelor condiții social-economice nu mai sunt reale, dar, practic, nici nu se mai îndreptățesc economic (deplasarea gunoiului de grajd și a composturilor este rentabilă la 3-5 km de la locul stocării). Din punct de vedere bioremediativ însă, acestea asigură dezvoltarea accelerată a biotei solului și diversității biologice a acesteia. Anume sporirea semnificativă a activității biotei solului conduce la ameliorarea factorilor de fertilitate, în special a regimului de nutriție și îndeosebi a structurii agregatice (afirmațiile privind aplicarea gunoiului de grajd, chiar și în cantități de 40-60 t/ha, în condițiile când masa stratului 0-30 cm alcătuiește cca 3 mii t/ha, sunt eronate, îndeosebi dacă ținem cont de conținutul de macroelemente de nutriție – 4,1 kg N organic, 0,8 kg N mineral, 1,4 kg P, 5,5 kg K și 17 kg C organic).

În opinia noastră, adaosurile la recolte înregistrate în condiții de administrare a gunoiului de grajd sunt favorizate de ameliorarea regimurilor aerohidric și hidrotermic ca urmare a ameliorării structurii solului. Conform datelor din literatură, în al doilea an după administrarea gunoiului de grajd conținutul de agregate >10 mm se reduce comparativ cu controlul cu 12,7-14,3%, conținutul de agregate 10-1 mm sporește cu 13,9-16,6%, a celor 1-0,25 mm sporește cu 5,4-7,1%, iar a celor <0,25 mm se reduce cu 1,8-2,4%. Conținutul de agregate hidrostabile >1 mm sporește comparativ cu controlul cu 6,1-8,6%, a celor 1-0,25 mm sporește cu 9,6%, iar a celor <0,25 mm se reduce cu 21,4%.

Pornind de la cele menționate considerăm că ameliorarea stării structural-agregatice a solurilor poate fi asigurată cu cantități mai mici de gunoi de grajd administrate concomitent cu substanțe organice proaspete de origine vegetală (miriște, paie ș.a.).

Modelul descris a fost practicat în perioada 2007-2013 în condiții de producție în SRL „Mavil-Agro” (loc. Rujnița, r-nul Ocnița) pe terenuri cu cernoziomuri levigate și tipice moderat humifere, slab și moderat erodate și se recomandă pentru exploatațiile agricole mixte.

Monitorizarea factorilor de fertilitate a arătat că mai semnificativ la practicarea acestui model reacționează însușirile agrofizice ale solurilor și în măsură mai mică conținutul de humus (Tab. 74).

Tabelul 74. Evoluția conținutului de humus și structurii agregatice a cernoziomurilor erodate în condiții de sustenabilizare a rezervelor de materie organică în sol (la sfârșitul perioadei de vegetație)

Solurile	Termeni de recoltare a probelor	Strat, cm	Factori de fertilitate					
			Conținut de humus	Densitate aparentă, g/cm <sup>3</sup>	Porozitate totală, %	Conținut de agregate, %		
						>10 mm	10-0,25 mm	<0,25 mm
Complexe de cernoziomuri levigate neerodate și erodate	IX.2007	0-30	2,69	1,41	49,0	38,4	58,5	3,1
		30-60	1,63	1,46	46,8	33,6	64,0	2,4
	IX.2010	0-30	2,77	1,34	51,3	21,7	74,9	3,4
		30-60	1,66	1,40	50,6	30,5	65,8	2,7
	IX.2013	0-30	2,80	1,27	53,9	18,9	78,0	3,1
		30-60	7,74	1,34	50,7	24,1	73,6	2,3
Complexe de cernoziomuri tipice moderat humifere neerodate și erodate	IX.2007	0-30	3,04	1,39	50,7	30,8	65,0	4,2
		30-60	1,97	1,41	50,6	36,1	61,2	2,7
	IX.2010	0-30	3,10	1,31	53,0	24,0	72,2	3,8
		30-60	2,02	1,36	51,0	33,7	63,6	2,7
	IX.2013	0-30	3,18	1,24	55,1	11,5	84,5	4,0
		30-60	2,05	1,30	53,1	19,1	78,6	2,3

Reducerea conținutului de agregate >10 mm contribuie la sporirea gradului de coeziune a solului și gradului de stabilitate antierozională.

Conținutul de agregate hidrostabile suferă schimbări nesemnificative, dat fiind că intensitatea procesului de formare și de acumulare a humusului mai rămâne redusă. Aceasta încă odată confirmă că în fazele incipiente de sustenabilizare a circuitului substanțelor organice în solurile erodate, procesul de structurare a acestora în stratul pedogenetic activ este determinat de factorul biologic.

Un alt procedeu de îmbogățire a solurilor cu materie organică, cunoscut încă din antichitate, este transferul terenurilor din categoria celor arabile în pârloagă. În acest sens, cercetările desfășurate în Republica Moldova au arătat că întreținerea terenurilor în stare de pârloagă mai mult de 15 ani contribuie semnificativ la ameliorarea regimului substanțelor humice în solurile erodate și stării structural-agregatice a acestora. Totodată, cercetările noastre în cadrul terenurilor aferente laboratorului de agrobiologie al USM începând cu anul 2009 au arătat că efectul structurării este în funcție de succesiunea în timp a formațiunii vegetale. În funcție de condițiile geomorfologice și hidrologice în spațiul studiat s-au conturat două forme de succesiuni:

- 1) pe versanți (pas terasic) cu nivelul apelor freatice sub 5 m succesiunea presupune: specii ruderales → chirău cu rădăcina subțire → graminee;
- 2) pe terase (nivelul apelor freatice între 3-5 m): specii ruderales → chirău cu rădăcina groasă → asociații de ierburi mezofite → asociații de ierburi higrofitice.

Masa sporită a rădăcinilor, activitatea intensivă a microorganismelor, rezervele în sporire de materie organică contribuie formării agregatelor hidrostabile.

În același timp, însă, este cert că trecerea terenurilor în pârloagă conduce în timp la hidromorfizarea lor și poluarea biologică. În plus, acest procedeu presupune excluderea lor din circuitul agricol pe 15-20 ani, lucru care în actualele condiții social-economice este imposibil. Totuși, în condiții de exploatații agricole mixte, pe terenurile erodate, efectele ecologice și ameliorative se

sizabile sunt asigurate de fânețele cu rotații de 3-4 ani a ierburilor boboase multianuale (lucerna, trifoiul, raigrasul).

Ierburile boboase multianuale au importanță agrotehnică mare: epuizează solurile în măsură mai mică decât alte culturi; substanțele proteice conținute în biomasa acestora sunt reprezentate prin fracțiuni ușor solubile, mai ușor se mineralizează cu mobilizarea substanțelor nutritive pentru culturile predecesoare; pentru producerea biomasei vegetale cca 60-80% din azotul necesar provine din fixarea azotului molecular din atmosferă; alte 20-40% sunt asimilate din sol.

Până la 40% din biomasa radiculară și aeriană produsă rămâne în sol. Cca 25% din azotul conținut în acestea se utilizează de cultura imediat predecesoare, iar alte 15% de ulterioarele 2-3 culturi. Alte 60-75% din resturile vegetale se transformă în substanțe humice și asigură ameliorarea factorilor fizici de fertilitate (compactitate, porozitate totală și diferențială, alcătuire agregatică, însușiri hidrofizice) și celor agrochimici (cu resturile vegetale de trifoi în sol sunt încorporate 70-250 kg/ha de azot, iar cu cele de lucernă 150-780 kg/ha de azot în funcție de condițiile de creștere și dezvoltare a boboaselor).

Cultura trifoiului după trei ani de vegetație acumulează în resturile vegetale cantități de azot la nivelul celor după doi ani de vegetație. Pornind de la aceasta, frecvent se consideră că anume cultivarea trifoiului mai mult de doi ani nu se îndreptățește.

Cultura lucernei începând cu anul al 4-lea de vegetație conduce la uscarea excesivă a solului. Ca urmare, cultivarea acesteia mai mult de 3 ani nu este indicată.

În același timp însă, cercetările noastre au arătat că atât cultivarea acestora în parte, cât și în amestecuri contribuie la intensificarea activității biotei solului și la formarea de produse metabolice active, care asigură agregarea-structurarea masei solului într-o perioadă scurtă de timp (2-4 ani) cu formarea de agregate structurale agronomic prețioase (Tab. 75).

*Tab. 75. Evoluția conținutului de agregate structurale hidrostabile în condiții de cultivare a ierburilor multianuale boboase (SRL „Mavil-Agro”, r-nul Ocnița) (strat 0-30 cm)*

Folosință	Anul	Diametrul agregatelor, mm		
		Conținut de agregate hidrostabile, %		
		>1	1-0,25	<0,25
Floarea-soarelui	2009	14,8	39,1	46,1
Trifoi, anul 2 de vegetație		39,1	33,2	27,3
Lucernă, anul 2 de vegetație		41,6	32,8	25,6
Lucernă + trifoi anul 2 de vegetație		44,7	33,6	21,7
Porumb	2010	14,2	37,2	48,5
Trifoi, anul 3 de vegetație		42,5	30,5	27,0
Lucernă, anul 3 de vegetație		46,9	32,7	19,4
Lucernă + trifoi anul 3 de vegetație		53,0	32,6	14,4
Soia	2012	16,1	36,1	47,8
Lucernă, anul 4 de vegetație		47,1	32,5	20,4
Lucernă + trifoi anul 4 de vegetație		52,8	33,0	14,2

Din tabelul prezentat constatăm că ierburile boboase multianuale contribuie la ameliorarea semnificativă a gradului de hidrostabilitate a agregatelor >1 mm și reducerea de 2,0-2,7 ori a agregatelor <0,25 mm. Conținutul agregatelor 1-0,25 mm rămâne relativ neschimbat. Aceasta ne permite să conchidem că rolul principal în ameliorarea alcătuirii structural-agregatice hidrostabile revine mecanismului radicular, care contribuie la compactarea stabilizării agregatelor nou-formate prin mecanisme bio-fizico-chimice.

Sporirea conținutului de agregate agronomice optime (5-1 mm) contribuie la ameliorarea regimului de umiditate a solurilor, reducerea vulnerabilității la secetă, intensificarea proceselor biochimice în soluri și ameliorarea regimului de nutriție cu postacțiune pentru 3-4 ani și, practic, stoparea proceselor de eroziune.

Rezultate analogice au fost constatate în SRL „Grădina de Vis”, r-nul Sîngerei, pe terenuri cu complexe de solonețuri și cernoziomuri solonețizate cu grad slab și moderat de erodare. În același timp, experiența acestei exploatații agricole a arătat despre cultivarea lucernei pe terenurile cu productivitate redusă, inclusiv erodate, că se îndreptățește nu numai ambiental, dar și economic (venituri de la realizarea fânului și postacțiunea asupra productivității terenurilor pe parcursul a 4-5 ani).

În condițiile actualelor sisteme agricole, implementarea asolamentelor orientate pe protecția și reproducerea însușirilor fizice, în special a structurii agregatice, reprezintă una din principalele verigi tehnologice cu prioritățile înalte. În condițiile concrete ale Moldovei pentru cele trei zone agropedologice se recomandă un spectru larg de asolamente (Programul Național Complex de sporire a fertilității solului, 2001).

Tabelul 76. Modele de asolamente adaptate la starea actuală a solurilor din zona de nord a Republicii Moldova

Terenuri în pantă 3-5°			
Cu nivel scăzut de fertilitate	Cu nivel moderat și relativ înalt de fertilitate		
Variante			
1	1	2	3
<ol style="list-style-type: none"> <li>Amestec de ierburi perene protectoare</li> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Sfeclă de zahăr</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Orz de toamnă/orz de primăvară</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ierburi perene</li> <li>Ierburi perene</li> <li>Ierburi perene</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Sfeclă de zahăr</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Orz de primăvară</li> <li>Floarea-soarelui</li> <li>Porumb la siloz</li> <li>Grâu de toamnă</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Sfeclă de zahăr</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Mazăre boabe</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Sfeclă de zahăr</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Porumb boabe</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Borceag de toamnă/primăvară</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Sfeclă de zahăr</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Mazăre boabe</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Sfeclă de zahăr</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Orz de primăvară</li> <li>Floarea-soarelui/tutun</li> </ol>

Tabelul 77. Modele de asolamente adaptate la starea actuală a solurilor din zonele centrală și de sud ale Republicii Moldova

Pantă 3-5°. Nivel scăzut de fertilitate a solurilor	
Varianta 1	Varianta 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Ierburi perene</li> <li>Ierburi perene</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Mazăre boabe</li> <li>Grâu de toamnă</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Amestec de ierburi perene</li> <li>Grâu de toamnă</li> <li>Porumb boabe</li> <li>Orz de primăvară</li> <li>Floarea soarelui</li> </ol>

Pantă 3-5°. Nivel scăzut și relativ înalt de fertilitate și aplicarea 12-16 t/ha fertilizanți organici	
Varianta 1	Varianta 2
1. Amestec de ierburi perene protectoare 2. Idem 3. Idem 4. Grâu de toamnă 5. Porumb boabe 6. Mazăre boabe 7. Grâu de toamnă 8. Porumb boabe 9. Orz de toamnă/orz de primăvară	1. Borceag de primăvară/borceag de toamnă 2. Grâu de toamnă 3. Porumb boabe 4. Mazăre boabe 5. Grâu de toamnă 6. Floarea soarelui 7. Porumb boabe 8. Grâu de toamnă 9. Porumb boabe
Pantă 5-8°. Nivel mai înalt de fertilitate a solurilor	
Varianta 1	Varianta 2
1. Amestec de ierburi perene 2. Amestec de ierburi perene 3. Amestec de ierburi perene 4. Grâu de toamnă 5. Mazăre boabe 6. Grâu de toamnă	1. Amestec de ierburi perene 2. Amestec de ierburi perene 3. Grâu de toamnă 4. Ovăz/mazăre boabe 5. Iarbă de Sudan pentru masă verde
Pantă 5-8°. Nivel scăzut de fertilitate a solurilor	
Varianta 1	Varianta 2
1. Sparcetă 2. Sparcetă 3. Grâu de toamnă	1. Amestec de ierburi perene 2. Amestec de ierburi perene 3. Amestec de ierburi perene 4. Grâu de toamnă 5. Ovăz, orz de primăvară, iarbă de Sudan pentru masă verde

La constituirea asolamentelor pe terenurile afectate de eroziune se va ține cont de următoarele recomandări generale:

1. Numărul de sole trebuie să fie anual a cel puțin 4 culturi, lucru determinat de nivelul de fertilitate al solului și de posibilitatea de folosire a fertilizanților organici și resturilor vegetale. Cu cât solul este mai sărac, cu atât numărul de sole în asolamente cu ierburi perene este mai mic. O cerință indispensabilă în astfel de caz o constituie cultivarea în amestec a ierburilor perene, leguminoaselor și gramineelor. Din contra, cu cât solul este mai bogat, iar posibilitățile de folosire a îngrășămintelor organice și resturilor vegetale mai mari, cu atât ponderea leguminoaselor se va reduce. În calitate de cerințe de bază față de orice asolament continuă să rămână compensarea pierderilor anuale de suprafață organică și elemente nutritive extrase de circuitul biologic.
2. Instalarea, la începutul rotației, a unei culturi cu efect ameliorativ asupra întregului ciclu de rotație. Rotația, de obicei, începe cu instalarea de culturi cu efect ameliorator asupra însușirilor solului (leguminoase anuale și perene) și încadrate în grupa culturilor bune premergătoare.

O altă regulă generală este instalarea, la începutul rotației, a unei culturi la care să se aplice cantități mari de îngrășămintă organică și care să valorifice bine acest îngrășământ (porumb, cartof, vază, tomate), iar totodată să amelioreze pe timp îndelungat însușirile solului.

3. Reducerea proceselor de eroziune a solului.

În funcție de capacitatea plantelor de a proteja solul împotriva eroziunii, acestea se clasifică după cum urmează:

- culturi foarte bune protectoare (grad de acoperire a solului peste 75%): leguminoasele și gramineele perene;
- culturi bune protectoare (grad de acoperire 50-75%): cerealele păioase, culturile furajere anuale (borceag, secară masă verde, iarbă de Sudan);
- culturi moderat protectoare (grad de acoperire 25-50%): leguminoasele anuale (fasole, mazăre, bob, năhut, linte ș.a.);
- culturi slab protectoare (grad de acoperire sub 25%): porumb, floarea-soarelui, sfeclă de zahăr.

Plantele foarte bune și bune protectoare împotriva eroziunii vor alterna cu prășitoarele, care sunt slab protectoare, iar ponderea lor în asolamentele de pe terenurile în pantă depinde de valoarea pantei.

Pentru versanți cu înclinare de pantă până la 2° există trei posibilități de combinare a culturilor:

1. Prășitoare – 60%; cereale păioase – 20%; leguminoase – 15%; culturi furajere – 5%.
2. Cereale păioase – 50%; culturii prășitoare – 50%;
3. Culturi prășitoare – 50% cu alte culturi moderat și bune protectoare, având o amplasare a culturilor în fâșii cu lățimea maximă de 200 m.

Pentru pante cuprinse între 2-5° se recomandă sistemul de culturi în fâșii a căror lățime nu poate depăși 100-150 m. Culturile prășitoare pot ocupa 50%; cerealele păioase – 25%; ierburile perene – 5%; culturile leguminoase și furajere – 20%.

Pentru pantele 5-8° ponderea prășitoarelor scade până la 30% din suprafață; cerealele păioase ocupă 40%; culturile leguminoase și furajere – 20%; ierburile perene – 10%.

Pentru grupa de pante 8° culturile prășitoare se exclud din asolamentele antierozionale. Aceste pante se recomandă spre utilizare în condiții de amenajare antierozională pentru vii, livezi, fânețe.

#### 4. Reproducerea structurii solului.

În funcție de capacitatea de a asigura reproducerea/refacerea structurii solului, plantele cultivate se împart în câteva grupe:

- a) Bune reproducătoare: ierburi perene (amestecuri de ierburi perene), cerealiere (grâu, orz de toamnă/primăvară), borceag de toamnă/primăvară;
- b) Moderat reproducătoare: leguminoasele anuale, porumbul;
- c) Slab reproducătoare: floarea-soarelui, sfecla de zahăr, tutunul.

Alternarea culturilor în conformitate cu variantele descrise la punctul 3 asigură conservarea și reproducerea parțială a structurii solului. Pentru reproducerea lărgită a acesteia este necesară încorporarea în soluri de materie organică proaspătă.

#### 5. Optimizarea folosirii rezervelor de substanțe nutritive din sol.

Plantele de cultură se deosebesc între ele în ceea ce privește cantitatea totală de elemente chimice nutritive extrase din sol, adâncimea de sol de la care folosesc elementele chimice nutritive și puterea de solubilizare a sistemului radicular. Plantele mai consumatoare de elemente nutritive, cum sunt floarea-soarelui, sfecla de zahăr ș.a. trebuie să alterneze cu plantele cu consumuri reduse, cum sunt cerealele. Fiecare specie extrage din sol, substanțe nutritive în cantități și proporții diferite. Cerealele păioase folosesc mai mult N și P; floarea-soarelui, sfecla de zahăr, porumbul, cartoful și altele consumă mai mult K. Capacitatea de solubilizare a compușilor cu P diferă de la o plantă la alta.

Orzul folosește elementele nutritive din stratul superficial, pe când floarea-soarelui, sfecla, porumbul, mazărea, rapița, soia ș.a. dintr-un strat mai adânc. Mazărea, lupinul, au o putere mare de solubilizare, iar orzul, grâul, tutunul ș.a. au o putere mică de solubilizare a elementelor chimice nutritive din sol.

Leguminoasele, soia ș.a. prin însușirile lor simbiotice îmbogățesc solul cu azot, pe când celelalte plante consumă din rezerva de azot a solului și ca urmare, acestea trebuie să alterneze în asolament.

#### 6. Optimizarea consumului de apă din sol.

În privința consumului de apă, plantele cultivate se divizează în: plante cu consum redus (cerealele, păioase); plante care consumă apă din straturile profunde de sol datorită sistemului radi-



cular puternic dezvoltat (lucerna, trifoiul, floarea soarelui, sfecla); plante care consumă apa din stratul arabil (cereale, cartof etc.); plante mari consumatoare de apă (lucernă, porumb, sfeclă, floarea-soarelui). De exemplu, grâul care se seamănă toamna nu poate urma după lucernă, care lasă solul uscat. Se recomandă după lucernă cerealele de primăvară, care consumă apa din rezervele acumulate peste iarnă din stratul arabil.

#### 7. Rotația rădăcinilor.

Pentru exploatarea rațională a straturilor de sol se recomandă ca după plantele cu înrădăcinare profundă (floarea-soarelui, porumb, rapiță, sfecla ș.a.) să urmeze plante cu înrădăcinare mai superficială (fasole, cartofi, mazăre, grâu, orz), astfel asigurându-se rotația rădăcinilor.

În cadrul activităților de constituire a asolamentului se va ține cont de particularitățile sistemului radicular al plantelor de cultură cultivate în regiune și se vor întreprinde măsuri pentru a evita concentrarea rădăcinilor în stratul de la suprafață. Pentru aceasta, în mod obligatoriu, în structura culturilor se vor prevedea soiuri de plante care dezvoltă un sistem radicular adânc. Totodată, periodic (odată în 4-5 ani) se vor efectua lucrări de afânare adâncă fără întoarcerea brazdei, pentru a crea un cadru ecopedologic mai favorabil pentru pătrunderea rădăcinilor mai adânc în profilul solului. Astfel, se va asigura valorificarea rezervelor de apă și de nutriție din straturile mai adânci ale solului.

#### 8. Bilanțul humusului în sol.

La constituirea asolamentelor se va ține cont de bilanțul humusului în sol, de diferența dintre cantitatea de humus mineralizat și cea a humusului nou format. În acest sens, se va lua în calcul faptul că o serie de culturi (ierburile perene, grâul, porumbul, orzul, ovăzul, rapița, leguminoasele anuale ș.a.) lasă în sol cantități mari de resturi organice, iar altele (cartoful, sfecla ș.a.) cantități mici. Prin urmare, este necesar ca rotația culturilor să fie alcătuită în așa mod încât în soluri să se asigure un bilanț al resturilor vegetale progresiv acumulativ.

#### 9. Restabilirea sistemului de substanțe organice în sol.

Conținutul de materie organică în sol și evoluția acestora este factorul cu rol decisiv în conservarea și protecția solurilor. În același timp, procesele de descompunere-transformare-humificare a materiei organice au rol prioritar în constituirea și reproducerea fertilității cernoziomurilor (influențează direct sau indirect toți factorii de fertilitate), inclusiv a celor arabile și reproducere a tipului de pedogeneză în regim natural antropizat. Funcția de bază a procesului de formare și de acumulare a humusului sub aspect agroecologic constă în agregarea masei solului și asigurarea însușirilor hidrofizice a solurilor de care depind rezervele de apă în sol, gradul de mobilitate și de accesibilitate a acestora pentru plante, dar și capacitatea de a le consuma în sol și de a le utiliza rațional la producerea de biomasă a plantelor. Astfel, conținutul de materie organică în sol și modul de descompunere a acesteia determină gradul de expunere a solului la secetă, lucru confirmat de cercetările noastre în anii secetoși (2006, 2007, 2009, 2012, 2015, 2020). Pornind de la aceasta, atragem atenția că nu atât conținutul de humus în sol are importanță, cât conținutul de materie organică în diverse faze de descompunere-transformare.

Condițiile bioclimatice ale Republicii Moldova (clima moderat-continentală cu vară uscată și caldă/foarte caldă) asigură existența concomitentă în sol a substanțelor organice în diverse stadii (faze) de descompunere-transformare. Conținutul acestora mai este influențat și de factorii interni ai solului (umiditate, porozitate, regim aerohidric, aeratie, regim hidro-termic ș.a.). Astfel, materia organică din sol reprezintă un sistem funcțional materializat într-un profil organic transformațional-acumulativ-migrațional (Jigău, 2012).

În alcătuirea și funcționarea acestuia se disting clar două straturi (zone):

- a) superior (cca 20-30 cm), în cadrul căruia predomină procesele de humificare, inclusiv și a materiei organice depusă pe suprafața solului;
- b) inferioară, în cadrul căruia predomină procesele de migrare a substanțelor humice, procesele de formare a humusului trecând pe planul doi.

Segmentului superior (transformațional-acumulativ-migrațional) îi revine sarcina principală în cadrul ecosistemului solului, dar și în cadrul celui autoreglator sol □ plantă.

Apreciat prin prisma conceptului funcțional-genetic al pedogenezei, sistemul de substanțe organice a cernoziomurilor include două grupe de substanțe:

- a) active;
- b) pasive.

Substanțele organice active sunt reprezentate prin detritul humifer (resturi organice în diverse faze de descompunere) fiind principalul furnizor de elemente biofile, dar și de substanțe humice labile. Prin această funcție, rolul detritului humifer și a proceselor de descompunere-transformarea a acestuia este mai important decât al humusului.

Substanțele formate în procesul descompunerii-transformării detritului humifer migrează cu curențele descendente de apă în orizonturile mai adânci ale profilului, asigurând în acestea o sursă importantă de nutriție, creând premise pentru pătrunderea mai adâncă a rădăcinilor în profilul solului. Astfel se asigură extinderea și intensificarea proceselor pedogenetice active în orizonturile AmBm și Bm (Jigău, 2012).

În același timp, segmentul superior al stratului humifer dispune de un potențial acumulativ mare, asigurând cu substanțe humice, practic, întreg profilul solului. Prin urmare, potențialul material și energetic al acestui segment al cernoziomurilor urmează să fie în permanență susținut la un nivel mai înalt decât în orizonturile inferioare. Astfel, principala condiție pentru funcționarea ecosistemelor, atât în regim natural, cât și în cadrul agrocenozelor, este asigurarea unor cantități mari de materie organică proaspătă în segmentul superior al profilului. Aceasta este o condiție obligatorie pentru conservarea cernoziomurilor în regim antropizat.

Nu mai puțin importantă este funcția de migrare a substanțelor humice din segmentul superior. Substanțele humice mobile, reprezentate preponderent prin acizi fulvici, asigură migrarea pe descendentă a azotului, calciului și altor elemente de cenușă. Aceasta creează premise pentru extinderea procesului pedogenetic în profunzime cu formarea de profile progresiv acumulative.

Reieșind din cele expuse, la constituirea asolamentelor, structura culturilor urmează să includă specii capabile să asigure în permanență prezența de materie organică proaspătă în profilul solului, în special stratul superior (0-30 cm)

#### 10. Promovarea tipurilor de culturi agricole alternative rezistente la secetă.

Sortimentul de culturi se va adapta condițiilor de asigurare cu apă, urmărindu-se satisfacerea cerințelor economice (cereale, leguminoase, oleaginoase, plante furajere, legume etc.), pentru condiții de secetă se vor promova culturi alternative cu rezistență mai mare la deficitul hidric cum sunt:

- sorgul sau orzul de toamnă, ca înlocuitoare a porumbului;
- mazărea, ca alternativă a culturii de soia;
- rapița și floarea-soarelui, ca oleaginoase rezistente la secetă;
- porumbul, soia, fasolea, sfecla de zahăr, legumele, vor fi cultivate cu precădere în condiții de umiditate suficientă.

rotația culturilor și organizarea asolamentelor vor urmări asigurarea acumulării și conservării apei în sol, ameliorarea însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului, evitarea propagării agenților patogeni, dăunătorilor și a buruienilor.

Metodele culturale (densitatea plantelor, distanța dintre rânduri, perioada de semănat, efectuarea lucrărilor de întreținere a culturilor) se vor adapta la rezerva de apă din sol, prognoza precipitațiilor și a secetei pedologice.

#### 11. Sistemul de lucrare a solului trebuie să alterneze în cadrul asolamentului „rotația sistemului de lucrare a solului”, asigurând optimizarea însușirilor solului în conformitate cu cerințele plantelor de cultură, cu efecte favorabile asupra fertilității solului și excluderea formării de scurgeri superficiale pe versanți și erodării solurilor.

Asolamentul realizează pe deplin potențialul ameliorativ în condițiile în care se implementează sincronizat cu sisteme de lucrare a solurilor adaptate condițiilor de landsaft, precum și a unor sisteme eficiente de fertilizare și de protecție a plantelor. O sursă importantă de materie organică în cernoziomurile arabile sunt resturile vegetale (paie, hlujeni, vrejuri ș.a.).

Conform calculelor, în 1 t de paie se conțin 800 kg substanță organică, 5 kg N, 2 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 9 kg K<sub>2</sub>O. Raportul C:N în acestea alcătuiește 50-100. Pentru descompunerea biochimică eficientă a acesteia este necesar ca raportul C:N să alcătuiască 25:1, în condiții de umiditate corespunzătoare 0,7-0,8 CC (capacitatea de câmp pentru apă). Pentru asigurarea raportului C:N optimal se recomandă administrarea în sol a 10 kg N substanță activă odată cu încorporarea resturilor organice.

În condițiile când măsurile specificate sunt respectate, acțiunea fertilizatoare a 1 t de paie echivalează cu cea a 3,5 t gunoi de grajd.

Un loc aparte revine îngrășămintelor verzi – culturi cultivate special pentru fertilizarea solurilor. Utilizarea îngrășămintelor verzi se bazează pe cultivarea și încorporarea în sol a unor plante din diverse familii botanice, care realizează într-un interval scurt de timp o cantitate mare de substanțe vegetale. În Republica Moldova în aceste scopuri mai frecvent se cultivă muștarul galben, facelia, ovăzul, mazărea, mazăricea, iar în ultimii ani hrișca. Încorporarea lor se face într-un anumit stadiu al vegetației, care valorifică cel mai bine volumul de masă vegetativă și conținutul acesteia în elemente nutritive. La momentul optim plantele se mărunțesc, iar materialul se lasă timp de 3-4 săptămâni pentru uscare și compostare în strat subțire la suprafață. Ulterior, se încorporează superficial prin discuire de 10-12 cm.

Culturile pentru îngrășămintele verzi trebuie semănate asigurând rotația speciilor. În aceste scopuri pot fi utilizate plante din familiile leguminoase (mazăre, mazăriche, bob, soia, sulfina, lucerna), crucifere (rapiță, muștar), graminee (secară, triticales, ovăz). Potrivit experienței specialiștilor de peste hotare, din plantele leguminoase cele mai recomandate specii pentru fertilizare verde sunt lucerna și trifoiul roșu (purpuriu).

Dacă se seamănă pentru fertilizarea culturilor de toamnă, culturile pentru „fertilizare verde” se vor semăna îndată după recoltarea culturii precedente și vor fi încorporate în sol cu 2-3 săptămâni până la semănatul culturii de toamnă.

Pe terenurile pe care au fost cultivate culturi târzii (floarea-soarelui, porumb, sfeclă ș.a.), culturile pentru îngrășămintele verzi se seamănă în perioada septembrie-octombrie și se încorporează în sol în martie (după caz, în februarie). În cazul practicării sistemului no-till, acestea nu se încorporează în sol.

Pregătirea solului înainte de semănatul îngrășămintelor verzi constă în lucrări ușoare pentru a mobiliza solul. Se estimează că un hectar cultivat cu îngrășămintele verzi, în urma descompunerii lor înlocuiește 20 t gunoi de grajd sau 250 kg/ha NPK.

#### Măsuri de prevenire a eroziunii și protecție antierozională pentru terenurile arabile

Măsurile de prevenire a eroziunii și de protecție antierozională pentru terenurile arabile includ măsuri de prevenire și reglare a scurgerilor de suprafață și de reducere a intensității eroziunii prin aplicarea unei structuri antierozionale a culturilor și asolamentelor și a măsurilor agrotehnice specifice terenurilor în pantă (o parte din acestea au fost descrise mai sus).

Pentru prevenirea formării scurgerilor de suprafață, vom menționa următoarele:

1. afânarea adâncă fără răsturnarea brazdei cu păstrarea resturilor vegetale;
2. practicarea arăturii cu răsturnarea brazdei în amonte (deal) sau, după caz, în aval (vale);
3. aplicarea de procedee agrotehnice care favorizează captarea și înmagazinarea apei în sol:
  - a) fisurarea solului în mijlocul fiecărui spațiu dintre rânduri;
  - b) brăzdarea întreruptă a solului la fiecare al doilea spațiu dintre rânduri;
  - c) mușuroirea rândurilor în cadrul ultimelor lucrări (în timp) a solului în spațiile dintre rânduri.

Procedeele specificate urmează să fie executate strict pe curbele de nivel;

4. conformarea schemelor de amplasare în spațiu pe versanți a terenurilor arabile, plantațiilor pomicole și viticole la condițiile geomorfologice, pedoclimatice și riscul erozional;
5. stabilirea numărului de sole și parcele de lucru, a configurației și mărimii acestora pe fiecare versant în parte în conformitate cu înclinarea, forma și dimensiunile versantului și orientarea soarelui pe direcția generală a curbelor de nivel;
6. stabilirea unei rețele optime de căi de deplasare și drumuri tehnologice, dimensionarea și amplasarea lor corectă pe versanți;
7. efectuarea lucrărilor de optimizare a gradului de compactare a solului:
  - a) afânarea adâncă în scopul afânării și restructurării stratului subarabil (talpa plugului) și uniformizării profilului solului;
  - b) excluderea tasării terenurilor și/sau formării de benzi tasate în cadrul acestora;
  - c) excluderea afânării excesive a solurilor din cadrul terenurilor în pantă.
8. semănatul terenurilor în pantă pe direcția curbelor de nivel cu norme de semănat cu 10-20% mai mari decât cele recomandate pentru terenurile netede. Lucrările ulterioare de

- întreținere a terenurilor se fac strict pe curbele de nivel;
9. terenurile în pantă nu se mențin ca „ogoaie negre” sau curățate de resturi vegetale și lucrările nu se efectuează de-a lungul pantei în direcția deal-vale;
  10. amenajări în scopul reducerii forței vii a apei, captarea și evacuarea surplusului de apă și prevenirea eroziunii în adâncime;
  11. crearea de benzi înierbate cu specii bine protectoare de suprafață; lățimea benzilor înierbate 5-6 m;
  12. pe terenurile în pantă, unde nu este posibilă înierbarea, se practică culturi în fâșii alternante de plante protectoare și benzi înierbate pe lungimea curbelor de nivel. Pentru consolidarea și protecția terenurilor se amenajează valuri de pământ, agroterase, banchete netede sau garduri de niveluri.

#### Măsurile de prevenire a eroziunii solului în cadrul plantațiilor multianuale

Pentru prevenirea și combaterea eroziunii solului în cadrul plantațiilor viticole sunt necesare următoarele măsuri:

- 1) orientarea rândurilor de vie pe curbele de nivel și executarea în aceeași direcție a lucrărilor agrotehnice de întreținere;
- 2) executarea de biloane de pământ cu pantă lină și uniformă pentru reținerea apei pe versanți;
- 3) crearea de biloane înclinate pentru dispersarea și evacuarea apei;
- 4) crearea de benzi înierbate pe versanți cu pante uniforme;
- 5) microterasarea spațiilor dintre rânduri prin lucrări permanente în aval;
- 6) plantarea benzilor de arbuști fructiferi pe pantele din amonte ale drumurilor orientate pe curbele de nivel;
- 7) înierbarea spațiilor dintre rânduri.

Prevenirea și combaterea eroziunii solului în plantațiile pomicole necesită:

- 1) orientarea rândurilor de pomi pe curbele de nivel și efectuarea lucrărilor solului în aceeași direcție;
- 2) în plantațiile tinere se recomandă cultivarea în scopuri economice și pedofuncționale a culturilor bune și foarte bune protectoare; în fazele ulterioare, alternarea-înierbarea fiecărui al treilea spațiu dintre rânduri cu cultivarea culturilor bune și foarte bune protectoare; în faza de rod intensiv – înierbarea întregului spațiu cu lucrarea solului numai în rând;
- 3) amenajarea de canale de coastă pentru evaluarea apelor de pe pante de peste 10°.

#### Măsurile de prevenire a eroziunii eoliene

Protecția solului împotriva eroziunii eoliene presupune următoarele măsuri:

- 1) amenajarea perdelelor forestiere de protecție prin plantarea de arbori cultivați în rânduri sau garduri vii. Distanța dintre perdeaua de protecție și terenul protejat este maximum de 20 ori mai mare decât înălțimea perdelei de protecție;
- 2) folosirea, ca plante protectoare, în special pentru perioada de iarnă, a culturilor cerealiere de toamnă, cum sunt: grâul, secara, orzul, iar dintre culturile tehnice – muștarul;
- 3) practicarea de culturi de toamnă protectoare, care primăvara sunt încorporate în sol printr-o lucrare superficială înainte de semănatul culturii de primăvară;
- 4) păstrarea miriștii până la semănatul culturii următoare și practicarea sistemului fără lucrare sau semănatul direct, în special în cazul culturilor de primăvară;
- 5) practicarea culturilor ascunse pe terenurile vulnerabile la eroziunea eoliană;
- 6) pe terenurile supuse eroziunii eoliene și pe cele vulnerabile se va evita dezmiriștirea cu grape cu discuri și cu mașini de frezat solul; odată cu semănatul este recomandată tăvălugirea, într-o singură trecere pe direcția curbelor de nivel și până la răsărire să nu se mai aplice nici o altă lucrare; pentru a avea o suprafață suficient de stabilă la tăvălugire este necesar ca solul să corespundă din punct de vedere a stării de umiditate.

### 3.2. PRACTICI AGRO-, FITO- ȘI BIOREMEDIATIVE DE AMELIORARE A TERENURILOR SUPRAUMEZITE ȘI SĂRĂTURATE

Modelele de ameliorare a solurilor cu supraumezire locală, elaborate și implementate în anii 80 ai secolului trecut și recomandate până în prezent (Programul Național Complex de sporire a fertilității solurilor, 2001), care au la bază lucrările de drenare-desecare a solurilor sunt costisitoare, de lungă durată și nu se îndreptătesc economic. Mai mult ca atât, după efectuarea unor atare lucrări în masă în anii 80-90 ai secolului trecut, s-a demonstrat că acestea sunt parțial eficiente maximum 15-20 ani. Actualmente, sistemele de drenare-desecare a solurilor supraumezite pe versanți s-au deteriorat în întregime și practic nu funcționează. Ca urmare, procesele de supraumezire s-au restabilit pe suprafața de 40-50 mii ha terenuri arabile. Totodată, implementarea unor atare modele în actualele condiții social-economice este practic imposibilă. Cu atât mai mult că procesul de supraumezire este în permanentă extindere și este un proces aferent actualului trend al condițiilor climatice și a evoluției cernoziomurilor nu numai din Republica Moldova, dar, în genere, în zonele de silvostepă și stepă. Acest fenomen este parte componentă a pedogenezei la scara pedologică a timpului. Aceasta impune necesitatea intensificării unor metode și procedee accesibile și economic îndreptățite în cadrul actualelor condiții social-economice, bazate pe mecanismele de formare și procesele de evoluție a cernoziomurilor în condiții de supraumezire locală.

Prin această prismă de idei, cadrul conceptual metodologic de evaluare a sensului și intensității proceselor de supraumezire și de prevenire-atenuare a acesteia este asigurat de conceptul unității proceselor de pedogeneză hidromorfă (Jigău, 2020).

Conform acesteia, hidromorfizarea cernoziomurilor automorfe reprezintă un complex interacționat și interdeterminat de premise naturale și factori antropogeni și presupune metamorfizarea profundă a tuturor fazelor solurilor și poartă caracter ireversibil.

Din numărul factorilor antropogeni, rolul decisiv în supraumezirea locală în cadrul actualului trend al condițiilor climatice revine degradării fizice a profilului solului, materializată în formarea diverselor tipuri de profiluri agrofizice și hidrofizice, lucru care conduce la constituirea unui cadru hidrologic extrem de variat chiar și în cadrul unor spații restrânse (Tab. 78) (Jigău, 2015).

Tab. 78. Tipuri de profiluri agrofizice și forme de supraumezire locală a cernoziomurilor

Tipul de profil agrofizic	Adâncimea compactării maxime, cm	Densitatea aparentă a stratului compactat, g/cm <sup>3</sup>	Porozitatea totală a stratului compactat, %	Porozitatea de aeraj a stratului compactat, %	Forma de supraumezire
Exagerat afânat	-	-	-	-	-
Afânat	-	-	-	-	-
Epicompact (crustic)	0-10	1,46	43,0	14,0	Băltirea apei pe suprafața solului
		consolidată	insuficientă	insuficientă	
Proxicompactat	10-20	1,50	41,0	13,0	Băltirea apei, supraumezirea stratului arabil
		slitică	extrem de insuficientă	insuficientă	
Mezocompactat	20-40	1,55	40,0	13,0	Băltire. Formare de pânză de apă capilar așezată
		slitică	extrem de insuficientă	insuficientă	
Baticompactat	40-70	1,55	40,0	12,0	Formare de pânză apă gravitațional așezată
		slitică	extrem de insuficientă	critică	

Prin această prismă de idei, hidromorfizarea cernoziomurilor automorfe se realizează în condiții de stabilitate relativă a factorilor pedogenetici externi, ca urmare a degradării echilibrului dintre factorii interni de pedogeneză (regimuri pedogenetice), iar rolul prioritar revine excesului de umiditate, care implică o serie de procese elementare pedogenetice specifice:

- reducerea și mobilizarea fierului;
- gleizarea și argilizarea gleică;
- reducerea sulfatilor și alcalinizarea soluției solului;
- salinizarea și solonețizarea. Ultima este favorizată de mobilizarea sodiului din componența rețelei structurale a mineralelor sub influența gleizării și de decalcifierea complexului adsorbativ al solului ca urmare a precipitațiilor ( $\text{CaCO}_3$ ) în mediu alcalin.

Gradul și caracterul modificărilor induse în cernoziomuri de hidromorfismul secundar depinde de forma de supraumezire, gradul și durata supraumezirii și doar parțial, de însușirile solurilor.

Modificări semnificative suferă starea de humus a solurilor supraumezite, care constau în sporirea conținutului total de humus, fulvatizarea acestuia, simplificarea structurii moleculelor huminici și a compușilor organo-minerali nou-formați.

Evoluția alcătuirii mineralogice a fracțiunii fin dispersate (<0,001 mm) este determinată de formarea de minerale cu grad înalt de dispersitate (montmorillonite) și conduce la sporirea gradului de hidrofilitate a argilei fine.

Procesele specificate conduc la restructurarea profundă a tuturor componentelor solului în calitatea acestuia de sistem polifazic:

- faza solidă – sporirea ariei specifice, hidrofilizarea sistemului coloidal, sporirea amplitudinii deformațiilor volumetrice;
- faza gazoasă – restructurarea spațiului poros materializată în reducerea volumului tuturor categoriilor de pori și modificarea raportului dintre aceștia, atât prin dimensiuni, cât și prin funcții;
- faza lichidă – modificarea indicilor hidrofizici cu reducerea drastică a diapazonului de apă utilă în perioada uscată a anului cu impact negativ asupra culturilor.

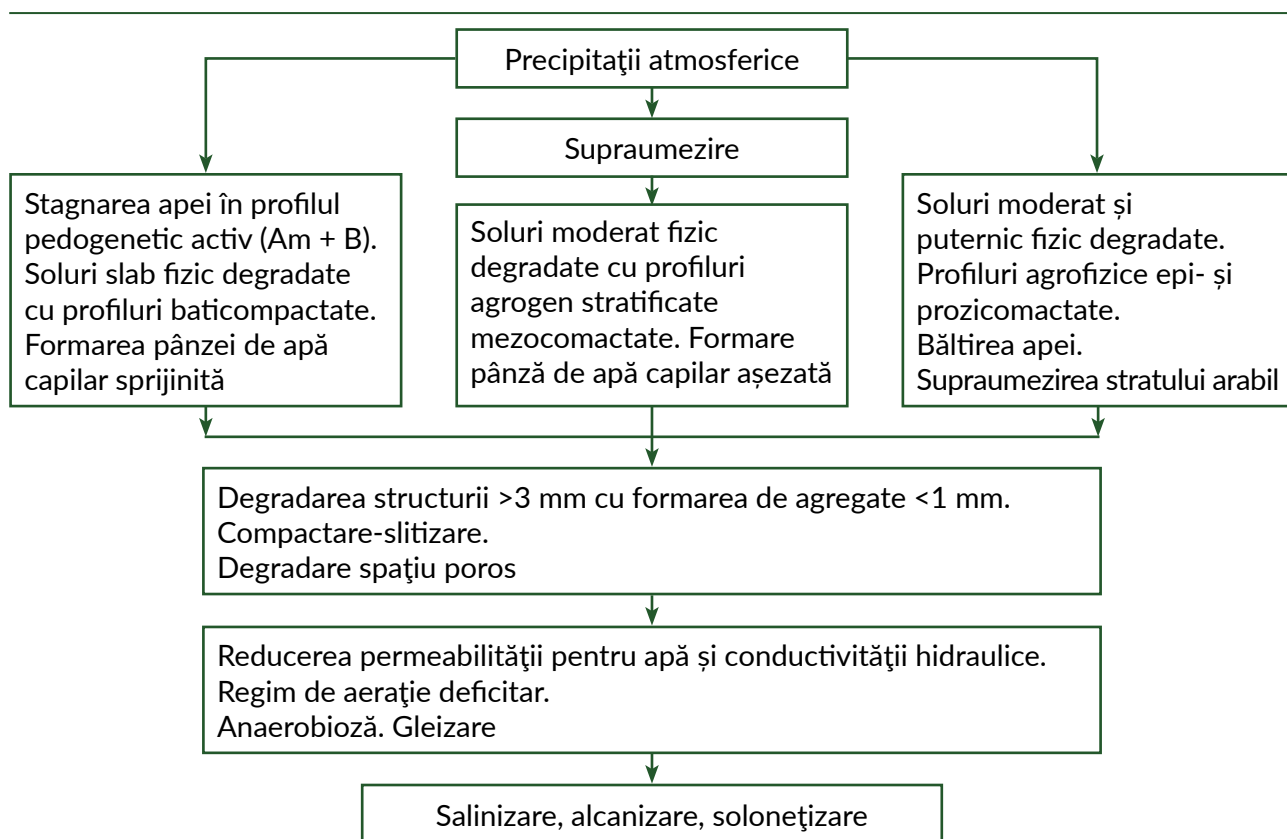


Fig. 33. Esența conceptului unității procesului de hidromorfism secundar în cernoziomurile supraumezite

Din figura 33 constatăm că fazele incipiente de formare a terenurilor secundar supraumezite sunt identice pentru toate formele de supraumezire.

Evoluția diferențiată a terenurilor supraumezite demarează la fazele avansate de degradare hidrologică cu participarea proceselor aferente slito- și gleegenezei, salinizării și solonețizării. Prin urmare, măsurile agro-fito- și bioameliorative în cadrul acestora trebuie să fie bazate pe prevenirea procesului de supraumezire în fazele incipiente ale acestuia.

Conceptul unității factorilor-mecanismelor și proceselor pedogenetice elementare de hidromorfizare a cernoziomurilor în diverse condiții bio- și pedoclimatice ale stepei cernoziomice asigură un suport unic de management a riscului hidromorfizării secundare a terenurilor:

- măsuri agrotehnologice de reducere a riscului stagnării apei pe suprafața stratului subarabil și a duratei fazei de anaerobioză superficială și sporirea gradului de aerație a stratului supraumezit prin efectuarea periodică a lucrărilor adânci ameliorative;
- sisteme de măsuri agronomice orientate pe îmbunătățirea însușirilor fizice ale solurilor – cultivarea periodică a ierburilor multianuale, optimizarea condițiilor de desfășurare a procesului de humificare în scopul sustenabilizării proceselor de agregare-structurare și de stabilizare a structurii;
- practicarea de asolamente cu pondere 50:50 a culturilor cu sistem radicular adânc, care contribuie la afânarea adâncă a profilului solului și formarea de biopori de aerație și alte 50% culturi cerealiere de toamnă, care contribuie la consumul intensiv al umidității până toamna târziu și în perioada de primăvară-vară;
- măsuri de reducere a riscului compactării, care provoacă reducerea gradului de aerație și demararea proceselor hidromorfe: gleizarea, argilizarea gleică, slitizarea. Excluderea compactării prin reducerea presiunilor mecanice până la 80 kPa.

Valorificarea terenurilor supraumezite și sărăturate este un remediu eficient de diminuare a efectului agroecologic negativ, cauzat de prezența acestor soluri în componența terenurilor agricole și, totodată, de încadrare a acestora în circuitul agricol. Calculele au arătat, că deja din contul omogenizării, productivitatea terenurilor agricole sporește cu 15-20%.

Realizarea obiectivelor propuse implică necesitatea elaborării de practici ameliorative eficiente, bazate pe luarea în calcul a proceselor pedogenetice, care se realizează în solurile sărăturate în regim natural și a condițiilor bio- și pedoclimatice care le cauzează. În acest context, halomorfismul extraaluvial regional contemporan presupune două forme de realizare a acestuia:

- a) automorfă;
- b) hidromorfă și semihidromorfă.

Halomorfismul automorf este o formă neactivă a acestuia, caracteristică arealelor sărăturate cu nivelul pânzei freactice sub 6 m cu regim de umiditate xeric, care presupune concentrarea rezervelor de apă în orizontul humuso-acumulativ eluvial (Am/l). În fazele timpurii ale perioadei de vegetație pedogenetic active, în acesta sunt prezente rezerve de apă suficiente pentru dezvoltarea vegetației de stepă. Concomitent, în acesta se realizează procese de descompunere-transformare-humificare a resturilor organice depozitate în perioada de vegetație precedentă.

În aceste condiții, vegetația ierboasă mezofită este asigurată cu rezervele de apă și de nutriție necesare. Humusul proaspăt format contribuie la structurarea masei solului (mecanisme coagulaționale de agregare-structurare).

Pe parcursul perioadei uscate (iulie-august) asociația de ierburi mezofită este înlocuită cu asociația xerofitică cu sistem radicular bine dezvoltat, care contribuie la compactarea și stabilizarea agregatelor (mecanisme radiculare de agregare-structurare). Procesele specificate conduc la instaurarea în soluri a proceselor de autoameliorare, care, în timp, se extind din orizontul humuso-acumulativ în cel argilo-iluvial natric (Bt<sub>na</sub>).

Particularitățile ecologice și genetice specificate asigură suportul teoretic și metodologic al procedurii de ameliorare chimică a complexelor de solonețuri automorfe și soluri solonețizate, elaborat în baza multiplelor cercetări axate pe studierea genezei și metodelor de ameliorare a acestora (Булат, 196,8 1985; Шестаков, 1974; Сувак, 1986, Filipciuc și coaut., 2000).

Componente de bază ale acestuia sunt:

- îmbogățirea stratului agricol activ (30-35 cm) cu calciu, elemente de nutriție și substanțe organice prin aplicarea amendamentilor cu calciu, îngrășămintelor organice (gunoi de grajd), îngrășămintelor minerale;

- afânarea orizontului iluvial prin aplicarea arăturii în straturi; fragmentarea orizontului argilo-iluvial natric prin utilizarea afânatorului sau vibratorilor. Pentru evitarea scoaterii la suprafață a orizonturilor purtătoare de săruri, arătura se efectuează fără întoarcerea brazdei;
- cultivarea de culturi adaptate/tolerante la conținuturi de săruri și de sodiu în complexul adsorbativ, însușiri agrofizice relativ satisfăcătoare: lucernă, sorg, iarbă de Sudan, sulfină, floarea-soarelui ș.a.

Utilizarea consecventă a procedeelor enumerate contribuie la instaurarea procesului de ameliorare-culturizare a solurilor.

Elementele de bază ale acestuia sunt:

- reducerea conținutului de sodiu în complexul adsorbativ al stratului arabil și subarabil de la 15-30% până la 4-7% chiar în primii ani de valorificare;
- reducerea gradului de hidrofilitate și de peptizare a fracțiunii fin dispersate, coagularea coloizilor, formarea micro- și macroagregatelor. Gradul de dispersitate a solurilor se reduce de la 40-60% până la 15-20%;
- reducerea densității aparente cu 0,2-0,3 g/cm<sup>3</sup>, sporirea volumului total al porilor de la 40-25% până la 50-55%. Drept urmare, sporește permeabilitatea solului pentru apă și se creează condiții pentru formarea curenților descendente de apă și percolarea parțială a profilului (sporește perioada duratei cu predominarea curenților descendente de apă). Sporește capacitatea totală și de câmp pentru apă. Aceasta contribuie sporirii rezervelor de apă în sol, dar și gradului de mobilitate și de accesibilitate a acestora;
- desalinizarea stratului agropedogenetic activ și reducerea conținutului de săruri în cadrul acestuia, acesta instaurându-se sub valorile toxice;
- ameliorarea însușirilor tehnologice a solurilor, reducerea indicilor plasticității, aderenței rezistenței la penetrare, rezistenței specifice și la arat;
- ameliorarea regimului nutritiv al stratului culturizat.

Procesul de ameliorare-valorificare se soldează cu formarea profilului valorificat în cadrul căruia s-a constituit un strat ameliorat-culturizat cu valori ale parametrilor fizici, fizico-chimici și chimici favorabili pentru mai multe culturi agricole.

În același timp însă, dat fiind că în condiții de grad redus de drenare naturală a terenurilor, adâncimii mici de evacuare a produselor provenite din procesul de ameliorare și a acesiunii capilare a sărurilor, deja după 7-9 ani de la valorificare, are loc restabilirea însușirilor și regimurilor negative a solurilor, în legătură cu ce este necesară aplicarea repetată a lucrărilor de valorificare. Doar în acest mod poate fi asigurată obținerea unor recolte relativ satisfăcătoare pe atare terenuri.

Eficiența de scurtă durată a procedeeului descris este determinată de abordarea unilaterală a genezei complexelor de solonețuri și cernoziomurilor solonețizate fără luarea în calcul a tuturor proceselor din cadrul pedogenezei halomorfe. Aceasta a implicat necesitatea perfecționării continue a procedeelor de ameliorare a solurilor sărurate prin biologizarea acestora în scopul eficientizării efectelor ameliorative și sustenabilizării acestora.

Prin această prismă de idei, ameliorarea complexelor de solonețuri și cernoziomuri solonețizate trebuie să fie bazată pe optimizarea cadrului energetic (surse energetice), pedofuncțional (regimuri pedogenetice: hidric, de aerăție, aero-hidric, hidrotermic, de oxido-reducere) și biochimic (biodiversitatea și activitatea biotei solului) de restabilire a rolului prioritar al factorului biologic în funcționarea ecosistemului solului.

Restabilirea rolului factorului biologic urmează să fie sincronizată cu îmbunătățirea însușirilor fizice și hidrofizice ale solurilor, sporirea lărgită a fertilității acestora și inducerea unui sens ameliorativ unidirecționat în cadrul procesului de evoluție antroponaturală a complexului de solonețuri și cernoziomuri solonețizate.

Experiența acumulată în alte regiuni cu deficit de umiditate și pondere mare a complexelor de solonețuri și cernoziomuri solonețizate arată că dintre procedeele de lucrare a solonețurilor mai indicată este afânarea adâncă fără întoarcerea brazdei. Aceasta contribuie la păstrarea la suprafață a stratului humifer pedogenetic activ și afânarea stratului compact-slitic, imediat subiacent, fără scoaterea acestuia la suprafață. În același timp, Н.В. Елизаров și coaut. au constatat că o contribuție semnificativă în procesul de desalinizare a solurilor salinizate și la substituirea procesului de halogeneză cu cel biologic acumulativ (derno-proces) caracteristic solurilor cernoziomice, o au culturile graminee și boboase. Aceasta presupune extragerea sărurilor din sol cu biomasa plantelor



de cultură în cantități care depășesc cantitățile de săruri acumulate. Acumularea biologică a calciului conduce la substituirea, în timp, a sodiului din complexul adsorbativ. Conform autorilor citați, în regim natural acest proces se realizează la scara pedologică a timpului, iar în regim agricol durata lui se reduce la câteva zeci de ani. Pentru susținerea derno-procesului și celui de autoameliorare (desalinizarea + ameliorarea componentei complexului adsorbativ) se recomandă cultivarea culturilor adaptate la condițiile ecopedologice caracteristice solurilor sărurate.

În funcție de gradul de pretabilitate a culturilor la conținuturile sporite de săruri și sodiu prezent în complexul adsorbativ, plantele de cultură formează următorul rând: lucerna > amarantul > orzul > grâul > ovăzul > sorgul > meiul > sulfina > porumbul > năutul > bobul > lintea > fasolea > mazărichea > mazărea > soia.

În baza experienței acumulate în alte regiuni, dar și în baza propriilor lucrări de monitorizare a evoluției solonețurilor și solurilor solonețizate în GT „Gheorghe Cernogal”, SRL „Alodiu-Nord” (r-nul Sîngerei) în perioada 2007-2012, a fost fundamentat procedeul biofizico-tehnologic de ameliorare a terenurilor extraaluviale sărurate-solonețizate. Acesta presupune un complex de măsuri agro-bio-fitotehnice orientat pe mobilizarea potențialului nanoameliorativ natural caracteristic solonețurilor și cernoziomurilor solonețizate.

Cadrul conceptual-metodologic al procedurii propus este asigurat de conceptul interacțiunii factorului biologic și celui tehnologic în evoluția antro-po-naturală a solonețurilor și cernoziomurilor solonețizate în regim arabil. Elemente de bază în cadrul procedurii propus sunt:

- 1) asigurarea echilibrului cantitativ și calitativ între resursele biologice din sol și parametrii cantitativi și calitativi ai microbiotei solului;
- 2) sistem combinat/rotațional de lucrare;
- 3) includerea ogorului ocupat (sideral) în asolament, practicarea ogorului verde în perioada postrecoltare; tratarea resturilor vegetale cu preparate biologice/biohumice/bioorganice și crearea în segmentul 0-6-7 cm a unui strat de mulci organo-mineral prin tratarea solului cu grape cu discuri; stratul de mulci îndeplinește funcția orizontului detritic-humifer; administrarea în fiecare an a fertilizanților minerali și amendamentelor organo-minerale, în rate, în stratul radicular activ în rând în fazele timpurii ale perioadei de vegetație; subsolieră adâncă (50-55 cm) în prima decadă a lunii decembrie la 3-4 ani.

Procedeul biofizico-tehnologic induce o serie de procese și mecanisme ameliorative: accesul dioxidului de carbon în stratul radicular, sporirea solubilității calcitului, sporirea activității cationilor  $Ca^{2+}$  și adsorbția intensivă a acestora în complexul adsorbativ al solului; afânarea și agrostructurarea orizontului solonețizat (Al) și celui argilo-iluvial natric; structurarea masei solului în urma dezvoltării sistemului radicular al plantelor (mecanism radicular de structurare); intensificarea mecanismelor biofizico-coloidal, coagulațional, coprolitic și rizosferic de structurare cu formarea agregatelor 5-1 mm responsabile de rezervele de apă productivă în sol; desalinizarea și desolonețizarea stratului agrogen.

Ațiunea conjugată a acestor mecanisme asigură formarea stratului agrogen-ameliorat cu însușiri fizice, fizico-chimice și hidrofizice pentru dezvoltarea plantelor de cultură, funcționarea ecosistemului solului și reproducerea largită a bioproductivității agroecosistemelor.

Încorporarea anuală a amendamentelor organo-minerale în zona radiculară în cantități până la 3 t/ha reduce, până la minimum, intensitatea proceselor de restabilire a însușirilor negative și atribuie procesului pedogenetic sens evolutiv-ameliorativ unidirecționat.

#### Măsuri de prevenire a formării excesului de umiditate, salinizării și solonețizării secundare

Măsurile de prevenire a formării excesului de umiditate, salinizării și solonețizării secundare se execută în teritoriile amenajate pentru irigație, teritoriile cu risc de inundație și teritoriile cu risc de supraumiditate sau de băltire a apei în anii ploioși sau perioadele cu precipitații abundente. Cu risc maximal de salinizare-solonețizare secundară sunt spațiile irigate cu ape din sursele locale – râuri mici, râulețe, bazine de acumulare, iazuri și cu ape din sursele subterane.

Pornind de la procesele care se realizează în solurile irigate, pentru prevenirea excesului de apă, a salinizării și solonețizării secundare se recomandă:

- 1) asigurarea unui asolament de culturi cu plante amelioratoare pentru refacerea stării fizice, cumulativ cu toate celelalte măsuri de prevenire a deteriorării fizice a solului;
- 2) irigarea solului cu norme și debite de udare strict stabilite, în funcție de caracteristicile solului și pentru neadmiterea infiltrației de apă în adâncime sau stagnerii apei la suprafața solului;

- 3) reducerea necesităților pentru irigare prin optimizarea regimului de umiditate a solului și diminuarea evaporării fizice prin mulcirea suprafeței solului și prin amplasarea culturilor în funcție de resursele disponibile de apă în sol;
- 4) excluderea lucrărilor de irigare pe terenurile cu risc de formare a excesului de umiditate și salinizării;
- 5) excluderea compactării de suprafață care poate cauza stagnarea apei;
- 6) adaptarea unei metode de irigare potrivită cu solul și topografia terenului cu cantitatea și calitatea apei disponibile, cu exigențele culturii și condițiile climatice din zonă;
- 7) asigurarea condițiilor fizice în sol pentru dezvoltarea unui sistem radicular adânc bine dezvoltat, capabil să exploreze un strat gros de sol și să utilizeze intens apa;
- 8) aplicarea irigației cât mai uniform posibil și nivelarea terenurilor pentru o distribuire uniformă a apei pe suprafața solului;
- 9) utilizarea, pentru irigare, doar a apei care corespunde cerințelor actelor normative în vigoare vizând calitatea apei pentru irigare;
- 10) practicarea metodelor alternative de irigare a solurilor.

### 3.3. PRACTICI AGRO-, FITO- ȘI BIOREMEDIATIVE DE REABILITARE A TERENURILOR FIZIC DEGRADATE

Esența reabilitării solurilor fizic degradate presupune măsuri complexe agro-, fito- și bioremediative orientate unidirecționat pe optimizarea și menținerea parametrilor factorilor fizici de fertilitate în intervalele de valori optime pentru funcționarea sistemului fizic.

Conceptul optimizării însușirilor și regimurilor fizice este bazat pe comparația valorilor reale a parametrilor fizici ai solului cu valorile optime. În legătură cu aceasta, activitățile de optimizare a însușirilor și regimurilor fizice includ un șir de aspecte comune pentru toate solurile și aspecte particulare, determinate de particularitățile genetice ale solurilor. Totodată, apar un șir de probleme cauzate de specificul utilizării solurilor. O condiție comună pentru optimizarea însușirilor și regimurilor fizice, indiferent de geneza lor, este restabilirea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului și optimizarea stării de humus a solurilor în conformitate cu condițiile de landsaft.

Sub aspect agrotehnic, atât în perioada optimizării însușirilor și regimurilor fizice, cât și în perioada menținerii și conservării lor în regim optimal, o condiție comună pentru toate solurile este reducerea presiunilor tehnoprologene asupra acestora și prevenirea proceselor de destructurare și de compactare.

Diferența în modalitățile de optimizare a însușirilor fizice a solurilor este determinată de decalajul dintre valorile reale și cele optime a acestora în funcție de gradul de degradare a solurilor. Diferit în acest caz va fi și consumul de resurse energetice atât la etapele de optimizare, cât și la ulterioarele etape de conservare a însușirilor și regimurilor fizice în intervalul de valori optime.

Luând în considerație componența granulometrică și mineralogică a solurilor, conținutul și componența humusului, grosimea stratului humifer și radicular activ, este necesar ca optimizării să fie supuse starea structural-agregatică, densitatea aparentă, porozitatea totală și diferențială a solurilor.

La elaborarea complexului de măsuri orientate pe optimizarea însușirilor și regimurilor fizice ale solurilor în calcul urmează a fi luate, în mod obligatoriu, alcătuirea granulometrică și mineralogică, conținutul și componența humusului, care determină însușirile hidrofizice ale solurilor materializate în rezervele de apă productivă, gradul de mobilitate și de accesibilitate a apei, însușirile fizico-mecanice (rezistența la penetrare, aderența, plasticitatea, rezistența specifică și rezistența la arat), care determină particularitățile tehnologice ale solurilor.

Componența granulometrică și mineralogică, conținutul și componența humusului, de rând cu componența cationilor reținuți determină tipul, specia și gradul de structurare a solurilor, însușirile de bază ale structurii agregatice, volumul și alcătuirea spațiului poros, permeabilitatea, conductivitatea și capacitatea pentru apă, regimurile pedogenetice (hidric, de aeratie, termic) și pedofuncționale (hidrotermic, aerohidric, biologic, de oxido-reducere).

Optimizarea însușirilor și regimurilor fizice ale solurilor presupune două componente:

- a) prevenirea proceselor de degradare fizică a solurilor și reducerea, în timp, a intensității acestora prin reducerea presiunilor din exterior asupra solurilor și perfecționarea tehnologiilor practicate;
- b) măsuri complexe orientate pe optimizarea însușirilor și regimurilor fizice ale solurilor.

În cadrul măsurilor de prevenire a proceselor de degradare fizică și de reducere a intensității acestora în timp, un rol foarte important îl are regimul lucrărilor solurilor, deoarece s-a constatat că în cazul solurilor agricole, cca 50% din efectul sumar de afânare este condiționat de lucrările agricole. Proceselor de autoafânare, cauzate de forțele provenite din modificările volumetrice ca urmare a gonflării-contrației și înghețului-dezghetului, le revin respectiv 35% și 15%. Astfel, în situația când mai mult de 80% din cernoziomurile arabile sunt afectate de mai multe forme de degradare fizică, considerăm că în actuala fază de evoluție antroponaturală a acestora reducerea proceselor de degradare fizică este posibilă doar în cadrul unui sistem de lucrare a solurilor adaptat la starea agrofizică a solurilor cu identificarea priorităților și ierarhiei proceselor de management al acestora.

O primă condiție este desfășurarea tuturor lucrărilor doar în regim de umiditate corespunzător umidității de maturizare fizică (50-60% CC). Aceasta corespunde limitei inferioare de plasticitate și de aderență. În aceste condiții, solul se desface în agregate cu forme, dimensiuni și cantități corespunzătoare stării fizice a solurilor din cadrul respectivului teren.

*Tabelul 79. Criterii de evaluare a stării fizice a cernoziomurilor arabile în scopul identificării sistemului de măsuri complexe pentru optimizarea însușirilor și regimurilor fizice*

Parametrii fizici	Valori		
	optimale	critice	reale
Conținutul agregatelor agronomic valoroase (0,25-10 mm) în orizontul Aph	60-80	<50	30-80
Conținutul agregatelor hidrostabile >0,25 mm în orizontul arabil, %	40-75	<40	20-50
în orizontul subarabil, %	40-70	<40	25-45
Porozitatea totală, % în orizontul arabil	55-60	<50	50-75
în orizontul subarabil			
Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup> în orizontul arabil	1,10-1,30	<1,10 >1,35	0,83-1,47
în orizontul subarabil	1,10-1,35	<1,10 >1,40	1,20-1,60
Densitatea agregatelor >5 mm, g/cm <sup>3</sup> în orizontul arabil	1,45-1,50	<1,40 >1,55	1,55-1,65
în orizontul subarabil	1,50-1,55	<1,40 >1,60	1,60-1,75
Porozitatea agregatelor >5 mm, % în orizontul arabil	40-46	<35 >46	35-41
în orizontul subarabil	40-46	<35 >46	31-39
Densitatea agregatelor 5-1 mm, g/cm <sup>3</sup> în orizontul arabil	1,63-1,72	>1,72	>1,72
în orizontul subarabil	1,65-1,72	>1,72	>1,72
Porozitatea agregatelor 5-1 mm, % în orizontul arabil	40-35	<33	30-38
în orizontul subarabil	38-31	<31	30-38
Indicele de formare a crustei	1,0-1,5	>1,7	0,8-2,3
Permeabilitatea pentru apă, mm/min filtrația primară	2,0-2,5	<2,0	0,5-3,0
infiltrația	0,7-1,5	<0,7	0,3-1,0
Rezerve de apă productivă la începutul vegetației, mm stratul 0-20 cm	30-40	<20	20-40
stratul 0-100 cm	150-200	<90	80-150

La umidități mai mici are loc bolovănirea și bulgarizarea solurilor, fenomen care afectează regimurile aerohidric, hidrotermic, biologic etc. Din contra, la umidități mai mari lucrarea solurilor conduce la formarea de curele cu afectarea aceluiași regimuri și condițiilor de dezvoltare a plantelor. Pentru susținerea proceselor de autoafânare a solurilor este necesar ca presiunile tehnantropice exercitate asupra solurilor să nu depășească 50-60 kPa în regim de umiditate corespunzător capacității de câmp pentru apă (CC). 70-80 kPa la umidități 0,7-0,8 CC și 90-100 kPa în regim de 0,6 CC.

Nu se recomandă practicarea „ogorului negru” sau „terenului curat de resturi vegetale”. De altfel, această măsură este recomandabilă pentru toate solurile care sunt în folosință arabilă. Pentru acestea, lucrarea de arătură cu întoarcerea brazdei poate fi înlocuită cu o lucrare de afânare fără întoarcerea brazdei. Astfel de practici au avantajul că conduc la creșterea conținutului de materie organică în stratul superficial al solului și contribuie inițierii proceselor de restabilire și de reproducere a însușirilor solurilor.

Pentru evitarea proceselor de degradare fizică la suprafață (colmatarea spațiului poros, crustificarea, consolidarea) este necesar să se evite pregătirea unui pat germinativ fin. Un pat germinativ grosier (pondere predominantă a agregatelor 1-7 mm) este mai puțin vulnerabil la procesele de degradare fizică.

Pentru a preîntâmpina procesele de compactare cauzate de către tehnica agricolă la efectuarea lucrărilor de semănat, îndeosebi pe pante, pe soluri cu conținut mic de humus, erodate, fizic degradate lucrările de semănat se vor efectua doar în condiții optime de umiditate, se vor păstra resturi vegetale la suprafața solului.

Lucrările în cadrul practicilor agricole trebuie să fie diferențiate conform condițiilor pedoclimatice sincronizate cu succesiunea culturilor în rotații de lungă durată, inclusiv prezența unor culturi amelioratoare. Este indicată minimalizarea trecerilor pe teren a mașinilor agricole, efectuarea mai multor lucrări la o singură trecere prin folosirea agregatelor complexe, precum și reducerea suprafeței de teren bătătorită prin executarea trecerilor pe aceleași urme.

Monitorizarea stării fizice a solurilor la începutul și sfârșitul perioadei de vegetație în perioada 2015-2018 în peste 100 de exploatații agricole (în 12 raioane pedogeografice), a arătat că efectele sesizabile în ameliorarea însușirilor și regimurilor fizice ale solurilor sunt determinate de rotația, în fiecare an, a sistemelor de lucrare în corelare cu tehnologiile diferitelor culturi din asolament și executarea periodică (odată în 4-5 ani) a unor lucrări de afânare la adâncimea de 40-50 cm.

Măsurile de optimizare a însușirilor fizice ale cernoziomurilor arabile sunt determinate de decalajul dintre valorile reale și cele optime ale parametrilor fizici ai solurilor.

În solurile nedegradate și slab degradate, care dispun de valori reale aproape identice celor optime, măsurile de optimizare presupun orientarea tehnologiilor agricole pe conservarea și menținerea parametrilor fizici ai solurilor în intervalul de valori optime. Pentru aceasta se vor practica tehnologii agricole capabile să excludă deficitul de humus, degradarea structurii și compactarea solurilor. Evitarea compactării poate fi asigurată prin minimalizarea lucrărilor agricole și numărului de treceri pe teren.

Bilanțul echilibrat al substanțelor organice în solurile asolamentelor cu ierburi multianuale poate fi asigurat prin aplicarea de fertilizanți alternativi, echivalentul a 4,0-5 t/ha pe an gunoi de grajd. Aceasta presupune administrare a 3-5 t/ha paie de cerealiere și 30-50 kg N s.a. În cadrul asolamentelor fără ierburi multianuale și cu pondere mare a culturilor prășitoare, dozele de îngrășăminte organice urmează a fi sporite cu 40-50% comparativ cu cele numite mai sus.

În cazul solurilor moderat și puternic fizic degradate, pentru optimizarea însușirilor și regimurilor fizice practicile agricole vor fi orientate, în exclusivitate, pe restabilirea și sustenabilizarea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului, care este responsabil de sensul și intensitatea proceselor de agregare-structurare a masei solului. Optimizarea stării alcătuirii agregatice conduce la optimizarea tuturor factorilor fizici de fertilitate a solurilor. În același timp, măsurile practicate trebuie să asigure extinderea proceselor pedogenetice în orizonturile de tranziție B1 și B2 cu restabilirea sensului progresiv acumulativ al profilului cernoziomurilor arabile.

Ameliorarea însușirilor fizice în stratul arabil în unele cazuri (profile izohumice) se face și prin încadrarea unei părți a stratului subarabil în cel arabil. Optimizarea radicală însă, este posibilă doar prin managementul unidirecționat al resurselor bioenergetice și anume prin încorporarea sistematică în soluri a resturilor organice, cultivarea ierburilor multianuale, ogorului ocupat

(sideral), culturilor intermediare în scopul sustenabilizării cantității de materie organică proaspătă în sol și intensificării unidirecționale a procesului de formare și de acumulare a humusului.

Restabilirea structurii solului poate fi asigurată prin activizarea biotei solului și efectuarea lucrărilor în regim de umiditate corespunzătoare umidității de maturitate fizică. În unele cazuri, pentru ameliorarea stării structural-agregative a solurilor este necesară modificarea categoriei de folosință. Mai indicată este practicarea unor asolamente ameliorative: de rând cu culturile bune amelioratoare sunt incluse plante foarte bune amelioratoare – ierburile multianuale.

Cercetările noastre au arătat că plantele de cultură, în funcție de particularitățile lor botanice și fiziologice, exercită asupra însușirilor și regimurilor solurilor acțiune diferită, lucru care ne-a permis să le divizăm în câteva grupe (Tab. 80).

Din cele prezentate în tabel putem conchide că numai în cazul unei combinări efective a cerealiilor, culturilor prășitoare și tehnice, se poate asigura efect maximal de conservare și reproducere a însușirilor și regimurilor solurilor.

Un loc aparte, în acest context, revine ierburilor multianuale. Prezența acestora în componența asolamentelor asigură influență multilaterală asupra însușirilor și regimurilor fizice:

- contribuie la reducerea forțelor exercitate asupra solurilor de către pneurile mașinilor agricole;
- sistemul radicular fasciculat asigură afânarea calitativă a solurilor până la 30-40 cm;
- asigură bilanțul pozitiv al humusului în sol;
- asigură formarea structurii grăunțoasă-bulgăroasă și bulgăroasă-grăunțoasă.

Tabelul 80. Locul și rolul culturilor agricole în constituirea însușirilor fizice ale solurilor (Jigău, 2000)

Grupa	Culturile	Caracteristica agrobiologică	Gradul de influență asupra însușirilor și regimurilor fizice
I	De toamnă, de primăvară, spicoase, ierburi graminee anuale și perene, amestecuri de ierburi	Sistem radicular fasciculat, densitate mare a semănăturilor, termeni timpurii de dezvoltare, densitate mare a sistemului radicular și masei foliare la începutul perioadei de vară	Semnificativ
II	Leguminoase anuale și perene	Sistem radicular pivotant. Densitate mică a rădăcinilor în orizonturile superioare ale solului și mare în segmentul mediu al profilului. Masa foliară la începutul verii este suficient dezvoltată	Moderat
III	Floarea-soarelui, porumbul, tutunul, meiul, sorgul, legumicolele	Sistem radicular pivotant (floarea soarelui, tutunul, legumicolele) și fasciculat (porumb, mei, sorg). Lucrarea solurilor între rânduri reduce la minimum densitatea rădăcinilor în orizonturile superioare ale solului. Dezvoltare maximală masa foliară atinge în jumătatea a doua a verii	Nesemnificativ
IV	Culturi rădăcinoase	Sistem radicular pivotant. În apropierea rădăcinilor masa de sol este compactată, astructurată. Masa foliară atinge dezvoltarea maximă în jumătatea a doua a verii, iar a rădăcinilor – la sfârșitul verii	Negativ

Totodată, s-a stabilit că prin cultivarea ierburilor multianuale sporește de 2 ori a permeabilitatea solului pentru apă.

În faza actuală de evoluție antro-po-naturală, caracterizată prin degradare fizică a solurilor, practic, a întregului fond arabil și bilanț regresiv al materiei organice în sol, pentru ameliorarea însușirilor și regimurilor fizice a solurilor, includerea ierburilor multianuale în rotația culturilor este obligatorie.

### 3.4. PRACTICI AGRO-, FITO- ȘI BIOREMEDIATIVE DE REABILITARE A TERENURILOR DEHUMIFICATE ȘI EPUIZATE

În cadrul ecosistemelor naturale procesul de dehumificare este parte componentă a stării de echilibru (climax) în cadrul sistemului „flux de resturi organice – humificare – mineralizarea humusului” constituit în soluri la scara pedologică a timpului până la încadrarea solurilor/feroziomurilor în circuitul agricol.

Perturbarea, bruscă, a acestui echilibru prin substituirea biocenozelor cu agrofitecenoze și, respectiv, reducerea fluxului de materie organică proaspătă a condus, în mod inevitabil, la intensificarea procesului de dehumificare. În conformitate cu legea și a parabololinelității condițiilor pedogenetice și însușirilor solurilor, în perioadele incipiente de dezvoltare a pedogenezei cernoziomice antropizate, scăderea rezervelor de humus în soluri decurge accelerat. Pe măsura reducerii conținutului de humus în soluri intensitatea procesului de dehumificare se reduce până la instaurarea unei noi stări de echilibru în cadrul unui nou circuit al carbonului organic „flux de resturi organice – humificare – dehumificare” în cadrul pedogenezei cernoziomice natural-antropice.

Indispensabil, de procesul de dehumificare este legat procesul de epuizare a cernoziomurilor agricole și de degradare a factorilor fizici de fertilitate. Prin urmare, în cadrul actualelor practici agricole în cernoziomurile arabile s-a instaurat un trend unidirecționat în sensul reducerii fertilității potențiale a acestora.

Prin această prismă de idei, considerăm că dehumificarea cernoziomurilor arabile este un proces legitim în evoluția cernoziomurilor în regim antroponatural, iar gradul de exprimare a acestuia este determinat de durata de utilizare a solurilor în agricultură, care conduce la reducerea semnificativă a cantității surselor de humus, agroepuizare, degradare fizică și se materializează în reducerea fertilității solurilor. În atare abordare, dehumificarea este unitatea de exprimare cantitativă a supracultivării solurilor, care reprezintă etapa incipientă de degradare a fertilității acestora. Procesul specificat este reversibil, astfel încât ulterioara optimizare a regimului substanțelor organice conduce la restabilirea accelerată a fertilității efective a solurilor.

În contextul celor menționate, în Figura 34 este prezentat cadrul conceptual-metodologic de management a procesului de dehumificare și de rehabilitare a terenurilor dehumificate și epuizate.

Un factor important în restabilirea rezervelor de humus în sol revine sistemului de lucrare a solurilor. În acest sens, este indiscutabil că sistemul de lucrări intensive bazat pe arătura în fiecare an a falimentat. În același timp, nici sistemele alternative „conservative” preluate din alte spații bio- și pedoclimatice fără o preventivă fundamentare pe studii pedologice și adaptare la condițiile de landsaft nu s-au încununat de succes, atât în trecut (anii 80 ai secolului trecut), cât și în prezent (ultimii 20-25 ani). În plus, din componența ultimelor au decăzut măsurile de protecție antierozională, ca urmare se atestă o intensificare a proceselor de eroziune cu apa și vântul, acestea mai fiind favorizate de actualul trend al climatului regional. În aceste condiții s-a intensificat dehumificarea prin eroziune.

Monitorizarea indicilor de calitate a solurilor în mai mult de 100 de exploatații agricole din 12 raioane pedogeografice (440 profile de soluri), la începutul și sfârșitul perioadei de vegetație, ne permite să considerăm că la etapa actuală de evoluție antroponaturală a cernoziomurilor arabile, cel mai indicat sistem de lucrare este cel rotațional/combinat, care presupune alternarea arăturii (odată la 4-5 ani) cu afânarea la diverse adâncimi fără întoarcerea brazdei (afânator, paraplow) cu păstrarea resturilor organice la suprafața solurilor. Cercetările noastre au arătat că în cadrul unei rotații de 5-6 culturi, conținutul de humus sporește cu 0,33-0,38%. În același timp, acestea au arătat că sistemul rotațional de lucrare este mai indicat pentru solurile lutoargiloase și argilolutoase.

Arătura cu întoarcerea brazdei asigură un nivel sporit de activitate biologică atât în stratul superficial (0-10 cm), cât și în cele subiacente (10-20 și 20-30 cm). Grație acestui fapt, stratul arat este omogen prin conținutul de elemente de nutriție, în primul rând azot și fosfor și fitonutrienți organici. Afânarea superficială asigură intensitate activă doar în stratul superficial 0-10 cm.

Arătura conduce la sporirea semnificativă a masei microbiotei aerobe, intensificarea proceselor de descompunere a materiei organice proaspete în sol și reducerea concomitentă a coeficientului de humificare, sporirea intensității proceselor de mineralizare. În condiții de flux insuficient de resturi organice proaspete în sol, sporește semnificativ intensitatea proceselor de mineralizare a humusului.

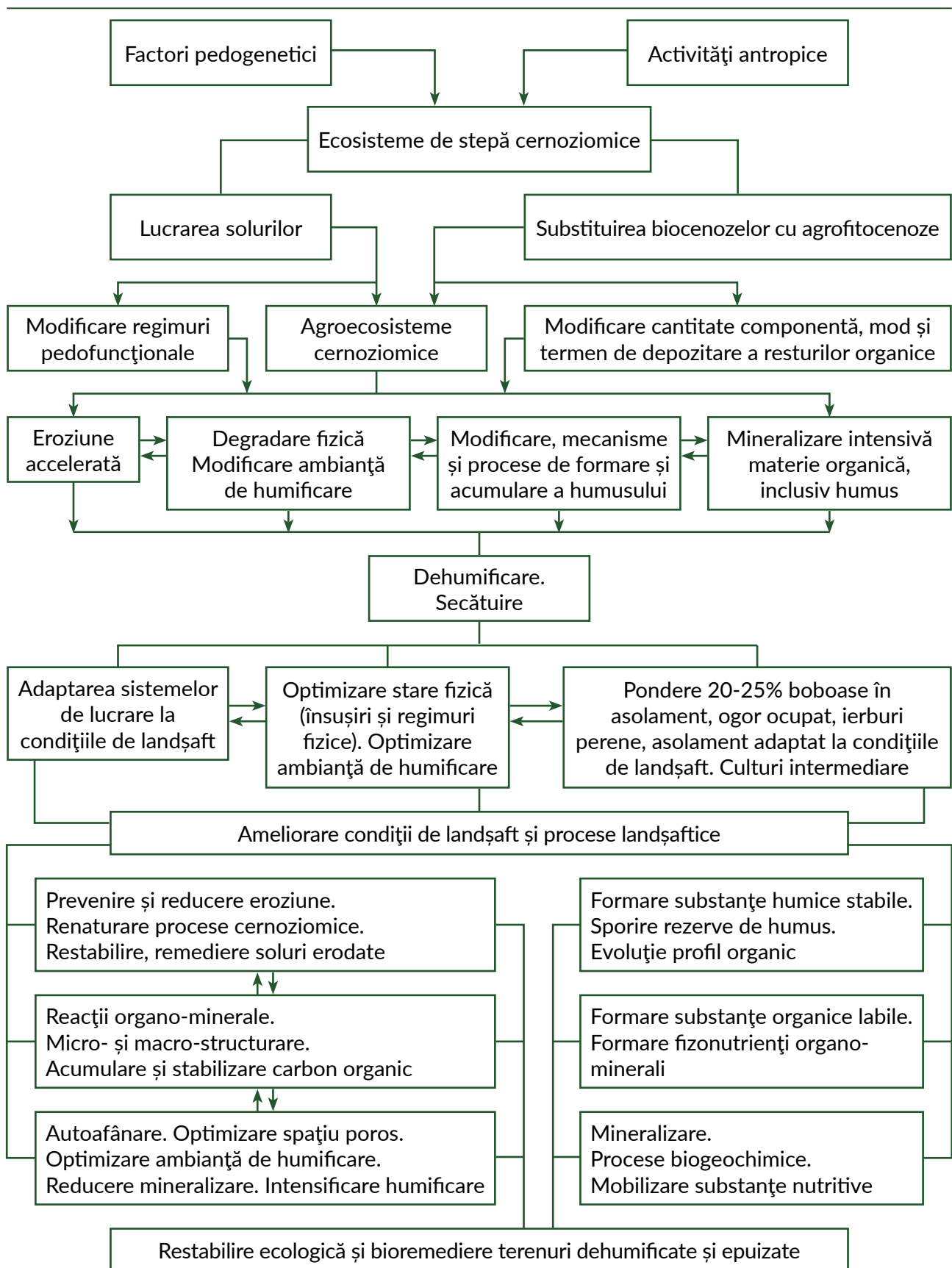


Fig. 34. Cadrul metodologic de restabilire biologică și bioremediere a terenurilor dehumificate și epuizate

În condiții de afânare fără întoarcerea brazdei, activitatea biologică a microbiotei solului se reduce parțial ca urmare a sporirii numărului de bacterii anaerobe. Aceasta conduce la diminuarea proceselor de descompunere a materiei organice proaspete și sporirea coeficientului de humificare.

Pentru optimizarea populațiilor de fungi în sol se recomandă lucrarea de arătură cu întoarcerea brazdei. Sistemul de lucrare superficială conduce la sporirea semnificativă a masei fungilor în stratul arabil comparativ cu sistemul arături-lucrare superficială, lucru care se răsfrânge negativ asupra stării biologice a solurilor.

De activitatea biologică a solurilor depinde nivelul de toxicitate a solurilor, care face parte din numărul factorilor cu impact negativ asupra fertilității solurilor. Consecințele toxicității presupun frânarea creșterii rădăcinilor, cloroza plantelor, dereglarea schimbului de substanțe, reducerea fluxului de substanțe nutritive, suprimarea procesului de respirație. Conform cercetărilor, nivelul minim de toxicitate se constată în cadrul sistemului de lucrări arătură-afânare superficială, iar nivelul maxim – în cazul celui superficial. Aceasta implică necesitatea practicării sistemelor rotaționale de lucrare.

Pentru solurile lutoase, lutoargiloase și argilolutoase mai indicat este sistemul arătură (odată la 4 ani) – afânare superficială (8-10 cm) – afânare moderată (14-16 cm) – afânare adâncă (20-24 cm) – arătură. Totodată, s-a constatat intensificarea proceselor microbiologice, sporirea conținutului de humus ca urmare a creării condițiilor optime pentru activitatea microflorei solului.

Sistemul rotațional contribuie la intensificarea procesului de descompunere a celulozei, care favorizează inițierea proceselor de descompunere aerobă (3 ani), întreruperii acestui proces prin arătură cu întoarcerea brazdei și ulterioarei descompuneri a acestora în condiții anaerobe cu formarea humusului. În acest context, atragem atenția că sporirea activității microorganismelor, care descompun celuloza, nu conduce la mineralizarea materiei organice, implicând doar descompunerea substanțelor organice primare, care sunt încorporate în sol. În rezultatul descompunerii acestor substanțe se formează compuși organici, care ulterior sunt încadrați în componența substanțelor humice, iar ca urmare sporește conținutul de humus.

Aceasta se explică prin faptul, că în cazul sistemului de afânare superficială în stratul subiacent se reduce conținutul substanțelor humice care asigură detoxicarea, pe când în cazul sistemului arătură-lucrare superficială, ca urmare a întoarcerii periodice a brazdei, masa de sol din stratul superior cu substanțele humice acumulate se deplasează în locul celui inferior.

Un loc aparte în reabilitarea ecologică a terenurilor dehumificate și epuizate revine sistemului agricol conservativ (AC) promovat în Republica Moldova în ultimii 15-20 ani. Acesta cuprinde o serie de sisteme de tehnici de cultură, care se axează pe trei principii: lucrarea minimă a solului, acoperirea permanentă a solului și combinațiile de culturi în timp (rotațiile) și spațiu (asociații de culturi) (Ileana Bogdan și coaut.).

Unul din dezideratele de bază ale AC este acoperirea permanentă a suprafeței solului fie cu resturi vegetale ale culturii anterioare, fie cu „mulci viu” – culturi acoperitoare care ocupă terenul în perioada dintre cultura predecesoare și cea ulterioară din asolament. Mai rar aceasta poate fi o cultură cultivată în asociere cu cultura principală (lucerna în cultura grâului, orzului).

Acoperirea permanentă a solului înlocuiește unele dintre funcțiile lucrărilor solului (asigură dezburuienirea) și conduce la protejarea solului de o serie de factori cu acțiune negativă, în special a celor cauzați de fenomenele climatice extreme, la stimularea proceselor biologice responsabile de structurarea solului și regimurilor solului aferente acestora, inclusiv celui de nutriție, la îmbogățirea și ameliorarea organică și biologică a solului și la optimizarea disponibilității nutrienților pe deoparte prin intensificarea fluxului acestora în soluția solului și diminuarea scurgerilor sau levigării, contribuind astfel la sporirea eficienței fertilizanților naturali (Jigău, 2018).

Una din cele mai importante componente ale AC, ca și în cazul tehnologiilor convenționale, o reprezintă lucrarea solului:

- a) modul de afânare;
- b) modul de prelucrare;
- c) modul de introducere a seminței.

Conceptul sistemului de agricultură conservativă promovează două variante posibile în funcție de starea solurilor, condițiile geomorfologice ș.a.:



- a) abandonarea totală a lucrărilor pornind de la ideea că acestea favorizează degradarea solului prin deprotejarea materiei organice, degradarea structurii și pierderea stabilității agregative, reducerea/pierderea biodiversității și sporirea erodabilității;
- b) reducerea lucrărilor solului până la minimumul necesar suficient pentru asigurarea unui cadru fizic-hidrofizic-biochimic relativ optimal pentru funcționarea normală a agroecosistemelor și reproducerea lărgită a fertilității solului.

În acest context, este necesar să deosebim clar două grupe de agricultură conservativă:

- 1) no-tillage;
- 2) minim-tillage.

Sistemul „no-tillage”, sinonim cu: semănat direct, semănat în fantă, fără lucrare, sistem cu mulci ș.a., presupune asigurarea la suprafața solului a unui strat de mulci organic (litieră agroge-nă), care în timp se stratifică în substraturi subțiri alcătuite din resturi vegetale în diverse faze de transformare-biodescompunere-humificare și introducerea seminței direct în miriștea culturii premergătoare, fără a efectua nici un fel de lucrare anterioară de afânare a solului, cu excepția deschiderii concomitent cu semănatul a unei benzi foarte înguste, de numai câțiva centimetri, pentru a permite introducerea semințelor în sol. Suprafața solului după semănat rămâne practic acoperită aproape în totalitate cu resturi vegetale. După necesitate, pentru o mai bună acoperire a suprafeței solului în condițiile bioclimatice ale Republicii Moldova, pot fi adăugate cantități de materie organică importată din exterior în cantități mai mari de 6 t/ha pe an substanță uscată.

În primii 10-15 ani de utilizare a acestui sistem este indicată completarea sistemului no-tillage cu tehnica culturilor protectoare folosite ca sursă de materie organică sau ca mulci vegetal „viu” de protecție. Totodată, acestea sunt indicate și în scopul asigurării stabilității regimului hidrotermic și celui biologic al solurilor.

Completarea sistemului no-tillage cu tehnica culturilor protectoare implică și alte efecte pozitive:

- protejarea stratului de mulci împotriva fenomenelor de climă extremă – vânturi puternice, furtuni, ploi torențiale cu formare de scurgeri puternice de suprafață, îndeosebi în perioadele postrecoltare și înainte de semănat;
- creșterea conținutului de materie organică din stratul superficial de sol (maximum 10 cm), iar în cazul unor culturi cu sistem radicular adânc și în orizonturile mai adânci (AmBm);
- asigurarea acumulării biogene a elementelor de nutriție, preponderent în stratul radicular activ;
- stimularea biodiversității solului, preponderent în stratul radicular activ;
- gospodărirea adecvată a resturilor vegetale reprezintă o formă eficientă de „sechestrare” a carbonului în sol și de stabilizare a acestuia în agregate structurale hidrostabile.

Monitorizarea sistemului no-tillage în cadrul unei experiențe montate de S.A. „Sudzucker Moldova” în loc. Gribova, r-nul Drochia a arătat că pe termeni scurți (4-5 ani) asigură doar avantaje economice:

- reducerea necesarului de manoperă la unitatea de suprafață;
- timp salvat: 40-50% față de sistemul convențional, prin eliminarea unei serii de lucrări specifice fiecărui tip de cultură și simplificării procesului de lucrare a solului;
- reducerea consumului de combustibil cu 40-50% față de sistemul clasic (timp consumul poate spori ca urmare a reducerii cantității de fertilizanți);
- îmbunătățirea productivității unității agricole pe termen lung.

Pornind de la trendul proceselor pedogenetice cernoziomice în cadrul sistemului no-tillage, ne permitem să prognozăm pe termen lung o serie de avantaje ce țin de reabilitarea ecologică a terenurilor dehumificate și epuizate:

- creșterea pe termen lung, cu cel puțin o clasă, a gradului de fertilitate a solului datorită îmbunătățirii stării fizice, chimice, reducerii degradării prin structurare, compactare și eroziune. Modificările pozitive specificate contribuie la intensificarea activității biologice și proceselor biochimice, care conduc la sechestrarea și stabilizarea carbonului organic în agregatele structurale și acumularea biogenă a elementelor de nutriție;
- reducerea pierderilor de humus și substanțe nutritive prin reducerea traficului, reducerea volumului de sol agresat mecanic, protecția permanentă a suprafeței solului prin mulciul vegetal obținut din cultura protectoare, îmbunătățirea însușirilor fizice etc.;

- îmbunătățirea profilului agricol al solului prin creșterea adâncimii și îmbunătățirea fizi-co-biologică a solului (sporire resurse bioenergetice, materie organică, biomasă microbiană, activitate mezofaunistică, regim aerohidric, substanțe humice labile);
- îmbunătățirea condițiilor de vegetație a plantelor cultivate sub aspectul condițiilor de dezvoltare a sistemului radicular; a disponibilizării elementelor nutritive din sol, îndeosebi prin îmbunătățirea conținutului de humus, stabilizarea carbonului organic în sol, reducerea pierderilor de carbon prin mineralizare și eroziune; îmbunătățirea regimului azotului în sol; diminuarea formelor mobile ale nutrienților;
- mărirea biodiversității prin creșterea activității biologice din sol și folosirea unui număr mare de specii cultivate, atât în cadrul rotației ca și culturi de bază, cât și a celor însămânțate pentru mulci.

În funcție de impactul bioremediativ, culturile protectoare formează câteva grupe:

- în calitate de sursă de humus: iarba de Sudan, orzul de toamnă, grâul de toamnă, ovăzul, secara de toamnă;
- în calitate de sursă de azot: leguminoase anuale și perene (mazărichea, lupinul, uneori sparceta, trifoiul roșu);
- pentru suprimarea buruienilor sunt preferate iarba de Sudan, secara sau orzul de toamnă;
- pentru sporirea potențialului nutritiv al solului sunt recomandate leguminoasele sau combinațiile între leguminoase și ovăz, orz sau grâu.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească o bună cultură protectoare sunt:

- pretabilitate la semănat direct;
- perioadă de vegetație scurtă;
- capacitate de creștere și acoperire rapidă a solului;
- cost redus al semințelor;
- sistem radicular fibros (care lasă multe resturi vegetale în sol) sau cu capacitate de reținere a azotului;
- producție mare de biomasă;
- capacitate mare de concurență a buruienilor;
- fără nici un risc de concurență (alelopatică sau interspecifică) a culturii de bază.

Culturile mai pretabile la sistemul no-tillage/semănat direct: cereale păioase, porumbul, soia, floarea-soarelui, fasolea, năutul, practic toate culturile legumicole, cu excepția morcovului și altor rădăcinoase.

Culturile cu pretabilitate redusă sunt: sfecla, cartoful, morcovul și alte rădăcinoase.

Sistemul no-tillage/semănatul direct este mai indicat pentru solurile cu alcătuire granulometrică mijlocie (lutoasă) cu grad slab de degradare fizică, dar și în acest caz este necesară o perioadă de tranziție de 5-7 ani. Aceasta presupune reabilitarea-valorificarea stratului arabil prin cultivarea culturilor amelioratoare. În principal, prin cultivarea culturilor amelioratoare se urmăresc următoarele deziderate:

- stăvilirea proceselor de degradare;
- ameliorarea progresivă a stării terenurilor afectate de degradare;
- protejarea terenurilor de punerea lor în valoare prin culturi amelioratoare;
- îmbunătățirea condițiilor de mediu (refacerea echilibrului hidrologic, ameliorarea proprietăților fizice și chimice ale solului, atenuarea fenomenelor climatice extreme, reducerea, sporirea biodiversității biologice.

Sistemul minim-tillage presupune reabilitarea solurilor dehumificate și epuizate prin asigurarea de condiții în care cantitățile de humus acumulate depășesc cantitățile consumate. Acest deziderat implică necesitatea unei mobilități a ambelor componente ale sistemului „lucrarea solului – planta (cultura agricolă)”, adică abordarea diferențiată a modului de lucrare ținând cont de particularitățile culturii preconizate și, invers, selectarea culturilor luând în considerație necesitățile culturii și implicațiile lucrării asupra solului.

Sistemul minim-tillage este caracterizat de lucrarea solului cu păstrarea la suprafața solului a resturilor organice în proporție de 30%, sau încorporate superficial prin lucrările executate îndeplinind rolul de mulci și executarea altor lucrări ale solului, inclusiv semănatul prin una sau cel mult două treceri. În funcție de agregatele folosite, adâncimea de afânare și numărul de treceri, acest sistem poate avea mai multe variante:

- sistemul de lucrări minime de bază fără întoarcerea brazdei;
- lucrat cu cizelul + agregat complex (grapă + semănătoare + tăvălug);
- lucrat cu plugul paraplow + agregat complex (grapă + semănătoare + tăvălug);
- sistemul minim cu agregate complexe cu decompactor;
- sistemul de lucrări minime cu grape cu discuri;
- sistemul de lucrări minime cu agregate „multitill” de un tip modular și multifuncțional;
- sistemul de lucrări minime cu grape rotative;
- sistemul de lucrări minime cu mulci;
- sistemul raționalizat cu o singură trecere a unui agregat complex, care efectuează lucrarea solului și semănatul;
- sistemul raționalizat cu 2 treceri – constă în executarea a două lucrări. La prima trecere se execută lucrările solului, iar la a 2-a trecere se pregătește patul de semănat. Se poate atașa și dispozitiv de aplicat îngrășăminte/tratamente.

Sistemul de lucrări cu mulci se realizează cu respectarea principiilor sistemului minim-tillage, dar prevede ca resturile vegetale rămase la suprafața solului să fie de cel puțin 30-80% din totalul acestora. Acest sistem presupune două componente de bază:

- acumularea resturilor vegetale la suprafața solului;
- încorporarea acestora cu grapa cu discuri la adâncime mică cu formarea unui amestec organo-terros.

Beneficiile sistemului de lucrări cu mulci reies din îmbinarea eficientă a acestor două componente și sunt mai pronunțate odată cu creșterea nivelului de acoperire a suprafeței solului cu mulci și ponderea de resturi vegetale în componența acestuia (Tab. 81).

Tab. 81. Eficacitatea mulciului organo-terros pentru conservarea solului

Conținut de resturi vegetale în componența mulciului	Beneficii. Eficacitate
<5%	Eficacitate extrem de joasă. Beneficii pedoecologice nule
5-30%	Eficacitate foarte joasă. Beneficii pedoecologice foarte mici
30-60%	Eficacitate joasă. Insuficientă pentru beneficii remediative sesizabile
60-80%	Calitate relativă. Controlul eroziunii cu apa și vântul. Intensificare unidirecționată a procesului de formare a humusului și de acumulare biogenă a nutrienților
>80%	Calitate superioară. Nivel înalt de infiltrare a apei. Control efectiv al eroziunii cu apa și vântul. Micșorarea efectivă a evaporației. Condiții optime pentru formarea-acumularea humusului și nutrienților

Grosimea stratului de mulci se determină în funcție de regimul umidității și regimul hidrotermic. Cu cât umiditatea este mai mică, cu atât va fi mai mare grosimea stratului de mulci, dar nu va depăși 8-10 cm. În acest sens, pe versanți grosimea stratului de mulci va avea grosimea de 8-10 cm pe versanții sudici și de 5-6 cm pe versanții nordici. Pe versanții estici și vestici acesta va alcătui 6-8 cm.

Cercetările noastre au arătat că lucrarea cu mulci sporește de 2 ori numărul de cervotocine și coproliți în stratul arabil. Pe parcursul unei rotații de 5 culturi, conținutul de humus în stratul arabil a sporit cu 0,3%, iar conținutul de agregate 5-1 mm, care stabilizează humusul, a sporit cu 8-13%. Astfel, se asigură condiții mai favorabile pentru ameliorarea bilanțului humusului în stratul 0-20 cm. Conform calculelor, pierderile anuale de humus alcătuiesc cca 1 t/ha pe an la arătură și 0,7 t/ha/an la lucrarea cu mulci.

Spre deosebire de sistemul no-tillage, sistemul minim-tillage contribuie la formarea unor cantități mai mari de substanțe humice mobile (extras 0,1n NaOH) cu migrarea acestora pe profil cu curențele descendente de apă, inclusiv în orizontul B1. Aceasta contribuie extinderii proceselor de structurare pe profil și intensificării activității mezofaunei (râmelor) (Jigău și coaut., 2018).

### *Locul și rolul ierburilor multianuale în reabilitarea terenurilor dehumificate și epuizate*

Conform lui В.Р. Вильямс (1947), în condiții de ecosisteme naturale de stepă, rolul principal în furnizarea de materie organică în sol revine resturilor vegetale radiculare ale asociațiilor ierboase de stepă, depuse în sol în situ. Acestea sunt supuse descompunerii de către biota solului, parcurgând etapa de biotransformare în condiții de deficit de aerăție/oxigen cu formarea, preponderentă, de acizi huminici și, în măsură mai mică, de acizi fulvici.

Prin prisma actualelor abordări a substanțelor humice, procesele specificate conduc la formarea de substanțe organice amfile, componente de bază a cărora sunt compușii hidrofobi (acizii huminici) și cei hidrofilii (acizii fulvici). Substanțele humice nou-formate se încadrează în reacții organo-minerale cu formare de agregate structurale stabile, astfel contribuind acumularii și stabilizării substanțelor humice în sol.

În acest sens, trebuie de menționat că ierburilor multianuale le revine un rol important în restabilirea și optimizarea cadrului fizic funcțional de realizare a procesului de formare și de acumulare a humusului. Aceasta presupune intensificarea mecanismelor radiculare de formare și de stabilizare a agregatelor structurale, în primul rând a celor 5-1 mm. Sporirea cantității acestora contribuie la optimizarea spațiului poros al solurilor, în special al porilor agregatici în care decurg procesele de formare a humusului. Agregarea-structurarea masei solului conduce, de asemenea, la sporirea volumului porilor interagregatici în care decurg procesele de mineralizare a materiei organice cu mobilizarea substanțelor nutritive. Astfel, cultivarea ierburilor multianuale contribuie la restabilirea sincronizată a stării de humus și regimului nutritiv al solurilor. Anume desfășurarea sincronizată a proceselor anaerobe de humificare și celor aerobe de mobilizare a elementelor nutritive asigură efectele de restabilire accelerată a terenurilor dehumificate și epuizate în perioade scurte de timp.

Р.Ф. Хасанова și coaut. (2015) au constatat că ierburile multianuale, producând o cantitate mare de resturi radiculare, accelerează formarea humusului, susțin dezvoltarea biotei solului și a biodiversității acesteia, asigură intensificarea circuitului substanțelor, inclusiv a azotului, asigură optimizarea schimbului de căldură, apă și aer prin agregarea masei solului și stabilizarea structurii. Grație sistemului radicular fasciculat puternic dezvoltat, ierburile multianuale reduc semnificativ intensitatea proceselor de eroziune cu apa și vântul. Autorii citați au stabilit realizarea unei corelații pozitive între conținutul de humus și cantitatea totală de fitomasă ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) ( $r=0,75$ ), masa literei ( $r=0,76$ ) și masa radiculară ( $r=0,78$ ).

Cercetările au mai indicat sporirea conținutului de humus în agregatele structurale hidrostabile, pe măsura reducerii diametrului agregatelor structurale ( $r=0,62$ ), și demonstrează rolul decisiv al humusului în crearea agregatelor hidrostabile. Includerea ierburilor multianuale în asolament a contribuit la sporirea conținutului de humus în stratul arabil cu 0,3-0,5% (7-12 t/ha) în 2-3 ani (Хасанова и др., 2015). În opinia autorilor citați, sporirea conținutului de humus se datorează intensificării proceselor de formare a humusului în rezultatul activității îmbinate a sistemului radicular și microorganismelor.

Conform lui V. Cerbari și coaut. (2013), pe parcursul a 5 ani (2007-2012) cultivarea amestecului de ierburi lucernă + raigras a contribuit la restituirea în sol a cca 10,2 t/ha (masă uscată) de resturi organice aeriene de lucernă și raigras (cca 2 t/ha/an) cu conținut mediu de azot – 2,48% și alte cca 15,3 t/ha de rădăcini (3,1 t/ha/an) cu conținut de azot cca 1,5 t/ha. În total, în 5 ani, în stratul arabil (0-30 cm) s-au depozitat cca 25,5 t/ha resturi organice (480 kg/ha azot biologic). Ca urmare, conținutul de humus în stratul 0-12 cm a sporit cu 0,43%, în stratul 12-20 cm – cu 0,11%, iar în stratul 20-35 cm cu 0,06%. Aceasta a condus la sporirea conținutului de agregate agronomice valoroase (10-0,25 mm) cu cca 3%, iar a celor hidrostabile ( $>0,25$  mm) cu cca 8%. Aceasta implică concluzia că dezvoltarea sistemului radicular ierbos contribuie la sporirea hidrostabilității agregatelor structurale (Tab. 82).

Tabelul 82. Modificarea însușirilor stratului arabil al cernoziomurilor levigate în condiții de cultivare a amestecului lucernă + raigras (2007-2012) (V. Cerbari și coaut., 2013)

Orizont Adâncime, cm	Densitate aparentă, g/cm <sup>3</sup>	Porozitate totală, %	Conținut agregate		Conținut		
			agronomic valoroase	hidrostabile	humus, %	azot total, %	fosfor total, %
Aph1 0-12	1,29/1,22	50,8/53,4	66,5/69,0	65,3/73,0	3,43/3,86	0,212/0,236	0,148/0,157
Aph1 12-20	1,41/1,38	46,4/47,5	51,5/54,7	68,7/75,4	3,22/3,33	0,203/0,213	0,130/0,130
Aph2 20-35	1,48/1,44	44,5/45,9	50,8/52,7	73,3/78,2	3,06/3,12	0,195/0,202	0,124/0,123
A 35-50	1,43/1,41	46,5/47,4	79,3/77,6	75,7/75,4	2,86,2,85	0,187/0,185	0,102/0,095

**Notă:** numărător – parametrii inițiali; numitor – parametrii modificați prin metode de reabilitare ecologică.

Tendențe analogice au fost constatate și în alte spații cu cernoziomuri (Tab. 83).

Tabelul 83. Conținutul de humus și azot în condiții de diverse sisteme de fertilizare (Хасанова и др., 2017)

Varianta	Humus, %	Azot, mg/kg
Control	4,30	2406
Paie de mazăre 4,5 t/ha/an	4,40	2448
Masă verde de rapiță (20 t/ha în cadrul unei rotații)	4,31	2472
Paie de grâu 4,5 t/ha + N45 anual	4,42	2568
Gunoii de grajd 60 t/ha în cadrul unei rotații	4,38	2691
Gunoii de grajd 15 t/ha anual	4,45	2778
N60 P60 K60 anual	4,29	2370

Conform calculelor autorilor, în stratul 0-12 cm pe parcursul a 5 ani conținutul de humus a sporit cu 6,3 t/ha sau cu 1,26 t/ha/an, această cantitate depășind cantitatea medie (cca 1 t/ha) de humus consumată anual din cernoziomuri. Aceasta ne permite să considerăm că în 5 ani în sol s-a instaurat un bilanț acumulativ pozitiv reproductiv al humusului. Ulterior, acesta poate fi susținut prin practicarea asolamentelor adaptate la condițiile de landsaft, practicarea culturilor intermediere cu încorporarea anuală de materie organică proaspătă în sol.

Cultivarea amestecurilor de ierburi se îndreptățește și economic. Conform calculelor lui V. Cerbari și coaut. (2013), venitul mediu net, deja în primul an alcătuiește 500 lei/ha/an. Venitul mediu net în următorii 4 ani a alcătuit cca 5000 lei/ha/an. Rezultate analogice au fost obținute în condiții de producție în SRL „Grădina de vis” (r-nul Sîngerei), SRL „Schit-Agromex” (r-nul Criuleni) (Jigău, 2020).

Intensificarea fluxului de substanță organică în sol conduce la remedierea cadrului fizic funcțional: ameliorarea alcătuirii structurii agregatice, reducerea gradului de compactare și optimizare a spațiului poros, acestea contribuind la intensificarea proceselor de formare a humusului.

Utilizarea miriștii, resturilor organice și a paielor pentru reabilitarea ecologică a terenurilor dehumificate și epuizate

Miriștea și resturile organice după recoltarea culturilor sunt o sursă agro-naturală de materie organică în sol și reprezintă un substrat material energetic favorabil pentru microorganisme, având un rol important în structurarea solului și restabilirea rezervelor de humus, azot, fosfor, potasiu. Cantitativ, efectele specificate sunt în funcție de structura culturilor în asolament, fertili-

zanții utilizați, intensitatea proceselor de mineralizare a materiei organice, componența și gradul de biodiversitate a microbiotei solului, starea fizică a acestuia ș.a.

Cantități maxime de resturi organice sunt produse de către ierburile multianuale, urmate de cerealierele păioase. Cu cantități minimale de resturi organice produse se caracterizează și culturile prășitoare, precum și leguminoasele anuale. O altă sursă importantă de materie organică în sol sunt paiile de culturi păioase și recolta secundară a altor culturi agricole.

Conținutul de elemente de nutriție, în primul rând a carbonului (C) și azotului (N), este principalul factor care determină viteza de descompunere a paielor și altor resturi vegetale, este raportul C:N. Cu cât valorile acestuia sunt mai mici, cu atât viteza de descompunere a materiei organice proaspete este mai mare. Conținutul carbonului în resturile organice alcătuiește 39-42%, iar a azotului în paiile de seară, grâu, orz, hlujenii de porumb alcătuiește 0,35-0,50%. Conținutul acestuia în resturile organice ale leguminoaselor alcătuiește 1,29%. Raportul C:N variază, corespunzător 60-110 și 20-25.

Descompunerea resturilor organice în sol este determinată de două procese:

- a) mineralizarea – descompunerea acestora până la compușii simpli ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$  ș.a.) și elemente minerale;
- b) humificarea – cu formarea substanțelor humice stabile. Premisele optimale pentru realizarea procesului de mineralizare se creează în condițiile când raportul C:N alcătuiește 20-22. Mineralizarea contribuie la transferul elementelor chimice din substanțele organice în stare liberă accesibilă plantelor.

Viteza și caracterul transformării resturilor organice în soluri depind, în mare măsură, de componența chimică și alcătuirea mineralogică a solurilor. În solurile bogate în minerale secundare argiloase (montmorillonit, hidromice ș.a.), intensitatea proceselor de descompunere a materiei organice se reduce, deoarece mineralele argiloase adsorb compușii organici, astfel reducându-se intensitatea proceselor de mineralizare. În acest context, anume prezența carbonaților în sol, reacția neutră-bazică, saturarea totală a complexului adsorbantiv cu  $\text{Ca}^{2+}$  (mai mult de 80%) și magneziu (<20%) și predominarea montmorillonitului (30-40%), hidromicelor (40-60%) și coolinului (cca 10%) sunt factorii care alcătuiesc potențialul sporit de humificare al cernoziomurilor și capacitatea sporită de restabilire ecologică și bioremediativă a acestora în cadrul practicilor agro-, fito- și bioremediativă de restabilire ecologică a terenurilor dehumificate și epuizate (Jigău și coaut., 2020).

Un factor antropogen important care influențează procesele de transformare a paielor în sol este fertilizarea minerală. Un rol deosebit revine fertilizanților cu azot. Utilizarea acestora în cantități mari necontrolate este însoțită de mineralizarea accelerată a paielor și reducerea coeficientului de humificare. În cazul solurilor sărace în forme mobile de fosfor, administrarea în sol a fertilizanților cu fosfor odată cu paiile catalizează descompunerea acestora. În același timp, în aceste condiții se intensifică procesele de amonificare și de mineralizare a formelor organice de fosfor.

Mărunțirea paielor și încorporarea lor sub brazdă intensifică descompunerea și mineralizarea. Temperatura care favorizează acest proces alcătuiește 28-30°C.

Printre îngrășămintele organice, care se administrează actualmente în soluri, paiile se caracterizează printr-un conținut maxim de carbon la o unitate de masă. Ca urmare, paiilor le revine un rol extrem de important în gestionarea bilanțului substanțelor organice intrate în sol, îndeosebi, în condițiile când utilizarea îngrășămintelor organice de origine animalieră s-a redus la câteva kg/ha. Hidrații de carbon, care intră în componența paiilor, sunt utilizați în metabolismul bacteriilor capabile să fixeze azotul atmosferic. Raportul dintre procesele microbiologice de mobilizare și imobilizare a azotului se deplasează în sensul intensificării ultimelor. Ca urmare, o cantitate mai mare din azotul administrat în sol cu fertilizanții este legată în compuși organici. În același timp, sporește conținutul formelor mobile de fosfor și potasiu.

Eficiența încorporării materiei organice proaspete în sol este în funcție de viteza de descompunere a acestora. În acest sens, este important să se asigure descompunerea intensivă a acestora. În caz contrar, persistă pericolul înrăutățirii ambianței fitoentomologice a semănăturilor postmergătoare, care presupune sporirea riscului afectării acestora de diverși patogeni care se păstrează în resturile organice încorporate. Totodată, persistă riscul păstrării și a diferitor dăunători în resturile vegetale, care vor implica necesitatea tratărilor cu produse fitosanitare pentru combatere.

În scopul asigurării unei eficiențe mai sporite, este necesar să se respecte câteva condiții:

- mărunțirea resturilor organice (lungimea fragmentelor nu va depăși 5 cm) și distribuirea uniformă a acestora pe suprafața solurilor (gradul de neuniformitate nu va depăși 20%);
- administrarea obligatorie a 10 kg N substanță activă per fiecare 1 t de resturi vegetale. Aceasta va contribui la descompunerea mai intensivă și mai eficientă a resturilor vegetale, cu formarea de substanțe humice. Mai indicată este tratarea resturilor vegetale cu soluții cu azot obținute prin dizolvarea fertilizanților în apă.

Cercetările noastre au demonstrat oportunitatea intensificării proceselor de descompunere a resturilor vegetale prin tratarea acestora cu preparate microbiologice și humice (Tab. 84).

Tabelul 84. Gradul de descompunere a resturilor vegetale păioase în condiții de diverse tratamente a acestora (perioada de vegetație 2017)

Varianta	Gradul de descompunere
S+P	20,3
S+P+N (10 kg/t)	26,4
S+P+NF (5 l/ha)	27,1
S+P+N+NF	39,3
S+P+BF (5 l/ha)	28,3
S+P+N+BF	46,6
S+P+AN (3 l/ha)	24,6
S+P+N+AN (3 l/ha)	30,8

S – sol; P – paie; N – azot; NF – preparat biohumic; BF – preparat biohumic; AN – preparat algal Nostoc.

În condițiile când cantitatea de paie depășește 5 t/ha, este oportună încorporarea lor în sol pentru culturi premergătoare bobase, care asigură cantități suficiente de azot pentru descompunerea lor (Tab. 85).

Tabelul 85. Aportul de azot biologic fixat în sol de unele culturi leguminoase cultivate (Хасанова и др., 2012)

Specia de bacterii simbiotice fixatoare de azot	Cultura și forma producției	Kg N/tonă de produs
Rhizobium japonicum	Soia – boabe	54-56
Rhizobium phascoli	Fasole – boabe	36-38
Rhizobium leguminosarum	Mazăre – boabe	35-36
Rhizobium meliloti	Lucernă fân	22-24
Rhizobium trifolii	Trifoi roșu fân	18-22

\* kg N/tonă de boabe tulpini și rădăcini sau fân + colete și rădăcini

Trifoiul, ca îngrășământ verde se seamănă primăvara, în cantitate de 5-6 kg/ha în cultură ascunsă și se aplică toamna. Asigurarea solului în kg/ha: 30-70 azot; 10-20 fosfor; 40-70 potasiu; (echivalentul a 300-400 kg de îngrășământ comercial).

În prezența azotului intensitatea descompunerii paielor este cu 33% mai mare decât în cazul când azotul nu se administrează.

Nu se recomandă încorporarea sub brazdă a paielor proaspete îndată după recoltare, deoarece descompunerea lor în segmentul inferior al stratului arabil este însoțită de formarea de acizi grași volatili, care influențează negativ sistemul radicular al plantelor. Mai oportună este încor-

porarea lor cu discurile în sol (8-10 cm), iar, ulterior, după 5-6 săptămâni să fie încorporate prin lucrare de arat.

Măsurile de prevenire a epuizării solurilor:

- 1) se respectă asolamentele, se implementează un sistem optim de fertilizare și lucrare a solului, se asigură protecția plantelor de buruieni, boli și dăunători pentru asigurarea unor cantități optime a elementelor nutritive în sol;
- 2) îngrășămintele minerale și organice se administrează în termeni și proporții optime în funcție de necesitățile culturilor agricole, de indicii agrochimici ai solului, de cultura premergătoare și de condițiile agrometeorologice;
- 3) se asigură reproducerea fertilității solului prin optimizarea asolamentului; în asolament se includ culturi amelioratoare, se administrează materie organică proaspătă și se optimizează însușirile și regimurile fizice ale solurilor, se ameliorează și se remediază spațiile/arealele degradate;
- 4) pentru terenurile cu culturi tehnice este obligatorie cultivarea leguminoaselor, ierburilor perene, măsuri de fertilizare organică și minerală orientate pe reproducerea lărgită a fertilității solului;
- 5) se cultivă plante leguminoase și ierburi perene în asolamente de câmp pentru acumularea azotului biologic în sol. Se exclude arderea paielor și miriștii: acestea se încorporează în sol ca sursă de materie organică. Cota optimă a culturilor leguminoase și ierburilor perene în asolamente trebuie să constituie nu mai puțin de 30% din suprafața culturilor tehnice.

### 3.5. PRACTICI AGRO-, FITO- ȘI BIOREMEDIATIVE DE REABILITARE ECOLOGICĂ A TERENURILOR VULNERABILE LA SECETĂ ȘI SCHIMBĂRILE CLIMATICE

Vulnerabilitatea terenurilor la schimbările climatice și secetă indusă de acestea este determinată de degradarea accelerată a solurilor și trendul actual al condițiilor climatice. Acțiunile acestor doi factori sunt intercalate și interdeterminate. Degradarea solurilor se răsfrânge în mod inevitabil asupra climei (microclimei) și invers, orice schimbări în cadrul climei atmosferice implică modificări în funcționarea solurilor și, respectiv, a eco- și agroecosistemelor. Interacțiunea dintre sol și climă se materializează în regimurile hidric, de aeratie, termic, hidrotermic și aerohidric al solurilor. Acestea constituie clima solului, care determină procesele de funcționare a ecosistemului materializate în relațiile solului cu componentele landsaftice și funcția bioproductivă. Cea din urmă asigură resursele energetice necesare pentru reproducerea lărgită a ecosistemului sol și, respectiv, a eco- și agroecosistemelor.

Clima solului este doar parțial determinată de clima atmosferică și, în măsură mai mare, de modul de organizare structural-funcțională a ecosistemului sol, în primul rând, modul și gradul de agregare și procesele care decurg în agregatele structurale. În acest sens, solul atenuează dinamica contrastă a climei atmosferice. Degradarea fizică a solurilor conduce la slăbirea acestei trăsături. Ca urmare, terenurile devin mai vulnerabile la factorii climatici. Aceasta se materializează în hidromorfizarea lentă a învelișului de sol în anii ploioși/perioadele umede și aridizarea cumulativă în ani secetoși/perioadele uscate. Atât un proces, cât și altul, în timp, implică modificări care afectează organizarea structural-funcțională a ecosistemului sol și funcționalitatea acestuia. În situația când condițiile climatice nu sunt gestionabile, restabilirea funcțiilor solurilor în relațiile cu clima poate fi realizată doar în cadrul unor sisteme agricole adaptate la condițiile de landsaft. Implementarea acestora presupune abordarea sistemică a tehnologiilor adaptiv-landsaftice cu luarea în calcul a condițiilor concrete de landsaft (procesele elementare landsaftice, procesele elementare pedogenetice contemporane, relieful, gradul de drenare, microclima), lucrările solului, structura și rotația culturilor, sistemul de fertilizare, protecția plantelor, controlul buruienilor.

Realizarea obiectivelor propuse implică definitivarea clară a doi termeni, care țin indispensabil de degradarea solurilor și schimbările climatice:

- vulnerabilitate la secetă și schimbările climatice reprezintă nivelul la care orice sistem este susceptibil, prin care nu mai poate face față la efectele induse de schimbările climatice;



- rezistența la impactul secetei și schimbările climatice – este opusul vulnerabilității, care reprezintă capacitatea sistemului sol de a păstra aceeași structură fundamentală și aceleași moduri de funcționare, capacitatea de autoorganizare și capacitatea de adaptare la schimbări.

Cunoașterea și identificarea fenomenelor meteorologice extreme (valorile de căldură, perioadele de secetă) cu efecte asupra stabilității agrolandșaftelor și productivității acestora/recoltelor trebuie să se bazeze atât pe sisteme de avertizare timpurie privind evenimentele meteorologice periculoase, cât și pe practici tehnologice aplicate în raport cu evoluția curentă a condițiilor climatice și viitoarele scenarii previzibile. De aceea, complexitatea posibilităților de adaptare la efectele schimbărilor climatice, având drept scop reducerea impactului asupra procesului de producție agricolă, se bazează, în principal, pe optimizarea perioadei de vegetație a culturilor agricole, rezistența acestora la temperaturile extreme (arșiță/ger), deficitele/excese de apă în sol și creșterea riscurilor agenților fitopatogeni, toleranța la efectele fenomenelor meteo extreme (exemplu, bălțire de apă de lungă durată, precum și ploile torențiale însoțite de vijelii pot determina creșterea riscului față de căderea în vetre, în special a plantelor de talie înaltă ș.a.).

Managementul vulnerabilității agrolandșafturilor la secetă/schimbările climatice presupune mai multe soluții:

- 1) Adaptarea – bazată pe capacitatea de adaptare a culturilor și potențialul de adaptare al solurilor. Aceasta presupune prognoze pe termeni cu durată mică, medie și lungă, bazate pe comportamentul solurilor și evoluția relațiilor sol-plantă.

Adaptarea la schimbările climatice poate fi bazată pe modele naturale – comportamentul solurilor în condiții de aridizare fizică a stratului agrogen și neohidromorfizare/supraumezire. Aceasta permite elaborarea planurilor de adaptare la schimbările climatice de durată scurtă (3, 5, 7, 11 ani), medie (21, 31 ani) și lungă (50, 70, 100 ani).

- 2) Atenuarea impactului schimbărilor climatice, în special a secetelor induse de acestea, care se bazează pe trei principii tehnologice:
  - restabilirea rolului procesului de formare și de acumulare a humusului/sechestrare a carbonului organic în sol;
  - sustenabilizarea proceselor de agregare-structurare, ameliorarea spațiului poros, sporirea volumului porilor protectori și conductori de umiditate;
  - favorizarea resurselor interne ale solurilor în evoluția antro-po-naturală a cernoziomurilor prin mobilizarea resurselor de energie regenerabilă și reducerea inputurilor de resurse din exterior, sporirea producției de energie regenerabilă și de energie verde.

În contextul celor expuse, strategia de adaptare la schimbările climatice presupune, în primul rând, soluții tehnologice. În cadrul acestora, rolul prioritar revine procedeele tehnologice de biologizare a agroecosistemelor:

- îmbunătățirea și menținerea unui peisaj natural al agroecosistemelor;
- minimizarea consumului energiei neregenerabile și a resurselor;
- asigurarea de cicluri sol-plantă sigure și benefice;
- conservarea ambianței pedogenetice și renaturarea procesului pedogenetic; restabilirea funcțiilor solurilor și asigurarea trendului de evoluție naturală a acestora;
- restabilirea volumului, bilanțului și componentei circuitului biogeochimic al substanțelor;
- menținerea și creșterea fertilității solurilor;
- producerea de azot biologic;
- integrarea naturală a speciilor și varietăților cultivate;
- optimizarea structurilor agricole vegetale, dimensionarea corespunzătoare a spațiului de nutriție;
- refacerea echilibrelor naturale privind circuitul apei și a elementelor nutritive;
- echilibrarea bilanțurilor energetice; creșterea și menținerea îndelungată a fertilității naturale;
- restabilirea și conservarea biodiversității: stimularea activității microorganismelor, florei și faunei utile;

- dezvoltarea sistemelor agricole și agroindustriale multifuncționale; diversificarea producției agricole;
- minimalizarea impactului negativ al agriculturii asupra mediului înconjurător, protecția resurselor de apă și a întregii vieți acvatice.

Efectele specificate pot fi asigurate prin corecția biologică a procesului de producție în cadrul terenurilor afectate de procesele de degradare, care reprezintă totalitatea măsurilor orientate în sensul restabilirii sistemului trofic sol-plantă (Fig. 35).

„Agricultura remediativă” se caracterizează prin înlocuirea dezideratului producțional cu cel de restabilire ecologică, diversificarea ramurilor și a bazei biologice a producției (de rând cu culturile ameliorative de perspectivă sunt plantele etero-oleaginoase și cele medicinale), combaterea buruienilor și dăunătorilor prin alte metode decât cele bazate pe aplicare de produse de uz fitosanitar (aceasta exclude influența negativă asupra biotei solului), fertilizare organică (preferință se acordă metodelor alternative, reducerea până la minimum a fertilizanților minerali, chiar dacă aceștia sunt de origine naturală).

Sistemele agricole remediativă își propun reabilitarea ambianței pedogenetice, restabilirea și renaturarea proceselor pedogenetice elementare și reproducerea lărgită a ecosistemului solului și resurselor de soluri.

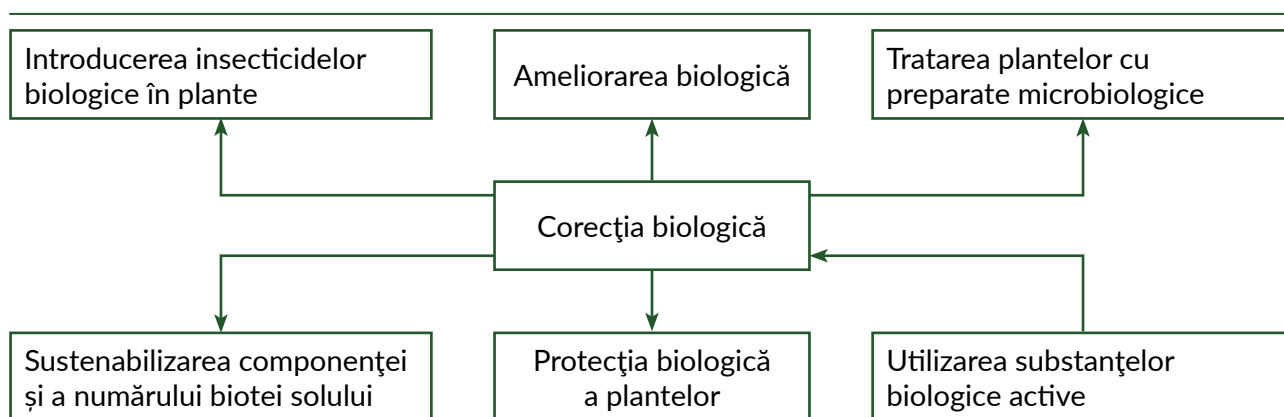


Fig. 35. Măsuri de corecție biologică a agroecosistemelor pe terenuri vulnerabile la secetă și schimbări climatice

„Agricultura remediativă” pune accent pe folosirea unor practici de gestionare corespunzătoare a resurselor naturale în loc de introducerea unor produse de sinteză și ia în considerare faptul că particularitățile fiecărui raion pedogeografic/microraiion ecologic necesită sisteme bine adaptate specificului acestora. Acest lucru se poate realiza prin folosirea, acolo unde este posibil, a metodelor agronomice, biologice și mecanice adaptate la condițiile landșaftice. În acest sens, sistemele tehnologice remediativă se bazează pe sisteme și cicluri ecologice naturale, stimulându-le și susținându-le sistemic (Tab. 86).

Faptul că se urmăresc mai mult procesele interne (biologice, biochimice, chimice etc.) care se realizează în sol și, în măsură mai mică, activitățile de fertilizare orientate pe depășirea unor indici chimici de apreciere a calităților momentane, dă valoare demersurilor „agriculturii remediativă”, care în toate acțiunile ei nu face altceva decât să reia procesele naturale de formare a solului și, eventual, să le accelereze în vederea ameliorării. Anume acest aspect este luat la baza sistemului de fertilizare practicat în „agricultura remediativă”.

În conformitate cu conceptul acestuia, în cazul biotehnologiilor agricole remediativă „fertilizarea” nu se realizează direct pentru plantă, ci pentru mobilizarea complexului microbiologic din sol în vederea eliberării, prin procese biologice, a elementelor nutritive pe care plantele să le aibă la dispoziție pe parcursul perioadei de vegetație. Ca materii fertilizante se utilizează compuși organici, care conțin elemente nutritive sub forme relativ îndepărtate de formele asimilabile direct de către plante. Astfel, aici se urmărește aducerea solului la potențialul său natural de asigurare a nevoilor plantelor cu elemente nutritive prin mineralizarea materiei organice sau prin degradarea mineralelor solului de către factorii fizici și microbiologici. Ca

urmare, se favorizează procesele elementare naturale, lucru care contribuie renaturării procesului pedogenetic și restabilirii volumului (bilanțului) și componentei circuitului biologic al substanțelor. În același timp, contând exclusiv pe aportul de elemente nutritive sub formă de materie organică, biotehnologiile agricole remediative evită acumularea și încadrarea în circuitul biogeochimic a substanțelor de origine nepedogenetică, în special a celor cu impact negativ asupra funcționalității microbiotei solului.

Tablul 86. Factorii de biologizare a sistemelor agricole, premise științifice și procedee

Nr. d/o	Factori de biologizare a sistemelor agricole	Premise științifice	Procedee accesibile
1	Asolament	Legea asolamentului. Conceptul unității solului și culturilor agricole. Legea circuitului rădăcinii. Diversificarea speciilor și soiurilor de culturi agricole (principiul biodiversității). Semănături mixte	Asolamente. Culturi intermediare (rapiță, muștar, facelia ș.a.). Semănături mixte leguminoase + graminee (măzărliche + ovăz; măzărliche + ovăz + orz ș.a.), amestecuri de culturi furajere (porumb + soia; floarea soarelui + soia)
2	Azot biologic	Fixarea simbiotică a azotului din atmosferă	Cantități de azot fixat de culturile leguminoase pentru boabe – 30-100 kg/ha. Azot fixat de culturile boboase multianuale (ierburi perene – 200-350 kg/ha)
3	Sporirea rezervelor de materie organică în sol (sistem de fertilizare organo-minerală)	Teoria reproducerii fertilității solului. Acumularea resurselor biologice formate de agrofitecenoze	Paie ale cerealiilor și leguminoaselor boabe, resturi organice, îngrășăminte verzi; paie + NPK; siderate + NPK și combinații ale acestora. Normele de fertilizanți administrați se corectează cu luarea în considerație a „coeficientului biologizării a sistemelor agricole”
4	Protecția biologică a plantelor	Utilizarea metodelor biologice de protecție a plantelor, entomofagilor, sporirea rezistenței la componentele ruderele ale agrofitecenzelor	Utilizarea biopreparatelor bacteriale, fungice, antivirale pentru combaterea dăunătorilor, patogenilor. Asolamente cu culturi capabile să susțină dezvoltarea entomofagilor (hrișca, rapița, facelia, lucerna, sparceta, trifoi ș.a.). Semănături mixte și intermediare
5	Sisteme de lucrare conservative	Conceptul pedogenezei cernoziomice antropo-naturale. Formarea stratului de mulci	Sisteme de lucrare a solurilor fără întoarcerea brazdei. No-till
6	Susținerea proceselor biofizice în sol	Legea rolului primordial a procesului de formare și de acumulare a humusului în sol. Conceptul funcției de bază a humusului	Utilizarea preparatelor biominerale. Utilizarea fertilizanților și amendamentilor biominerali, preparatelor biohumice

În cadrul modelelor regionale de „agricultură remediativă” pentru soluționarea obiectivului biologizării agroecosistemelor accentele sunt plasate pe culturile leguminoase (mazărea, mazăricea, lucerna ș.a.). În același timp, cu succes în ultimii 15-20 ani se utilizează facelia, muștarul.

Leguminoasele anuale și perene, fixatoare simbiotice de azot atmosferic, ocupă un rol important în asolament, azotul fixat de acestea eliberându-se în sol lent, pe măsura mineralizării materiei organice rezultate din corpul microorganismelor (50-200 kg N/ha/an), dar și din resturile organice aeriene încorporate în acestea.

În ceea ce privește fertilizarea cu fosfor, se poate aprecia că din reziduurile de recoltă, precum și prin îngrășămintele verzi, se poate asigura un nivel de fosfor potențial, suficient pentru realizarea unor recolte normale. Un loc aparte, aici, revine culturii hrișcă, care pe parcursul vegetației contribuie la mobilizarea rezervelor de fosfor din orizonturile inferioare ale solului și la acumularea lui în cele superioare, în componența unor compuși organici.

Pornind de la aceasta, atragem atenția că în cadrul procesului integrat de management al fosforului, un loc aparte le revine activităților de optimizare a însușirilor fizice a solurilor (evitarea compactării excesive însoțită de reducerea activității bacteriilor mobilizatoare de fosfor) și de combatere a eroziunii.

Managementul potasiului în cadrul biotehnologiilor agricole remediativă se bazează pe rezervele interne ale solului și pe utilizarea îngrășămintelor verzi.

#### *Reproducerea largită a fertilității solurilor vulnerabile la secetă și schimbările climatice*

Fiind produs al pedogenezei, fertilitatea solului este și o condiție primordială pentru realizarea acestuia. În cadrul practicilor agricole remediativă, dirijarea și reglarea fertilității solului se poate realiza numai printr-un complex de metode, cum sunt:

- amenajarea remediativă a terenurilor în conformitate cu condițiile de landsaft și structura culturilor;
- asigurarea materialului energetic-hrană-îngrășămintă;
- rotația culturilor, a sistemului de lucrare a solului, aplicarea amendamentelor;
- optimizarea însușirilor fizice ale solurilor;
- reglarea regimului de umiditate, regimului aerohidric și regimului hidrotermic. Optimizarea acestora conduce la optimizarea regimurilor de oxido-reducere, biochimic și nutritiv al solurilor;
- favorizarea biotei solului prin tratarea semințelor cu preparate care conțin bacterii simbiotice;
- combaterea eroziunii solului;
- restabilirea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului și sistemului de substanțe organice în sol.

Principiile de bază ale fertilizării în cadrul practicilor ecologice sunt:

- fertilizarea trebuie efectuată în regim controlat în așa fel încât să se asigure, pe cât posibil, optimizarea, de către plantele cultivate, a nutrienților deja existenți în sol și a celor proveniți din îngrășămintele organice aplicate și să fie în acord cu necesitățile și exigențele impuse pentru protecția calității apei, solului și subsolului;
- evaluarea necesarului de nutrienți se face în funcție de oferta de nutrienți a solului, de condițiile climatice locale, precum și de cantitatea și calitatea producției prognozate;
- conservarea și ameliorarea fertilității solurilor și crearea unor condiții adecvate de nutriție minerală se realizează mai bine în cadrul asolamentului, printr-o fertilizare rațională într-un sistem de rotație a culturilor;
- optimizarea termenelor de semănat reprezintă o măsură importantă pentru reducerea efectelor negative ale secetelor și schimbărilor climatice, având în vedere în primul rând adaptarea lucrărilor de pregătire a terenurilor și declanșarea însămânțărilor în funcție de conținutul de apă în sol.

Simulările efectuate în România pentru stații-pilot din sudul și sud-estul spațiului Pridanubian, indică modificări privind data semănatului la culturile de grâu de toamnă și porumb pentru perioada 2021-2050 comparativ cu perioada actuală. Pentru cultura grâului de toamnă, epoca optimă de semănat recomandată pentru perioada 2021-2050 este cea cuprinsă între 20

octombrie – 10 noiembrie față de intervalul optim actual cuprins între 25 septembrie – 25 octombrie. La porumb, proiecțiile indică date optime de semănat mai timpuriu față de perioada curentă și anume 25 martie – 10 aprilie, interval considerat optim pentru perioada 1961-1990. Astfel, termenii de semănat urmează a fi adaptați la eventuale efecte induse de schimbările climatice cu luarea în considerație a condițiilor pedogeografice ale fiecărui district și raion pedogeografic în parte. Totodată, actualul trend al condițiilor climatice indică scurtarea sezonului de vegetație cu 11 până la 16 zile la grâul de toamnă și, respectiv, 20 până la 29 zile la porumb, ca urmare atât a creșterii temperaturii aerului, precum și a stresului de apă din timpul perioadei de umplere a bobului, determinat de modificarea regimului precipitațiilor, sporirii frecvenței secetelor și intensificării efectului cumulativ al acestora în soluri, în special în perioada critică pentru consumul maxim față de apă al plantelor (vara). În aceste condiții, o opțiune de adaptare la condițiile induse de schimbările climatice este adaptarea culturilor la condițiile de landsaft. Luarea în considerație a particularităților actualelor condiții climatice și condițiilor de landsaft, va pune în valoare potențialul productiv al solurilor și culturilor și va contribui stabilității recoltelor în fiecare an agricol. Asigurarea acestui obiectiv este un prim factor în cadrul complexului de măsuri de restabilire ecologică a terenurilor vulnerabile la secetă și modificările climatice: sporirea și stabilizarea recoltelor atrage după sine sporirea resurselor bioenergetice a solurilor, renaturarea proceselor tipogenetice cernoziomice și intensificarea acestora (Cod..., 2014).

În acest context, un rol important revine selectării soiurilor și hibrizilor în funcție de condițiile concrete de landsaft.

Culturile cultivate sunt adaptate la condiții foarte diferite de vegetație prin toleranța la secetă, perioade mai scurte de germinație și vegetație, reținere superioară a carbonului etc., precum și la practici agricole specifice calendarului lucrărilor pe parcursul anului. Alegerea varietăților pretabile la condițiile pedoclimatice locale specifice este esențială pentru minimizarea practicilor agricole cu impact asupra mediului și poate spori eficiența exploatației agricole în utilizarea resurselor climatice disponibile.

Alegerea culturilor trebuie să țină cont de adaptabilitatea lor la condițiile locale de climă, exprimată prin rezistența plantelor la stresul deficitului de apă în anumite perioade sau excesului de umiditate, temperaturii ridicate/scăzute etc., precum și de potențialul natural al acestora pentru o recoltă bogată și de calitate înaltă. În ceea ce privește relieful, cunoașterea adâncimii apei freactice și a celor de suprafață asigură prevenirea riscurilor legate de deficitul de aeratie, care poate preveni în unele perioade ale vegetației. De asemenea, trebuie luată în considerație mărimea plantelor pentru efectuarea lucrărilor solului, în special arătură, pentru prevenirea fenomenelor de degradare a solurilor ca urmare a eroziunii cu apa.

Atenuarea efectelor schimbărilor climatice în agricultură reprezintă un obiectiv prioritar în cadrul acțiunilor strategice de dezvoltare a sectorului agricol. Producția vegetală variază an de an, fiind influențată semnificativ de fluctuațiile condițiilor climatice și, în special, de producerea evenimentelor meteorologice extreme. La nivelul spațiului nostru, ca de altfel în toată regiunea Europei Centrale și de Est, scenariile climatice prezintă o evidență de descreștere a precipitațiilor, îndeosebi în anotimpul de vară, deci, un deficit pluviometric, care va afecta semnificativ agricultura.

Cele mai vulnerabile specii cultivate vor fi, îndeosebi culturile anuale de cerealiere și prăși-toare, în deficit de apă în anotimpul de vară, care coincide cu perioada cerințelor maxime de apă, determinând scăderi importante de producție. În acest sens, se impune o nouă reorientare în structura culturilor agricole, respectiv varietății cu o toleranță ridicată față de temperaturile ridicate și stresul hidric generat de lipsa apei. Totodată, se impune adaptarea tehnologiilor agricole la resursa de apă, conservarea apei din sol prin alegerea unui sistem de lucrări minime, reprezentând o nouă tendință de reorientare a cerințelor privind calitatea și conservarea resurselor de sol și apă.

### ***criterii de selecție a varietăților cultivate***

Pentru a defini un sistem de cultură, care combină utilizarea eficientă a resurselor, minimizând cererile cu niveluri constante ale producției, este necesară o cunoaștere detaliată a varietăților cultivate și a comportării acestora în anumite condiții specifice.

Criteriile alese se bazează de cele mai multe ori pe următoarele caracteristici:

- productivitatea: capacitatea de producție;
- precocitatea: extratimpurii, timpurii, semitimpurii, medii, semitardive și tardive;
- destinația: boabe, hrana animalelor, biocombustibili etc.;
- rezistența la boli și dăunători specifici: putregai, boli foliare, insecte;

Elemente tehnologice:

- toleranța la temperaturi mai scăzute în primăvară, care are avantajul unui semănat mai timpuriu și valorificarea superioară a rezervei de apă la desprimăvărare;
- toleranța bună la secetă și arșiță etc.;
- toleranța bună la reducerea accelerată a apei din sol;
- toleranță la ambianță fizică-funcțională nesatisfăcătoare.

Rotația culturilor urmează a fi adaptată la ciclicitatea condițiilor climatice cu pasul de 3, 5, 7 și 11 ani și dinamica însușirilor și regimurilor solului în cadrul acestuia.

### ***criterii pentru stabilirea rotației culturilor***

- în conformitate cu ciclicitatea condițiilor climatice și fenomenelor de climă extremă, mai indicată este rotația pe durata a 5-7 ani agricoli, fiind realizată în scopul păstrării și îmbunătățirii fertilității solului, reducerii eroziunii, reducerii numărului de dăunători, controlul și reducerea cantității de îngrășăminte chimice, creșterea veniturilor totale ale exploatațiilor agricole prin reducerea investițiilor;
- din punct de vedere al condițiilor naturale, tipul de climă și sol, precum și interacțiunea dintre acestea au un rol deosebit în stabilirea tipului de asolament și alegerea structurii culturilor agricole. De asemenea, tipul de relief, adâncimea apei freatică, prezența ecosistemelor naturale, a apelor de suprafață pot influența organizarea asolamentelor.

Măsuri specifice

- alegerea de soiuri/hibridi rezistenți sau cu o toleranță ridicată la „arșiță”, secetă, excese de umiditate, frig/ger, boli și dăunători;
- cultivarea unui număr mai mare de varietăți în fiecare an agricol, cu perioada de vegetație diferită, pentru o mai bună valorificare a condițiilor climatice, îndeosebi regimul de umiditate din sol și eșalonarea lucrărilor agricole în câmp;
- organizarea de asolamente cu îngrășăminte verzi în scopul ameliorării proprietăților fizice, chimice și biologice ale solurilor degradate;
- folosirea culturilor mixte, culturi intercalate, culturi permanente, culturi duble pe aceleași parcele sau în cadrul exploatației agricole pentru creșterea biodiversității;
- alegerea unui sistem alternativ de lucrări ale solului și de întreținere, specializat în combaterea buruienilor, bolilor și dăunătorilor.

#### Avantaje și oportunități

- adaptabilitatea culturilor la potențialul agrolandșafturilor;
- efecte directe asupra proprietăților fizice (structura și stabilitatea structurală), chimice (conținutul de elemente nutritive) și biologice (cantitatea de materie organică) ale solului;
- scăderea riscului de apariție a bolilor și dăunătorilor sau de dezvoltare a buruienilor, precum și o utilizare eficientă a tratamentelor fitosanitare;
- protejarea solurilor împotriva eroziunii, scurgerilor la suprafață și formarea crustei;
- scăderea gradului de eroziune și menținerea producțiilor agricole la valori constante;
- utilizarea eficientă a nutrienților pentru plante;
- gestionarea terenurilor agricole prin utilizarea unui sistem de rotație, păstrarea unui echilibru privind ponderea culturilor permanente în raport cu cele anuale;
- gestionarea eficientă a resurselor de apă printr-o mai bună utilizare a rezervelor de umiditate din sol pe tot parcursul sezonului de vegetație, inclusiv alegerea perioadelor de semănat în funcție de gradul de aprovizionare cu apă al solurilor, precum și un consum redus de energie prin aplicarea irigațiilor;
- gestionarea terenurilor agricole prin utilizarea unui sistem de rotație corespunzător și păstrarea unui echilibru privind ponderea culturilor permanente în raport cu cele anuale.

În structura culturilor, alegerea soiurilor/hibridilor se bazează pe adaptabilitatea acestora față de condițiile pedoclimatice specifice zonei, corelată și cu cerințele de piață. În ceea ce privește relieful, cunoașterea adâncimii apei freatică și a celor de suprafață asigură prevenirea riscurilor de poluare ca urmare a tehnologiilor aplicate.

#### Riscuri

- pentru toate zonele agricole din republică, pentru alegerea soiurilor/hibridilor, este important criteriul de selecție privind rezistența sau toleranța la secetă și arșiță pentru minimizarea pierderilor datorate stresului termic și hidric, îndeosebi în perioadele critice (lunile de vară) pentru formarea și umplerea bobului;
- pe solurile cu drenaj defectuos și cu exces temporar de apă la suprafață, alegerea soiurilor/hibridilor cu o bună rezistență la cădere poate determina minimizarea acestui fenomen, în special, în primăverile și verile cu precipitații abundente, care pot determina efecte „în vetre” și, implicit, pierderi de randament semnificative.

### 3.6. PRACTICI DE REABILITARE ȘI CONSERVARE A BIODIVERSITĂȚII ȘI ECOSISTEMELOR

Biodiversitatea solului joacă un rol primordial în asigurarea funcționalității ecosistemelor prin serviciile pe care le oferă acestora. Este bine cunoscut faptul că biodiversitatea solului influențează pozitiv productivitatea și sustenabilitatea sistemelor agricole.

„Biocenoza internă”, care există permanent în sol, reprezintă o diversitate mare de organisme, de la microscopicele bacterii, ciuperci, alge, protozoare până la animale minuscule, precum nematodele, anelidele, acarienii, oligochetele, colebolele etc., precum și la cele mezo- sau macrofaunistice, cum sunt furnicile, izopodele, miriapodele, coleopterele, gasteropodele ș.a., îndeplinește funcțiile ecologice și biocenotice de bază ale solurilor (Tab. 87).

În acest context constatăm că biodiversitatea este esențială pentru „serviciile ecosistemelor”, adică serviciile pe care le oferă natura: reglarea climei, componentei apei și aerului. Biodiversitatea are un rol decisiv în constituirea și reproducerea fertilității solurilor și, respectiv, în menținerea viabilă pe termen lung a agriculturii.

Tabelul 87. Locul și rolul biotei solului în realizarea lanțurilor trofice și funcțiilor ecologice ale solurilor

Grupa de organisme	Organisme	Funcții
Faună nevertebrată	Râme	Principalii reducenți ai mortmasei și materiei organice, care se hrănesc cu bacterii și ciuperci, asigură reciclarea substanțelor nutritive. Depozitează anual în sol de la 200 până la 600 t/ha de coproliti (masă de sol structurat trecut prin tractul digestiv al acestora). Stimulează activitatea microorganismelor. Contribuie amestecării și agregării masei solului.
	Nematode	Se hrănesc cu microorganisme, astfel controlând patogenii și dăunătorii. Diseminează microorganismele în sol. Utilizează materia organică de orice origine.
	Artropode	Mărunțesc materia organică. Stimulează activitatea microbilor. Ameliorează structura agregatică a solului. Sporesc infiltrarea apei. Distrug dăunătorii.
	Protozoarele	Se hrănesc cu bacterii, fungi, pedofaună contribuind mobilizării substanțelor minerale care sunt asimilate de plante și alți pedobionți, contribuie reciclării substanțelor nutritive.
Mezofauna vertebrată	Orbetele, popândău, rozătoare, cârțițe	Sapă galerii, astfel contribuind drenării și aerisirii solurilor. Formează căi preferențiale de deplasare/curgere a apei prin sol. Contribuie amestecării masei solului și desfacerii acesteia în agregate structurale.
Flora	Ciuperci (fungi)	Descompun materia organică; participă la circuitul elementelor și substanțelor nutritive. Redistribuirea substanțelor nutritive între plante prin intermediul ciupercilor de micoriză. Participă la dinamica resurselor de apă. Reprezintă patogenii. Contribuie ameliorării structurii agregatice a solurilor. Descompun materia organică, produc carbon organic în sol și îmbunătățesc structura solului.
	Bacterii	Utilizează și descompun materia organică în sol. Participă la ciclurile trofice în sol. Descompun și degradează pesticidele și alte substanțe poluatoare. Transformă azotul din formă „reactivă” în formă inertă (încadrându-l în protoplasma sa).
	Actinomicetele	Mineralizează substanțele greu supuse descompunerii.

Cunoașterea proceselor și interacțiunilor specificate mai sus, precum și descifrarea proceselor biologice intime, care guvernează perpetuarea tuturor speciilor de viețuitoare, reprezintă modalitățile de fundamentare a strategiilor, de punere în aplicare a planurilor de durată scurtă, medie și lungă pentru susținerea biodiversității solurilor și asigurarea echilibrelor ecologice la diverse nivele de organizare a agrosferei.

Cu toate acestea, se estimează că numai 1% din speciile de microorganisme care viețuiesc în sol au fost identificate până în prezent. În același timp însă, sunt identificați factorii care influențează direct sau indirect activitatea microbiotei solului și degradării biodiversității acesteia (Tab. 88).

Rolul biotei solului în pedogeneză, constituirea fertilității solului a fost fundamentat de B.И. Вернадский. Conform autorului citat, acest proces presupune câteva componente:



1. Solul și fertilitatea acestuia este și rămâne produsul, în exclusivitate, a „materiei vii”, care este alcătuită din miliarde de microorganisme și râme. Anume prin materia vie plantele obțin toate elementele chimice necesare.
2. În sol se conține dioxid de carbon de zeci de ori mai mult decât în atmosferă, acesta provenind din activitatea biotei solului, care asigură cantități necesare de carbon pentru formarea de biomasă prin fotosinteză.
3. „Materia vie” este prezentă în întreg stratul pedogenetic activ, dar în cantități maxime se conține în orizontul superior al profilului. În stratul superior al acestuia sunt prezente, preponderent, organismele aerobe, iar cu adâncimea sporește numărul celor anaerobe. Conform lui В.И. Вернадский, „stratul subțire de cca 10 cm a asigurat dezvoltarea a tot ce este viu în cadrul uscatului”.

Табелул 88. Factori și procese de degradare a biodiversității solurilor

Factorii	Implicații
Deștelenirea pajștilor și defrișările	Modificarea ambianței pedogenetice (regim de aerație, termic, hidric, aerohidric, hidrotermic), care conduce la reducerea bruscă a masei și componenței biotei solului.
Substituirea biocenozelor cu agrocenoze	Reducerea numărului de specii și înlocuirea lor cu monospecii cu durată scurtă-medie de vegetație, cu caracter, preponderent, superficial de înrădăcinare, cantități mici de resturi organice, termeni diferiți naturali de depozitare care conduc la modificarea cantitativă și calitativă a surselor energetice în solurile arabile, dispariția totală sau parțială a unor specii și dezvoltarea de specii necaracteristice landșafturilor naturale.
Eroziunea solurilor	Odată cu materialul terros erodat, anual sunt înstrăinate cantități semnificative de sol fin (meleziom) bogat în organisme vii. În același timp, în profilurile erodate se creează condiții bioenergetice, fizico-funcționale, bio-fizico-chimice mai puțin favorabile pentru dezvoltarea microbiotei și mezofaunei solului. Ca urmare, în solurile afectate de eroziune se reduce numărul microorganismelor și faunei, se reduce diversitatea acestora, este suprimată activitatea enzimatică care caracterizează activitatea biotei solului.
Dehumificarea	În rezultatul reducerii rezervelor de humus, în solurile dehumificate sporesc presiunile microbiologice asupra sistemului de substanțe organice, inclusiv a humusului. Ca urmare, în soluri se reduce masa și biodiversitatea organismelor responsabile de restabilirea pedogenezei naturale.
Antropogeneza: dinamica și evoluția însușirilor solurilor sub acțiunea factorilor antropogeni	Antropogeneza este principalul factor de pedogeneză antroponaturală în cadrul căreia predomină dinamica de degradare a însușirilor solurilor cu degradarea mediului vital pentru microbiota și mezofauna solurilor. Reducerea cantității și componenței humusului conduce la degradarea însușirilor fizico-structurale, regimurilor aerohidric și hidrotermic, condițiilor trofice necesare pentru dezvoltarea microbiotei solului și diversității biologice ale acesteia.
Supracultivarea solurilor	Rezervele de biomasă microbială în stratul 0-100 cm se reduc de la 5,9-12,7 t/ha în cernoziomurile naturale până la 3,6-7,2 t/ha substanță uscată în cele arabile. În componența complexului microbial sporește semnificativ ponderea speciilor care descompun substanțele humice. Masa specifică a ciupercilor se reduce. Raportul bacterii:ciuperci se reduce de 3-4 ori.
Practicarea necontrolată a fertilizanților minerali și produselor de uz sanitar	Utilizarea necontrolată a îngrășămintelor minerale și a produselor de uz fitosanitar a condus la sporirea presiunilor exercitate de acestea asupra biotei solului cu consecințe extrem de negative asupra biodiversității: distrugerea mai multor comunități de mezofaună nevertebrată și vertebrată, microorganisme, ciuperci.
Practicarea de elemente tehnologice neadecvate și necorespunzătoare condițiilor de landșaft. Degradarea fizică	Arătura influențează nefavorabil microbiota și mezofauna. În stratul arabil practic nu se întâlnesc râmele. Lucrările solului atrag după sine degradarea fizică, care după degradarea resurselor bioenergetice este un alt factor important care cauzează degradarea accelerată a biodiversității.

Conform unor calcule, în stratul 0-30 cm a 1 m<sup>2</sup> al cernoziomurilor din cadrul Platformei Est-Europene se conțin: până la 2 kg bacterii, actinomicete ciuperci (microflora); 100 g protozoare (microfaună); 50 g mezofaună; 100 g macrofaună; 500 g răme și alte specii de megafaună (Николаева și coaut., 2011).

Pedobionții specificați asigură circuitul substanțelor nutritive, reglează conținutul de substanță organică în sol, sechestrarea și acumularea carbonului, dinamica și sensul evoluției structurii agregatice, asimilarea eficientă a elementelor de nutriție de către plante, susțin stabilitatea și rezistența culturilor la factorii biotici și abiotici nefavorabili. Prin această prismă de idei, pedobionții au un rol extrem de important nu numai în funcționarea sistemelor naturale, dar mai reprezintă o resursă foarte importantă pentru dezvoltarea durabilă a sistemelor agricole.

Încadrarea solurilor în circuitul agricol implică o serie de factori care influențează semnificativ cantitatea și componența biotei solului (Tab. 88).

Aceasta implică necesitatea ca activitățile agricole să presupună măsuri adaptate la condițiile de landsaft orientate pe managementul durabil al biodiversității microbiotei solului.

Necesitatea restabilirii, susținerii și conservării biodiversității procesului reiese din esența „bio-fizico-chimică” a procesului de pedogeneză (Jigău, 2009). În acest sens, în cadrul procesului evoluțional unic de formare, dezvoltare și funcționare a solului, factorului biologic îi revine rolul primordial. Solul este produs al materiei vii (funcție a dezvoltării biotei), iar ulterior, devine condiție indispensabilă de existență a acesteia. Pe parcursul procesului istoric de coevoluție a solurilor și organismelor vii în condiții de ecosisteme terestre în cadrul sistemului unic spațiu-timp, s-a constituit și funcționează sistemul „diversitate sol ↔ diversitate biologică”. Interdependența și interdeterminarea funcționării tuturor componentelor sistemului „biodiversitate sol ↔ biodiversitate biologică” se realizează la toate nivelele ierarhice de organizare structural-funcțională a ecosistemelor (Fig. 36) (Tab. 89).

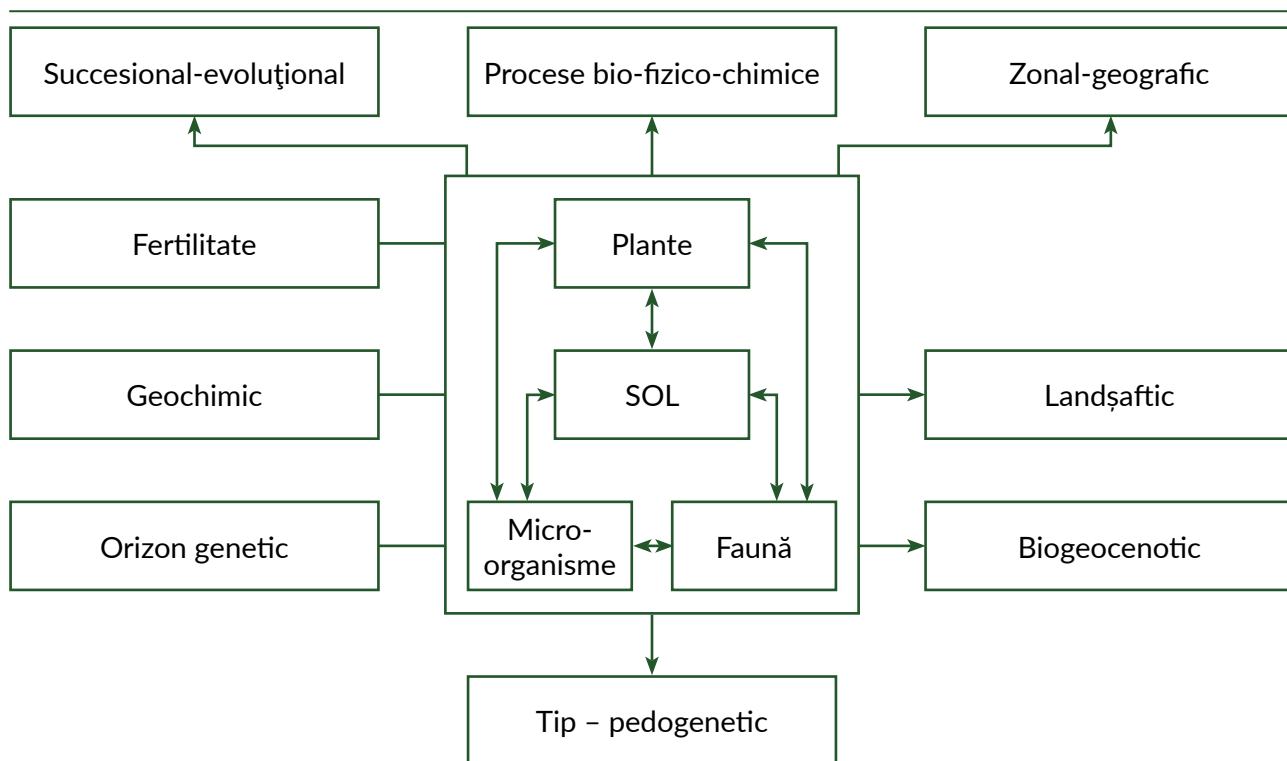


Fig. 36. Nivuri de organizare structural-funcțională a biodiversității în ecosistemele terestre (Хазиев, 2019)

Tabelul 89. Procese de funcționare în cadrul nivelurilor de organizare structural-funcțională a biodiversității ecosistemelor terestre

Nivel de organizare structural-funcțională	Procese de funcționare
Evoluțional-succesional	Procesul de pedogeneză din faza primar-primitivă până la maturizarea genetică a tipului de sol (succesiuni pedogenetice) este însoțit de succesiunea microbiofloristică adecvată modificării însușirii solurilor (Васнев, 2003; Jigău, 2009, 2014).
Procese elementare bio-fizico-chimice	Pedogeneza reprezintă totalitatea unor anumite macro- și microprocese elementare, care determină esența bio-fizico-chimică a procesului unic de pedogeneză. Acestea determină regimurile pedofuncționale (hidrotermic, aerohidric, biochimic), care, la rândul lor, determină grupele eco-trofice de microorganisme corespunzătoare condițiilor concrete de landsaft.
Zonal-geografic	Interacțiunea soluri ↔ biodiversitate se realizează în cadrul distribuirii zonale a factorilor naturali pe orizontală și pe verticală.
Landsaftic	Landsaftele se deosebesc unele de altele prin ambianța pedogenetică și respectiv, prin componența și diversitatea biologică a biotei corespunzătoare condițiilor concrete de landsaft. Aceasta presupune o stare de cvasiechilibru între ambianța pedogenetică și diversitatea microbiotică.
Biogeocenotic	Presupune formarea unei structuri specifice coadaptată a componentelor biocenozelor solurilor. Fiecare biocenoză se caracterizează printr-o structură specifică a microbiotei solurilor și speciile dominante în cadrul acesteia.
Tip – pedogenetic	Fiecărui tip de sol îi corespunde un anumit tip de formațiune vegetală și complexe microbiotice și mezofaunistice constituite în cadrul procesului istorico-natural de coevoluție a sistemului „diversitate soluri – diversitate biologică”.
Orizont genetic	Interacțiunea dintre însușirile profilului genetic și diversitatea biologică determină legitățile de constituire a componenței și activității microbiotei pe verticală în profilul solului.
Ambianța geochemică	Ambianța geochemică a habitatului determină componența și dinamica diversității biologice a microbiotei și mezofaunei.
Fertilitatea solului	Nivelul de fertilitate a solului caracterizează condițiile trofice, hidrofizice, hidrotermice, aerohidric, fizice și fizico-chimice ale habitatului. În solurile fertile se creează condiții mai favorabile pentru dezvoltarea unui grad mai înalt de diversitate biologică a microbiotei și mezofaunii solului.

În abordarea propusă, managementul biodiversității ecosistemului solului se înscrie în principiile 5 și 6 ale Strategiei Naționale privind diversitatea biologică:

**Principiul 5.** Principiul integrării sectoriale: conservarea biodiversității și utilizarea durabilă a componentelor sale trebuie luate în considerație în procesul de adoptare a deciziilor și de stabilire a politicilor sectoriale.

**Principiul 6.** Principiul abordării ecosistemice: reprezintă o strategie de management integrat, adaptiv, bazat pe aplicarea unor metodologii științifice corespunzătoare, care iau în considerație structura și funcțiile ecosistemului solului și agroecosistemelor.

Prin prisma acestor principii, solul urmează a fi examinat în calitate de sistem ecologic produs al interacțiunii activității asimilațional-disemilațională a macroorganismelor, plantelor și materiei mineral-organice în transformare în timp (conceptul proceselor elementare bio-pedogenetice). Solurile contemporane reprezintă formațiuni organo-minerale formate în anumite condiții naturale bio-pedo-climatice susținută de procesele continue de interacțiune a microorganismelor, plantelor și substratului mineral în transformare. În cadrul acestei interacțiuni se realizează procesele biologice, biochimice și bio-fizico-chimice, care constituie circuitele biogeochemice a elementelor și macroorganismelor. Solul dispune de însușiri-tampon materializate în stabilitatea în relațiile cu condițiile și factorii de stres, asigură cu elemente nutritive plantele și biota heterotrofă, fiind sursă și flux de elemente biofile și biodiversitate. Anume componenta biologică a ecosistemului solului asigură funcțiile de bază ale biotei solului – productivă și de modelare a mediului vital, susține în stare activă genofondul și diversitatea biologică a solurilor.

Prin această prismă de idei, utilizarea resurselor de sol urmează să se bazeze pe tehnologii orientate pe conservarea și sustenabilizarea biotei solului.

În condițiile când utilizarea resurselor de soluri în agricultură nu este însoțită de planuri de măsuri concrete orientate pe atenuarea, reducerea sau evitarea impactului negativ al activităților agricole asupra biodiversității solurilor, consecințele negative ale acestora sunt tot mai resimțite și se materializează în degradarea accelerată a funcțiilor ecologice și biogeocenotice a solurilor. Mai mult ca atât, efectele acestora sunt tot mai resimțite chiar și în condițiile unei bune planificări a activităților agricole și practicării unor sisteme agricole performante.

În acest sens, menționăm că oricât de performante ar fi tehnologiile practicate, acestea conduc, în mod inevitabil, la perturbarea regimurilor pedofuncționale ale solurilor, care atrage după sine modificarea masei, componenței, biodiversității și activității biotei solului. Acest lucru a determinat necesitatea formulării Conceptului Compensării Ecologice și Sustenabilizării Ambianței Pedofuncționale Responsabilă de Diversitatea Ecosistemului Solului.

Compensarea ecologică poate fi definită ca fiind crearea, restabilirea sau îmbunătățirea ambianței pedofuncționale și a unor elemente de biodiversitate pentru a contrabalansa daunele ecologice cauzate de activitatea agricolă. Prin această prismă de idei, compensarea ecologică poate fi aplicată unui spectru larg de impacturi, inclusiv degradării funcției biogeocenotice de habitat și pierderea funcțiilor, cum ar fi fluxurile de resurse bioenergetice și nutrienți. Compensarea ecologică și sustenabilizarea biodiversității biotei solului este o soluție curentă, parte componentă a activităților de producție agricolă.

În acest sens, Compensarea Ecologică și Sustenabilizarea Biodiversității Ecosistemului Solului presupune abordarea complexă integrată a factorilor care determină fertilitatea solului și realizarea deplină a potențialului genetic prin restabilirea sau saturarea biotei solului cu macroorganisme eficiente și reducerea unidirecționată a fitopatogenilor. Realizarea acestor obiective presupune:

- Asigurarea Neutralității Degradării Terenurilor (NDT) prin punerea în aplicare a Reglementării Tehnice „Măsurile de protecție a solurilor în cadrul practicilor agricole” (HG RM nr. 1157 din 13.X.2008).
- Restabilirea și sustenabilizarea sistemului bioenergetic al solurilor prin managementul resturilor vegetale, încorporarea în sol a recoltelor secundare (paie, hlujeni, vrejuri) și administrarea a câte 10 kg N substanță activă per 1 t de materie organică, practicarea ogorului ocupat, cultivarea îngrășămintelor verzi (culturi intermediare, culturi ascunse) ș.a.
- Respectarea și perfecționarea asolamentelor prin reorientarea acestora în sensul susținerii și sustenabilizării biodiversității ecosistemului solului. Includerea ierburilor boboase multianuale în structura asolamentelor și menținerea unor niveluri optime de materie organică proaspătă în soluri.
- Integrarea măsurilor de sporire a productivității agroecosistemelor cu cele de sporire a fertilității naturale a solurilor prin promovarea biodiversității ecosistemului solului.
- Promovarea măsurilor fitotehnice și bioremediative de renaturare a proceselor elementare tipogenetice și de extindere a acestora în segmentul mediu și inferior al profilului solului.

În contextul celor expuse, menționăm că pentru conservarea biodiversității, restabilirea acesteia și a proceselor tipogenetice ale pedogenezei cernoziomice, nu este suficientă doar dezicerea de utilizarea fertilizanților minerali, pesticidelor, aditivilor sintetici etc. Pentru realizarea acestui obiectiv este necesară crearea de condiții pentru restabilirea și sustenabilizarea proceselor pedogenetice naturale/tipogenetice în condiții de producție.

Aceasta presupune înlocuirea paradigmei agrochimice de management a fertilității solului bazată pe chimizarea intensivă cu cea biologică, în cadrul căreia rolul decisiv se atribuie parametrilor și proceselor biologice.

În cadrul agriculturii contemporane, acest proces presupune etapa de tranziție (5-7 ani) pe parcursul căreia se reduc treptat inputurile tehnogene și, respectiv, sporesc cele biogene. Pe parcursul acesteia se reduc nu numai cantitățile de îngrășămintă minerale, dar și a celor organice tradiționale (gunoiul de grajd, composturile), preferință acordându-se materiei organice de origine vegetală, astfel implicându-se elemente ale modelului natural al circuitului materiei organice.

Cercetările desfășurate de T.Г. Николаева și coaut. au arătat că în cadrul unor atare agroecosisteme, biomasa totală a microorganismelor este cu 20-40% mai mare decât în cele convenționale, unde se utilizează gunoiul de grajd și cu 60-85% mai mare decât în cazul agroecosistemelor

intensive fără utilizarea gunoiului. Raportul  $C_{BM}:C_{tot}$  este mai mare decât în cele convenționale. În cazul agroecosistemelor biologizate, sporirea raportului  $C_{BM}:C_{tot}$  sporește pe întreaga grosime a stratului 0-60 cm. Aceasta denotă faptul că procesele de restabilire a microbiotei solului se extind în orizontul de tranziție B și contribuie renaturării proceselor biopedogenetice în acesta. În cazul fertilizării organice tradiționale, intensificarea proceselor biopedogenetice se limitează la stratul 0-20 cm. În stratul 60-80 cm aceste deosebiri sunt ne semnificative.

Biomasa rămelor în cadrul agroecosistemelor biologizate este cu 30-40% mai mare decât în cele tradiționale, iar densitatea lor la o unitate de suprafață este mai mare cu 50-80%. Și mai pronunțată este această diferență în comparație cu agroecosistemele intensiv chimizate.

Numărul antropodelor în cadrul agroecosistemelor sporește până la 70-100-120% (Т.Г. Николаева și coaut.).

Măsurile agrotehnice contribuie susținerii biodiversității prin optimizarea condițiilor edafice cum ar fi aerația, regimul temperaturilor, umidității. Utilizarea sistemelor conservative de lucrare contribuie ameliorării spațiului poros și favorizează dezvoltarea microbiotei solului și diversității acesteia.

Acțiunile culturilor agricole asupra biocenozei solurilor sunt diferite, încât cantitatea și componența organismelor în sol se modifică în dependență de cultura predecesoare. Prin urmare, rotația culturilor cauzează dinamica componenței biotei solului și biomasei microbiotice produse. În acest sens, s-a stabilit că monocultura conduce la reducerea biomasei microbiotice, gradului de diversitate biologică a microbiotei și intensității proceselor biologice în sol. Semnificativ se reduce activitatea de acumulare a azotului atmosferic în sol. Ca urmare, în cazul unei rotații scurte a culturilor cu predominarea păioaselor, în soluri se creează deficit mare de azot, în legătură cu aceasta în cadrul unor rotații este necesară administrarea unor doze mari de fertilizanți cu azot. Totodată, în soluri se acumulează fragmente de resturi organice în diverse faze de descompunere populate de microfloră fungică, multe componente ale căreia secretă în mediu substanțe toxice. Ca urmare, rotațiile scurte cu predominarea păioaselor conduc la reducerea biodiversității microbiotei solului și reducerea fertilității solurilor. Pornind de la aceasta, este necesar să se evite rotațiile culturilor cu pondere mare a păioaselor și cultivarea păioaselor mai mulți ani la rând. Incluziunea leguminoaselor în asolament sau cultivarea lor în calitate de culturi ascunse conduce la ameliorarea structurii solurilor, îmbogățirea solurilor cu materie organică, conservării și sporirii micromicetelor folosite în soluri. De altfel, alternarea speciilor de boboase cultivate în calitate de culturi ascunse este un procedeu fitotehnic de gestionare a masei și diversității biologice a biotei solului (Tab. 90).

Utilizarea culturilor boboase în calitate de fertilizanți (siderate), cultură premergătoare, mulci vegetal contribuie reducerii populațiilor fungilor fitopatogeni, sporirii masei ciupercilor antagoniste și sporirii activității biologice.

Tab. 90. Numărul de microorganisme (mln/1 g de sol uscat) și activitatea enzimatică a orizontului arabil al cernoziomurilor tipice în cadrul unor asolamente cu grad diferit de saturare cu culturi leguminoase\*

Parametrii	Grad de saturare a asolamentelor cu culturi leguminoase, %				
	control	10	20	30	40
Bacterii care utilizează azot organic	3,7-4,0	4,2-4,5	4,3-8,7	6,6-9,7	8,1-11,3
Bacterii care utilizează azot mineral	11,2	12,8	11,9-16,2	14,6-19,5	16,3-20,4
Actinomicete	0,9	1,2	1,4-1,7	1,6-1,78	1,8-2,2
Ciuperci	0,04	0,04	0,03-0,06	0,02-0,05	0,06-0,08
Obigonitrofile	2,5	2,8	2,2-3,4	3,4-4,8	4,4-5,4
Catalaza ml O <sub>2</sub> /1 g de sol	6,2	7,8	6,4-8,8	9,8-13,6	15,8-17,7
Ureaza mg NH <sub>4</sub> /1 g de sol	0,6	0,9	0,7-0,9	0,9-1,2	1,4-1,6
Invertaza mg glucoză/1 g de sol	16,4	17,5	20,7-23,4	21,8-23,5	26,5-27,4

- \* 0% – fără culturi leguminoase  
 10% – foarte slab saturate cu culturi leguminoase  
 20% – slab saturate cu culturi leguminoase  
 30% – satisfăcător saturate cu culturi leguminoase  
 40% – moderat saturate cu culturi leguminoase

Din tabelul prezentat constatăm contribuția culturilor boboase la ameliorarea stării biologice a solurilor și activității enzimatică, aceasta contribuind la rândul său, la acumularea azotului în sol și la intensificarea procesului de humificare.

Un element important în acest sens este diversificarea structurii leguminoaselor cultivate. Eficiența impactului culturilor leguminoase este mai mare atunci când acestea sunt cultivate în amestecuri.

Un rol important îl are modul de administrare a materiei organice de natură leguminoasă.

În condiții de ecosisteme naturale, o parte de resturi vegetale (de la 10 până la 70-80% în funcție de formațiunea vegetală) se depozitează pe suprafața solului, iar o altă parte sunt depozitate în stratul radicular activ. În ecosistemele de stepă doar cca 10% din resturile vegetale sunt depozitate pe suprafața solului, formând litiera de stepă și alte 90% sunt depozitate în orizontul întelenit (0-8 cm), care în comun cu litiera formează o formațiune pedogenetică specifică cernoziomurilor „orizontul detritic humifer”, care este principalul furnizor de substanțe organice și microorganisme. Pornind de la aceasta, considerăm că mai eficientă este utilizarea îngrășămintelor verzi în calitate de mulci organo-terros obținut prin încorporarea amestecului de leguminoase și resturile vegetale ale culturii de bază cu grapa cu discuri în primii 8-10 cm, formând un strat de mulci care îndeplinește mai multe funcții.

Cercetările efectuate de I. Senicovscaia (2015) au arătat că aplicarea sistemului no-tillage pe cernoziomuri obișnuite în condițiile zonei de sud ale Republicii Moldova are efecte pozitive asupra microorganismelor. Biomasa microorganismelor în stratul superior sporește de 1,7 ori în comparație cu arătura (Tab. 91). Raportul dintre carbonul microbial și conținutul total de carbon se reduce de 1,6 ori. Aplicarea no-tillage contribuie la majorarea rezervelor de biomasă microbială în stratul 0-20 cm. În același timp, o particularitate specifică acestui procedeu este concentrația microorganismelor în stratul 0-5 cm.

După doi ani de practicare a procedurii no-tillage, activitatea enzimatică a cernoziomului obișnuit sporește comparativ cu arătura de 1,8-2,2 ori (I. Senicovscaia, 2015).

*Tabelul 91. Conținutul și rezervele de biomasă microbială în cernoziomul obișnuit în diverse condiții de lucrare a solului (I. Senicovscaia, 2015)*

Varianta	Adâncimea, cm	Biomasa microbială, mg/g sol	C <sub>BM</sub> % din C <sub>org</sub>	Rezervă biomasă, kg/ha	
				straturi, cm	strat 0-40 cm
Arătura	0-20	196,8	1,38	938,3	2242,7
	20-40	217,5	1,57	1317,7	
No-tillage 2 ani	0-5	486,9	3,16	106,6	2171,8
	5-20	198,7	1,37	882,2	
	20-40	189,7	1,36	1123,0	
DL, 5%	95,3				

*Tabelul 92. Activitatea enzimatică a cernoziomului obișnuit în diverse sisteme de lucrare a solului (I. Senicovscaia, 2015)*

Varianta	Adâncimea, cm	Dehidrogenaza TPF mg/10 g de sol/24 ore	Polifenol oxidaza 1-4-p-benzochinonă mg/10 g sol/30 min
Arătură	0-20	1,14	6,5
	20-40	1,18	
No-tillage 2 ani	0-5	2,35	13,0
	5-20	1,73	12,5
	20-40	1,25	12,5
DL, 5%	0,38		2,4

În ultimii ani, în agricultură, pentru restabilirea diversității biologice a microbiotei și mezofaunei nevertebrate a solurilor sunt utilizate preparatele reprezentate prin fracțiunea lichidă de substanțe humice provenite din producerea biohumusului. Fracțiunea de substanțe humice reprezintă un produs bioorganic eficient pentru tratarea („vindecarea”) plantelor, reabilitarea biotei solului și diversității biologice a acesteia, combaterea unor patogeni și dăunători. Cercetările noastre au arătat că acestea reprezintă suspensii microbiotice, iar în componența acestora predomină microorganismele aerobe (cca 30 de specii): bacterii fixatoare de azot (simbiotice și nesimbiotice); microorganismele fosformobilizatoare din speciile *Pseudomonas* și *Bacillus*, precum și ciupercile din speciile *Aspergillus* și *Penicillium*, precum și bacteriile responsabile de descompunerea celulozei (Jigău și coaut., 2019).

Conform cercetărilor noastre, o eficiență înaltă asigură extrasele humice, atât extrasele apoase („ceaiuri biohumice”), cât și cele alcaline (extrase cu 0,1n KOH, NeOH).

Extrasele apoase reprezintă suspensii de microorganismele și fragmente coloidale (<0,0002 mm) de materie organică în fază de descompunere-humificare și sunt utilizate în scopul restabilirii microbiotei solului și în calitate de substanțe biostimulatoare. Substanțele coloidale îndeplinesc funcția de catalizator al proceselor de humificare.

Grație prezenței mai multor substanțe biologice active în biofertilizanți, administrarea ultimelor stimulează dezvoltarea microflorei, mezofaunei nevertebrate. Numărul bacteriilor și ciupercilor, precum și a azotobacterului și actinomicetelor în condiții de utilizare a bioîngrășămintelor sporește de 1,5-3,0 ori comparativ cu controlul. Numărul artropodelor sporește de 1,5-1,7 ori.

Monitorizările în condiții de producție au constatat că utilizarea biofertilizanților conduce la intensificarea proceselor de formare și de acumulare a humusului cu formarea fitonutrienților organo-minerali și restabilirea mai multor funcții cu rol pedoremediativ:

- integratoare – asigură integrarea materiei biotice și celei abiotice. În contextul acestei funcții, humusul este perceput ca o formă biorutinată a materiei, care include substanțe organice în diverse faze de descompunere-transformare-humificare și totalitatea microorganismelor care sunt neoformațiuni pedogenetice cu componență și însușiri specifice doar landșafturilor de stepă. Trăsătura de bază a acestora este stabilitatea în timp. Predominante în spațiul Prinadubian sunt complexe slab și moderat humifere (2-3 și 3-4% de humus), care determină procesele de agregare-structurare cu formarea de agregate slab și moderat stabile (conținutul de agregate hidrostabile <45%).
- carbon-sechestrantă – sechestrarea și stabilizarea carbonului organic în sol în componența agregatelor structurale.

Conform calculelor, durata medie a perioadei de sechestrare a carbonului în biomasa vegetală alcătuiește 5-10 ani, în agregatele >0,25 mm – 30-50 ani, în microagregatele <0,25 mm – 100-300 ani. Cercetările noastre au arătat că în cadrul pedogenezei cernoziomice procesele de formare și de acumulare a humusului și cele de agregare-structurare sunt interacționate și interdeterminate în cadrul unui trend sincronizat. Prin urmare, cu cât sunt mai intensive procesele de formare a humusului, cu atât sunt mai intensive procesele de stabilizare a carbonului organic al solului: ultramicroagregat – microagregat – mezoagregat – macroagregat.

- nutritivă – asigură formarea și furnizarea permanentă a substanțelor humice labile, care sunt principala sursă de nutriție a plantelor. Distribuția și dinamica acestora pe profil determină dinamica relațiilor sol-plantă, gradul de dezvoltare a sistemului radicular al plantelor și rolul acestuia și stabilizarea agregatelor nou-formate, iar ca urmare – stabilizarea carbonului organic în agregatele structurale;
- fiziologică – furnizarea permanentă de substanțe biologice și fiziologic active, care stimulează germinarea semințelor, creșterea și respirația plantelor, sporesc rezistența plantelor la înghețuri, secetă, patogeni;
- acumulativă – sechestrarea macro- și microelementelor biofile în stratul radicular activ (orizonturile Am+AmBm) cu ulterioara furnizare a acestora plantelor.

Realizarea concomitentă a procesului de humificare și celui de mineralizare a materiei organice din sol presupune realizarea concomitentă a reacțiilor organo-minerale cu acumularea compușilor organo-minerali în stratul humifer activ. Humații cu cationul de calciu se acumulează în situ, iar cei formați cu cationul de magneziu sunt parțial mobili și se acumulează în stratul imediat subiacent locului formării. Humații cu cationii monovalenți ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) și fulvații sunt levigați în

orizontul de tranziție B, asigurând rezerve de elemente biofile (N, P, K, Na, Mg, Ca ș.a.) accesibile plantelor. Aceasta conduce la extinderea procesului pedogenetic pe descendentă și formarea de profiluri humifere progresiv-acumulative;

- energetică – procesul de formare a humusului presupune transferul energiei chimice în energie biochimică. Prin esența sa, procesul de humificare presupune concentrarea în compuși humici macromoleculari a energiei dispersate în substanțele organice simple (hidrați de carbon, fenoli, benzoli ș.a.) din componența resturilor organice. Conform calculurilor noastre, în cernoziomurile din spațiul Pridanubian în fiecare 1% de humus se conțin 126-131 mln. Kkal/ha. Intensificarea procesului de humificare contribuie sporirii progresive a rezervelor de energie în soluri și restabilirii sporirii stabilității acestora, inclusiv a microbiotei solului și diversității acesteia;
- modelarea mediului de viață/ambianței pedofuncționale cu crearea de condiții optime pentru dezvoltarea cantitativă a microbiotei solului și sporirea gradului de biodiversitate a acesteia.

### 3.7. PRACTICI DE CAPTARE A PRECIPITAȚIILOR ȘI DE GESTIONARE A SISTEMELOR DE DRENAJ

Perioadele de secetă tot mai frecvente induse de trendul antropo-natural al condițiilor climatice au condus la apariția unui nou factor limitativ „efectul cumulativ al secetei”, materializat în dezvoltarea unui regim hidric nepercolativ xerofilizat. Ca urmare, pe parcursul ultimilor 50 de ani a sporit de 2 ori numărul de ani cu deficit de umiditate pentru culturile de primăvară (porumb, floarea soarelui, sfecla de zahăr, soia ș.a.). Pierderile de recolte provocate de acest factor, chiar și în anii climaterici normali, alcătuiesc de la 10 până la 25%, în funcție de cultură. Cercetările în domeniu au scos în evidență că în anii cu cantități de precipitații corespunzătoare normei multianuale și în cei cu cantitățile de precipitații care depășesc norma multianuală, cantitățile de apă acumulate în soluri sunt în reducere, ca urmare a reducerii cantității de apă înmagazinată în acestea, cauzate de gradul avansat de degradare fizică și nivelul foarte scăzut de amenajare hidrologică a terenurilor agricole. Aceasta obligă producătorii agricoli să folosească cele mai eficiente măsuri pentru captarea, acumularea și conservarea apei în sol. Sezonul de toamnă-iarnă este cel mai favorabil acestor măsuri.

Principala condiție pentru captarea și acumularea apei este ca solul să posede un grad optim de afânare, fără straturi impermeabile, adică să aibă densitatea aparentă 1,15-1,35 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea totală 50-60%, din care porozitatea capilară 30-36%, iar cea necapilară (de aeratie) și permeabilitatea este socotită bună, când după o ploaie, în 24 ore umiditatea ajunge la 1 m adâncime. În cazul în care în profilul solului sunt prezente straturi impermeabile, acestea trebuie să fie distruse prin lucrări de afânare și scarificare. În același timp, se va ține cont că nu sunt indicate valori ale densității aparente <1,15 g/cm<sup>3</sup>, porozitate totală >60% și de aeratie >25%, deoarece în aceste condiții sporește circulația aerului prin sol, care antrenează și elimină apa prin evaporare și totodată, intensifică mineralizarea humusului cu eliberarea de substanțe nutritive, care sunt levigate.

Este foarte important ca solul să posede structură grăunțoasă și bulgăroasă, care permite infiltrarea și conservarea apei în profilul solurilor. De aceea, este necesar ca la intrarea în iarnă, solul să fie afânat mărunțit și nivelat, capabil să capteze și să acumuleze apa provenită din precipitații.

Capacitatea maximă pentru apă a solului este de 59% pe solul afânat, 46% pe cel așezat și 38% pe solul tasat compactat. Se apreciază că atunci când pe adâncimea 0-90 cm solul a înmagazinat 100-150 mm (1000-1500 m<sup>3</sup>) de apă, poate rezista 1-2 luni la secetă. De menționat, că materia organică din sol are capacitatea de a reține cu 20% mai multă apă, iar humusul poate reține de 4-5 ori mai mult. Capacitatea de apă utilă în stratul 0-100 cm este insuficientă când este sub 60 mm (600 m<sup>3</sup>/ha), mică la 100-140 mm (1000-1400 m<sup>3</sup>/ha), este mare la 170-200 mm (1700-2000 m<sup>3</sup>/ha).

În cadrul lucrărilor de distrugere a straturilor greu permeabile/impermeabile pentru apă, în cazul când acestea sunt la 25-30 cm (talpa plugului), este necesară arătura cu plugul prevăzut cu scormonitori, care afânează solul sub fundul brazdei pe adâncimea de 10-12 cm. Când stratul impermeabil este la 60-70 cm, se lucrează cu scarificatorul. În astfel de condiții, în stratul 0-150 mm se poate acumula 4500 m<sup>3</sup>/ha de apă.



Cercetările au arătat că din precipitații, într-un sol lucrat, afânat, se infiltrează 64,4%, iar în cel nelucrat cu profil stratificat, doar 9,2%. Solul trebuie menținut nivelat și cu strat protector (mulci organic, mulci de sol) la suprafață pentru a împiedica pierderea apei prin evaporare.

Terenul denivelat pierde 25-30% și chiar 50% din apa acumulată, în funcție de gradul de denivelare. S-a dovedit că în arătura grapată, nivelată, apa ajunge în sol până la 78 cm, iar în cea negrapată la 43 cm.

În primăvară terenul nu trebuie să fie răscolit cu grapa cu discuri, deoarece pierderile de apă ajung la 12-15% și chiar 29%. Pregătirea patului germinativ cu combinatorul printr-o singură trecere reduce pierderile de apă sub 6%.

Distrugerea crustei și astuparea crăpăturilor în luna mai contribuie la reducerea pierderilor de apă la evaporare de la 4,9 mm/zi până la 1,8 mm/zi. Într-un sol cu structură grăunțoasă-bulgăroasă, corect afânat, se infiltrează 85% din precipitații și 15% se pierde prin scurgerea la suprafață, prin evaporare, pe când în solul cu structură agregatică degradată se infiltrează 35-40%, iar restul se pierde.

În constituirea rezervelor de apă în sol, un loc deosebit revine precipitațiilor din perioada rece a anului (noiembrie-martie inclusiv), îndeosebi celor solide. Referindu-ne la zăpadă, măsurile agrotehnice urmează să fie orientate pe susținerea acesteia în totalitate pe teren, să nu fie spulberată. În condițiile regiunii noastre, fiecare 10 cm de strat de zăpadă aduce 300 m<sup>3</sup>/ha de apă, de reținut că 1 mm de apă acumulată în sol în sezonul rece echivalează cu 3 mm/vară.

Ținând cont de particularitățile regionale ale condițiilor climatice din perioada de iarnă, cele mai indicate procedee de menținere a zăpezii pe terenuri sunt:

- practicarea sistemului culturilor verzi, care menținându-se peste iarnă, pot acumula peste 97% din zăpadă, care se topește treptat și pătrunde în sol;
- perdele de 2-3 rânduri de tulpini de porumb, sorg, floarea soarelui, distanțate la 20-25 m;
- tăvălugirea zăpezii: pe spațiile tăvălugite zăpada se topește mai greu, apa pătrunzând lent în sol.

#### *Măsuri agrotehnice de amenajare hidrologică a terenurilor agricole*

În scopul captării apei din precipitații și conservarea acesteia în soluri, sunt necesare următoarele măsuri:

- afânarea adâncă (50-60 cm) fără răsturnarea brazdei cu păstrarea la suprafață a resturilor vegetale;
- fisurarea solului la adâncimea 12-15 cm în mijlocul fiecărui spațiu dintre rânduri;
- pe versanții >3° în anii umezi sunt necesare măsuri speciale: brăzdarea întreruptă a solului la fiecare al doilea spațiu dintre rânduri; mușuroirea rândurilor în cadrul ultimei lucrări a solului în spațiile dintre rânduri;
- pe versanții >5° măsurile speciale presupun: practicarea periodică a aratului într-o parte cu răsturnarea brazdei în amonte (deal) sau, după caz, în aval (vale); în locul plugurilor reversibile, utilizatorii pot practica aratul în lături (părți), care se execută pe ambele laturi ale fiecărei parcele; elaborarea schemelor de repartizare a terenurilor arabile, a plantațiilor pomicole și viticole cu luarea obligatorie în considerare a condițiilor geomorfologice, pedoclimatice și riscului formării scurgerilor superficiale;
- efectuarea următoarelor lucrări de sporire a permeabilității solurilor pentru apă și sporirii capacității de captare a apei în sol: afânarea adâncă cu scopul fărâmișării orizontului subarabil (talpa plugului); excluderea tasării terenurilor și/sau formării de benzi tasate în cadrul acestora.

În scopul excluderii/formării torenților, acumulării, formării surplusurilor de apă și supraumezirii, sunt necesare următoarele măsuri:

- construcția digurilor în amonte și a micilor digulețe, amenajarea diverselor obstacole (gărdulețe, plase etc.) de-a lungul curbilor de nivel pentru reducerea scurgerilor;
- evacuarea dirijată a surplusului de apă de pe versanți prin amenajarea unei rețele de canale pentru captarea și evacuarea surplusului de apă de pe versanți și prevenirea acumulării și bălțirii locale a apei;
- crearea canalelor de coastă pe curbe de nivel sau înclinate, cu dispersoare naturale sau artificiale de evacuare a apelor, în funcție de pantă și tipul solului;
- crearea de canale de coastă pentru evacuarea apelor de pe pante de peste 10° în bazine de acumulare sau spații umede;

- crearea, pe versanți, a teraselor continue cu platformă orizontală;
- în cazul terenurilor cu soluri grele și pante de peste 15°, precum și cele înclinate mediu sau mijlociu, se creează terase individuale orizontale;
- crearea șanțurilor temporare de evacuare a surplusului de apă din perioadele ploioase.

În cazul terenurilor supraumezite extraaluviale pe versanți, în cadrul activităților de amenajare hidrologică este necesar să fie delimitate două zone principale, unde trebuie să se aplice următoarele lucrări specifice:

- 1) în zona de alimentație cu apă, situată în amonte de corpul supraumezit, în cadrul căreia se acumulează apele pedofreatice, care se infiltrează în corpul supraumezit:
  - a) astuparea crăpăturilor adânci, care formează căi preferențiale de scurgere a apei în sol, cu material pământos impermeabil, bine compactat;
  - b) se construiesc canale impermeabile pentru interceptarea și evacuarea dirijată a apelor de suprafață;
  - c) se construiesc canale adânci sau drenaj pentru evacuarea apelor de infiltrație;
- 2) în zona supraumezită propriu-zisă:
  - a) drenarea adâncă sau superficială a zonelor cu exces de umiditate;
  - b) nivelarea terenului pentru înlăturarea condițiilor de stagnare a apei în micro- și mezo-depresiuni.

Pentru valorificarea terenurilor afectate de supraumezire se aplică tehnologii de lucrare, care favorizează evaporarea apei din sol și se cultivă tipuri de vegetație adaptate la condițiile existente în cadrul terenurilor supraumezite și care au o producție înaltă și asigură o bună evoluție a factorilor fizici de fertilitate (compactare, structură, spațiu poros, aeratie, procese biologice ș.a.) și atenuează procesele de salinizare, solonețizare, slitizare.

Lucrările agrotehnice și fitotehnice se selectează în funcție de condițiile concrete de landsaft.

### 3.8. PRACTICI DE REABILITARE ȘI RECONSTRUCȚIE A CURSURILOR DE APĂ, REABILITAREA ȘI GESTIONAREA LACURILOR

Cursurile de apă sunt parte integrală a ecosistemului natural, care pe lângă faptul că sunt canale pentru apă, sedimente și alte materii transportate, sunt și o cauză și o consecință a proceselor naturale interconectate. Combinația acestor procese naturale creează ceea ce noi numim râuri, cursuri de apă sau sisteme riverane: bazinul hidrografic, apa care curge, zonele inundabile și lacurile, flora și fauna ce trăiesc în interiorul și în jurul acestor sisteme. Prin infiltrarea unei părți de apă din acestea în sol, cursurile de apă contribuie la alimentarea și menținerea acviferelor subterane pline cu apă.

Rețeaua hidrografică a Republicii Moldova este reprezentată de 3621 cursuri de apă cu o lungime totală de cca 16000 km și o densitate medie de 0,48 km/km<sup>2</sup> în nord și până la 12 km/km<sup>2</sup> în partea stângă a Nistrului. Rețeaua hidrografică mai include 3500 de lacuri naturale. Cca 90% din râurile, râulețele și pâraiele din republică au o lungime mai mică de 10 km și numai 9 de peste 100 km. Rețeaua hidrografică a Republicii Moldova este formată din 4 bazine de scurgere: râul Nistru, care constituie 67% din suprafață; râul Prut, care constituie 24% din suprafață. Celelalte 2 bazine hidrografice, care constituie 9% – afluenții Dunării, care se revarsă direct în Marea Neagră. Sumarul apelor de suprafață acumulate în cadrul acestora constituie 1,32 miliarde m<sup>3</sup>/an.

Un curs de apă rămâne un sistem ecologic funcțional, doar dacă sunt asigurate următoarele condiții:

- cursul apei prezintă un minim de continuitate, menținându-se cel puțin debitul de servitute și respectiv, debitul salubru considerate critice pentru ecosistem;
- conectivitatea laterală, caracterizată prin prezența zonelor umede și a habitatelor ripariante este asigurată;
- evoluția debitelor în timp, respectiv a nivelurilor apei, sunt apropiate de cele naturale. Nu trebuie să existe cazuri de purjare a albiei – creșterea, respectiv scăderea bruscă a debitelor;
- caracteristicile biochimice și fizice nu sunt mult diferite de condițiile naturale;
- conectivitatea în cadrul sistemului hidrografic trebuie menținută.

Trecerea periodică în revistă a stării cursurilor de apă din regiune arată că, practic, toate acestea nu întrunesc condițiile enumerate.

În prezent, în regiune s-a instaurat un proces de aridizare-deșertificare a tuturor bazinelor hidrografice, cauzat în mare măsură de modificările antropice ale regimului hidrologic al acestora.

Din pricina îndreptării și adâncirii albiilor râurilor, transformării lor în „canale”, desecării zonelor umede, a degradării sistemelor de acumulare și păstrare a apei, mai puțină apă pătrunde în sol și mai puțină apă se evaporă în atmosferă. În bazinele râurilor cad tot mai puține precipitații atmosferice, nivelul apei în râuri scade semnificativ, în anii secetoși până la secare. Aridizarea-deșertificarea regiunii, în condițiile agriculturii cu grad sporit de risc, anomaliile meteo, sunt factori care amplifică consecințele negative specificate, acestea materializându-se în sporirea semnificativă a mineralizării apei în râulețe și pâraie, dar și a apelor freatice.

Apa râurilor mici este foarte poluată din cauza evacuării în ele a apelor reziduale, deșeurilor de la diferite întreprinderi industriale și îndeosebi, a scurgerii în acestea a torenților de apă îmbogățite cu material terros spălat de pe terenurile agricole.

Apele meteorice, rezultate în urma precipitațiilor, vin în contact cu terenul și în procesul scurgerii antrenează mase terroase, îngrășăminte chimice, pesticide și în momentul diversării în receptor conțin cantități mari de poluanți. Ca urmare, apa cursurilor de apă se caracterizează printr-un grad sporit de poluare cu ioni de amoniu, nitrați, compuși ai cuprului, produse petroliere, fenol, substanțe ce degradează biochimic (CBO 5), precum și prin nivelul redus al conținutului de oxigen dizolvat în apă. În unele cazuri, conținutul de nitrați depășește de 150 de ori concentrația maximal admisibilă (CMA).

Analizele bacterioplanctonului și perifitonului înregistrează poluare corespunzătoare clasei intermediare de calitate III-IV „moderat poluată-degradată”.

Intervențiile antropice în scopul „ameliorării” șesurilor aluviale a râurilor, în special a râurilor mici, au cauzat dezvoltarea procesului de salinizare-solonețizare. Acestor procese sunt supuse cca 99 mii ha din suprafața totală de 259 mii ha. Mai pronunțat acest proces este caracteristic șesurilor aluviale a râurilor mici mai la sud de linia Ungheni-Bălți-Florești. În cadrul șesului aluvial al râului Prut, salinizarea-solonețizarea se atestă în cursul inferior al acestuia, mai la sud de localitatea Nemțeni.

Salinizarea-solonețizarea conduce la modificarea componenței asociațiilor vegetale: în aceea, de rând cu speciile higrofitice și mezofite sporesc ponderea speciilor halofite, aceasta sporind de la nord la sud.

Pornind de la cele menționate, prin prisma criteriilor landsafto-funcționale de diagnosticare și evaluare a proceselor de deșertificare, considerăm că bazinele hidrografice a râurilor mici se caracterizează cu grad „slab-moderat” de deșertificare în zona centrală și „moderat-avansat” în zona de sud.

În scopul stopării acestor procese și restabilirii funcțiilor ecologice și biocenotice a sistemelor ecologice riverane, sunt necesare măsuri complexe de restabilire ecologică a acestora.

Reabilitarea ecologică a râurilor mici presupune, în primul rând, crearea unei zone-tampon de vegetație de-a lungul malurilor cursurilor de apă care asigură:

- stabilizarea malurilor;
- redresarea sau reducerea energiei curentului de apă;
- captarea și filtrarea scurgerilor superficiale de apă;
- absorbirea/asimilarea excesului de nutrienți;
- asigurarea de nișe ecologice și habitat;
- în cadrul șesului aluvial de-a lungul cursurilor de apă se vor crea zone-tampon cu lățimea de 15 m sau fâșii de vegetație cu lățimea cuprinsă între 450-750 m;
- se vor înlătura toți arbuștii și plantele care pot afecta creșterea vegetației ierboase, iar malurile cursurilor de apă se vor nivela pentru asigurarea unei suprafețe adecvate pentru creșterea culturilor protectoare.

Dacă densitatea plantelor din zona-tampon se rărește, se apelează la reînsămânțarea acesteia cu amestecuri de ierburi graminee și leguminoase perene cu raigras înalt, raigras de pășune, golomăț, păiuș de baltă, trifoi alb, trifoi roșu, lucernă albastră, cum ar fi: 25% păiuș de baltă (5 kg/ha) + 25% golomăț (3 kg/ha) + 25% raigras de pășune (3 kg/ha) + 25% trifoi roșu (3 kg/ha).

Pentru prevenirea deteriorării suprafeței malurilor și vegetației, se vor amenaja obstacole pentru a exclude accesul animalelor în zona-tampon de vegetație.

Pentru excluderea proceselor de poluare a apei cu devărsări de diverse scurgeri, se vor amenaja canale de captare a acestora.

În cazul bazinelor acvatică, de rând cu măsurile specificate, în cadrul spațiilor adiacente acestora se va asigura un înveliș de iarbă, alcătuit din culturi protectoare – ierburi perene iubitoare de apă, iar în jurul acestora se va crea o zonă de protecție cu lățimea de cel puțin 10 m.

### 3.9. PRACTICI DE PREVENIRE ȘI COMBATERE A POLUĂRII APEI ȘI PROTEJAREA ZONELOR UMEDE

Activitățile agricole (lucrarea solurilor, fertilizarea, protecția plantelor, creșterea animalelor ș.a.) prin esența lor implică riscul poluării apelor și zonelor umede. Acestea implică două surse de poluare:

- a) punctiforme;
- b) difuze.

Poluarea punctiformă din surse agricole poate fi provocată de:

- dejectii animaliere semilichide și lichide;
- gunoi de grajd sub formă solidă;
- efluenți din silozuri;
- ape uzate neepurate sau insuficient epurate necolectate;
- scurgeri din depozite de îngrășăminte minerale și organice.

Sursele de poluare punctiformă, ajungând în corpurile de apă, pot conduce la poluarea lor și afecta viața acvatică din apele de suprafață, făcându-le improprie și pentru utilizarea lor ca surse de apă potabilă.

Poluarea difuză este cauzată de utilizarea substanțelor de origine sintetică pentru fertilizarea solurilor și protecția plantelor. Aceasta mai poate fi determinată de utilizarea și mai multor fertilizanti organici: gunoi de grajd, composturi, nămoluri de la stațiile de epurare, deșeurii din industria prelucrătoare ș.a.

Apariția poluării difuze a corpurilor de apă este urmare a pierderilor de nutrienți, pesticide, alte micro- și macroelemente prin infiltrarea lor în apele subterane sau prin deplasarea cu scurgerile superficiale în corpurile de apă de suprafață.

Efectele poluării apelor subterane și celor de suprafață presupune diminuarea calității apei și eutrofizarea corpurilor de apă de suprafață.

Principiile și elementele tehnologice ale practicilor agricole de prevenire și combatere a poluării apei și protejare a zonelor umede sunt prescrise în Codul de bune practici agricole privind protecția apelor împotriva poluării cu nitrați, elaborat în conformitate cu art. 43 alin. (2) lit. (b) din Legea apelor nr. 272 din 23.12.2011 și în conformitate cu Cap. V din Hotărârea Guvernului nr. 836 din 29.10.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind prevenirea poluării apelor din activități agricole și conține prevederi referitoare la:

- perioadele în care aplicarea fertilizanților în sol este contraindicată;
- particularitățile aplicării în sol a îngrășămintelor pe terenurile cu pantă abruptă;
- modul de aplicare în sol a îngrășămintelor pe terenurile saturate cu apă, inundate, înghețate sau acoperite cu zăpadă;
- condițiile pentru aplicarea în sol a îngrășămintelor în apropierea cursurilor de apă;
- construcția și capacitatea recipientelor de depozitare a gunoiului de grajd, inclusiv măsurile de prevenire a poluării apei din precipitații și infiltrațiile în apa subterană și cea de suprafață, a lichidelor care conțin gunoi de grajd și efluenți din materialul de plante depozitat;
- condițiile pentru aplicarea în sol a îngrășămintelor chimice și a gunoiului de grajd, care vor menține pierderile de substanțe nutritive în apă la un nivel acceptabil;
- gestionarea utilizării terenului, inclusiv utilizarea sistemelor de asolament al culturilor și raportul dintre suprafețele de teren destinate culturilor perene și cele destinate culturilor anuale;
- menținerea unei cantități optime de vegetație în perioadele ploioase, care ar absorbi nitrații din sol, prevenind astfel poluarea apei cu nitrați;

- elaborarea de către gospodăriile agricole individuale a planurilor de aplicare a fertilizanților și evidența utilizării fertilizanților.

În conformitate cu cele menționate, pentru evitarea poluării apelor din activitățile agricole, urmează să fie respectate următoarele reguli:

1. Aplicarea îngrășămintelor organice și/sau minerale este interzisă în perioadele în care cerințele culturii agricole față de elementele de nutriție sunt reduse, și anume, în intervalul de timp în care temperatura medie a aerului este mai mică de +50C.
2. În condițiile pedoclimatice ale R. Moldova, perioadele cu risc mare de percolare sau scurgere din perioada rece (noiembrie-martie) depind de modul de utilizare a terenului, tipul de culturi și de îngrășămintele utilizate. Cu luarea în considerație a factorilor enumerați, cu risc maximal de aplicare a fertilizanților sunt perioadele prezentate în Tabelul 93.

*Tabelul 93. Perioadele de interdicție pentru aplicarea fertilizanților cu azot pe terenurile agricole în condițiile climatice ale R. Moldova (Cod de bune practici agricole privind protecția apelor împotriva poluării cu nitrați)*

Specificare		Perioada de interdicție	
Îngrășămintele organice solide	Teren arabil. Pășuni	1 noiembrie - 15 martie	
Îngrășămintele organice lichide și îngrășămintele minerale	Teren arabil	Culturi de toamnă	1 noiembrie - 15 martie
		Alte culturi	1 octombrie - 15 martie
	Pășuni	1 octombrie - 15 martie	

3. Pe terenurile în pantă, cu risc mare de eroziune, se recomandă efectuarea fertilizării numai prin încorporarea îngrășămintelor în sol cu luarea în calcul a prognozelor meteorologice.
4. Nu se admite aplicarea îngrășămintelor, îndeosebi a dejecțiilor lichide, în perioadele cu potențial sporit al precipitațiilor lichide. Conform datelor meteorologice multianuale, cu atare risc se caracterizează lunile mai-iunie.
5. Pe terenurile arabile în pantă este necesară asigurarea unui raport optimal între suprafețele ocupate de culturile prășitoare, culturile dense și ierburilor perene (Cod de bune practici agricole, 2007; Măsurile de protecție a solurilor în cadrul practicilor agricole, HG RM nr. 1157 din 13.10.2008) (Tabelul 94).

*Tabelul 94. Raportul optim dintre culturile agricole pe versanți în funcție de riscul erozional (Jigău ș.a., 2012)*

Panta	Cota culturilor în asolamente			Grad de protecție antierozională a culturilor
	prășitoare	culturi dense	ierburi perene	
<1°	50-60	25-30	10-15	100
1-3°	40-50	30-35	15-20	69
3-5°	30-40	35-45	20-25	73
5-7°	20-25	45-50	25-30	83
>7°	-	30-35	65-70	93

6. Spațiile destinate trecerii mașinilor agricole pentru efectuarea lucrărilor curente de întreținere a culturilor se efectuează odată cu înființarea culturii. Dacă acest lucru nu este posibil, datorită sistemului de cultivare al culturilor, atunci în spatele roților mașinilor agricole se recomandă aplicarea unui sistem de afânare superficială, în scopul afânării spațiilor tasate și reducerii riscului bălțirii, formării scurgerilor superficiale și demarării proceselor de eroziune cu antrenarea fertilizanților și produselor de uz fitosanitar (Jigău ș.a., 2012).

7. Practicarea unui sistem antierozional de amenajare hidrologică al terenurilor și de lucrare a solurilor.
8. Pentru excluderea riscurilor de poluare a apelor și zonelor umede se interzice aplicarea îngrășămintelor organice de origine animalieră pe terenurile supra umezite/saturate cu apă, cu risc de inundare în perioada viiturilor, înghețate sau acoperite cu zăpadă. În zonele inundabile este interzisă depozitarea îngrășămintelor organice, amenajarea de terenuri de pregătire a soluțiilor pentru tratarea plantelor ș.a.
9. În cazul terenurilor saturate cu apă sau în zone inundabile, pentru administrarea fertilizantilor mai indicată este perioada când umiditatea solului se încadrează în intervalul CC-URC (capacitatea de câmp pentru apă - umiditatea de întrerupere a continuității capilare).
10. Pe terenurile adiacente cursurilor de apă se instituie zone de protecție și benzi tampon (fâșii de protecție), în care este interzisă desfășurarea activităților agricole, respectiv aplicarea fertilizantilor și pesticidelor de orice tip.

Lățimea zonelor de protecție este stabilită în funcție de lățimea cursului de apă, tipul și destinația resursei de apă sau amenajării hidrotehnice, și anume:

- de-a lungul malurilor râurilor și bazinelor de apă se stabilesc zone de protecție a apelor cu o lățime de cel puțin 500 m de la muchia taluzului riveran și albiei pe maluri, dar nu va depăși cumpăna apelor;
  - pentru pâraie (cu curent de apă permanent sau temporar) de-a lungul malurilor se stabilește zona de protecție a apelor cu o lățime de cel puțin 15 m pe ambele maluri;
  - lățimea zonelor de protecție a apelor râurilor Nistru, Prut și Dunărea constituie cel puțin 1000 metri.
11. În zona de protecție a apelor se interzice:
    - aplicarea pesticidelor pe fâșii cu o lățime de 300 m de la muchia taluzului riveran al albiei;
    - amplasarea fermelor și complexelor zootehnice;
    - construcția, amplasarea și exploatarea depozitelor pentru păstrarea îngrășămintelor minerale și pesticidelor, obiectelor pentru prepararea soluțiilor de pesticide și alimentarea cu aceste soluții, colectoarelor de ape reziduale de la fermele și complexele zootehnice.

În scopul contracarării fenomenului levigării/spălării fertilizantilor reziduali, se recomandă intercalarea în rotație cu cultura principală a unei culturi cu creștere rapidă, capabilă să valorifice fertilizantii reziduali și care în primăvară poate fi folosită ca îngrășământ natural pentru cultura de primăvară-vară.

De asemenea, se recomandă introducerea de culturi intercalate din specii autohtone (raigras, măzăriche, trifoi roșu) în monoculturi sau amestecuri, rezistente la frig și îngheț, cu sistem radicular bine dezvoltat, capabile să ocupe rapid terenul și să formeze un covor vegetal suficient de dens și de omogen ca să protejeze solul de efectul precipitațiilor de toamnă-iarnă.

Ca mijloace de reducere a poluării apelor subterane și de suprafață cu fertilizantii reziduali pot fi practicate:

- reducerea la minimum a perioadelor când terenul rămâne necultivat;
- rotații în care să fie inclusă o cultură de toamnă;
- includerea în rotația culturilor a speciilor cu sistem radicular superficial și cu perioade de creștere scurte (legume și fructe: spanac, salată, căpșuni, praz; unele culturi de câmp: cartofi, mazăre, fasole) de culturi intermediare sau cereale care extrag fertilizantii reziduali, în primul rând azotul mineral din sol;
- în rotațiile de leguminoase trebuie introduse alte culturi, care să valorifice foarte bine azotul fixat biologic rămas în sol în urma culturii leguminoase;
- unui management corespunzător pentru resturile vegetale care conțin cantități importante de azot, prin reciclarea lor, și utilizarea ulterioară ca surse de îngrășămintă naturale;
- sisteme alternative de fertilizare bazate pe procedee biologice și reducerea fertilizantilor tradiționali cu risc de poluare a apelor.

### 3.10. PRACTICI DE REABILITARE ECOLOGICĂ A TERENURILOR AGRICOLE LA SCARA UNEI GOSPODĂRII AGRICOLE

La nivelul fermelor se recomandă practicarea asolamentului și stabilirea unei structuri de culturi care să includă trei grupe de plante, respectiv, cereale păioase – 33%, prășitoare – 33% și leguminoase – 33%. În producția vegetală se pot utiliza tipurile de asolamente agricole, furajere, speciale și mixte:

- policultura, în scopul utilizării eficiente a spațiului agricol și creșterea biodiversității;
- organizarea de asolamente cu îngrășăminte verzi, în scopul ameliorării însușirilor fizice, chimice și biologice ale solurilor degradate;
- cunoașterea proprietăților solului, respectiv capacitatea solului de a reține apă și adâncimea până la care ajung rădăcinile plantelor;
- elaborarea unui studiu complex privind prioritizarea reabilitării amenajărilor de îmbunătățiri funciare.

În practica fermelor este necesar să fie respectate următoarele reguli:

- Lucrarea solului să se execute la momentul optim de umiditate.
- După recoltarea culturilor de vară la un interval minim de 5 zile, să se efectueze dezmiriștirea terenului printr-o lucrare cu grapă cu discuri, dacă solul este foarte uscat, și prin arătură la o adâncime de 15-20 cm, dacă solul are umiditate optimă.
- Din toamnă, să se execute lucrarea de nivelare a terenurilor lucrate.
- Pentru culturile de primăvară se vor folosi sisteme de lucrare care ar asigura deranjarea minimală a solului, astfel acordând-se prioritate proceselor naturale de auto afânare a solurilor pe parcursul perioadei reci a anului.
- Culturile să fie menținute cât mai curate de buruieni.
- Prășitoarele să fie întreținute și mecanic pentru distrugerea crustei și astfel, evitarea pierderii apei din sol prin evaporarea fizică.

#### *Metode agrotehnice de conservare a apei*

Conservarea apei în sol este în relație directă cu totalitatea fenomenelor de pătrundere, circulație, reținere și pierderea acesteia.

Prin metode agrotehnice pot fi influențate, direct sau indirect, una sau mai multe din componentele regimului hidric, astfel încât să-l aducem cât mai aproape de cerințele plantelor pentru apă și starea optimă de lucrare a solului.

Pentru conservarea cât mai bună a apei din sol, se impune folosirea practicilor agrotehnice diferențiat, pe întreg parcursul anului agricol, în cadrul unei rotații de culturi adecvate zonei și în corelație cu inputurile tehnologice preconizate (irigare, fertilizare, combaterea buruienilor, desimea culturii etc.).

Printre metodele agrotehnice de conservare a apei în sol menționăm:

- Practicarea asolamentului în fiecare exploatație agricolă și stabilirea unei structuri de culturi, care să includă cel puțin trei grupe de plante: cereale păioase, prășitoare-tehnice 33%, leguminoase 33%.
- Executarea lucrărilor solului în intervalul optim de lucru, când solul este reavăn, se revarsă în urma plugului, fără bulgări sau curele în cazul arăturilor, fără bulgări și fisuri în cazul altor procedee de afânare.

În această stare, solurile în funcție de textură pot avea 7-20% apă raportată la greutate, cu optim la lucrare cca 10-20%. Respectarea bunei practici de lucrare a solului în intervalul optim de lucru conduce la refacerea drenajului intern al solului, realizarea vitezei optime de infiltrare a apei de 2 mm/oră, optimizarea tasării (densitatea aparentă 1,1-1,3 g/cm<sup>3</sup>), creșterea capacității de înmagazinare a apei, reducerea consumului nereproductiv de apă.

- Practicarea dezmiriștirii imediat după recoltarea cerealelor păioase, rapița, leguminoase la adâncimi de 8-10 cm, întrerupe capilaritatea, reduce evaporarea apei din sol, este favorizată infiltrarea apei din ploii și condensarea vaporilor de apă care vin din profunzime. Cantitatea de apă adsorbită de sol crește de 2-3 ori, scade evaporarea cu 8-10% și resturile vegetale se comportă/îndeplinesc funcția asemănător straturilor de mulci.

- Evitarea mobilizării solului la adâncimi mai mari decât cele necesare pentru respectiva cultură și stare fizică a solului atât la lucrarea de bază, cât și la pregătirea stratului germinativ.
- Practicarea periodică a afânărilor adânci de toamnă, care asigură acumularea apei pe adâncimea profilului de sol, contribuind astfel constituirea rezervei de apă pentru perioadele secetoase din timpul verii.
- Pe terenurile în pantă se evită lucrarea din deal în vale, pentru a nu favoriza scurgerea apei și erodarea solului. În zonele colinare, pe terenurile cu pantă >50 este indicată executarea lucrărilor pe direcția generală a curbelor de nivel. Executarea arăturilor pe această direcție contribuie reducerii pierderilor de apă cu până la 75%.
- Pentru asigurarea unui regim uniform al umidității în cadrul întregului masiv agricol este obligatorie nivelarea terenului cu mărunțirea bolovanilor.
- Se va ține cont că stratul afânat favorizează înmagazinarea eficientă a apei, dacă nu este afectat de crustificare/copertare.
- Pregătirea patului germinativ în perioada semănatului numai pe adâncimea de semănat, folosirea pieselor active rotative și nu de răsturnare a solului. Prelucrarea solului folosind combinatorul și grapa rotativă este mult mai eficientă decât folosirea grapei cu discuri, care întoarnă întregul volum de sol prelucrat, expunându-i condițiilor de mediu și pierderii apei.
- Mulcirea solului cu diferite materiale împiedică evaporarea apei și, în plus, în funcție de culoarea mulciului, influențează regimul termic al solului.
- Formarea de fâșii de protecție de culturi înalte (mei, floarea soarelui, porumb ș.a.) și islașurile verzi favorizează ameliorarea microclimatului local, reduc viteza vânturilor și, ca urmare, se reduc procesele de evaporare a apei.
- În cazul solurilor grele, care au în profil orizont argiloiluvial Bt (cu conținut ridicat de argilă), se recomandă permeabilizarea acestuia prin lucrarea de afânare adâncă (40-80 cm), astfel îmbunătățindu-se regimul aerohidric al solului. Afânarea adâncă se execută la intervale de 4-6 ani, având efect numai dacă stratul impermeabil este străpuns complet și are posibilități de scurgere.
- Afânarea adâncă trebuie realizată în complex cu alte lucrări, care îmbunătățesc drenajul solului. Astfel, ea este mai eficientă în cadrul unei rotații de culturi care să cuprindă plante prășitoare și leguminoase și este însoțită de fertilizare organică alternativă.

#### Managementul stării fizice a solurilor

În raport cu starea fizică a solului, pe solurile foarte slab și slab degradate se impun măsurile în scopul prevenirii dezvoltării degradării fizice, care presupun efectuarea tuturor lucrărilor, inclusiv a celor de recoltare numai în condiții de umiditate corespunzătoare maturității fizice a solurilor (60-70% din capacitatea de câmp pentru apă), reducerea la minim a traficului pe teren și eliminarea acestuia în condiții necorespunzătoare de umiditate, rotații de lungă durată, care să includă plante amelioratoare. Este necesară eliminarea distrugerii structurii solului provocată de utilizarea practicii greșite de compensare a fertilității reduse a solului prin aplicare de cantități din ce în ce mai mari de îngrășăminte minerale, care cauzează degradarea structurii solurilor.

Pe terenurile afectate de compactare, se impune reducerea compactării excesive prin lucrări efectuate la adâncimea stratului compactat: scormonire, subsolaj pentru adâncimea 30-40 cm și scarificare (afânare adâncă) la adâncimi mai mari, care pot ajunge la 60-70 cm pe solurile cu compactare de adâncime.

Pe terenurile afectate de destructurare, indiferent de cauze, de rând cu măsurile specificate mai sus, sunt necesare măsuri de sustenabilizare a proceselor de formare și de acumulare a humusului prin punerea respectivelor terenuri în stare de „țelină verde” pe o perioadă determinată (ogor verde, ogor sideral, culturi intermediare), rotația culturilor, înființarea culturilor de toamnă-iarnă, favorizarea activității micro- și mezofaunii (râmelor).



## IV. SISTEME AGRICOLE ADAPTIV-LANDȘAFTO-AMELIORATIVE LA NIVEL DE GOSPODĂRII AGRICOLE, CONDIȚII DE IMPLEMENTARE

Pentru reducerea/evitarea proceselor de degradare (strategia de neutralizare a degradării terenurilor (NDT)), restabilirea și reproducerea lărgită a fertilității solurilor este necesară abordarea științific-fundamentală a tehnologiilor agricole neepuizabile și elaborarea măsurilor complexe de NDT și de reabilitare a terenurilor degradate și solurilor epuizate.

Este necesară dezvoltarea de activități bazate pe cunoașterea legilor ecologiei, principiilor și regulilor de funcționare a sistemelor naturale și practicarea de tehnologii resurso-conservative, resurso-reproductive, resurso-remediative dezvoltate în cadrul conceptului sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ. Obiectivele și bloc-schema de constituire a acestora sunt prezentate în Fig. 37.

La realizarea acestui obiectiv se va porni de la faptul că solul, în calitatea lui de sistem cu capacitate de autodezvoltare presupune toate cele necesare (substanțe, regimuri procese) suficiente pentru conservarea sau trecerea dintr-o stare calitativă în alta prin intensificarea sau atenuarea mecanismelor (regimuri ↔ procese) de depășire a propriilor contradicții interne.

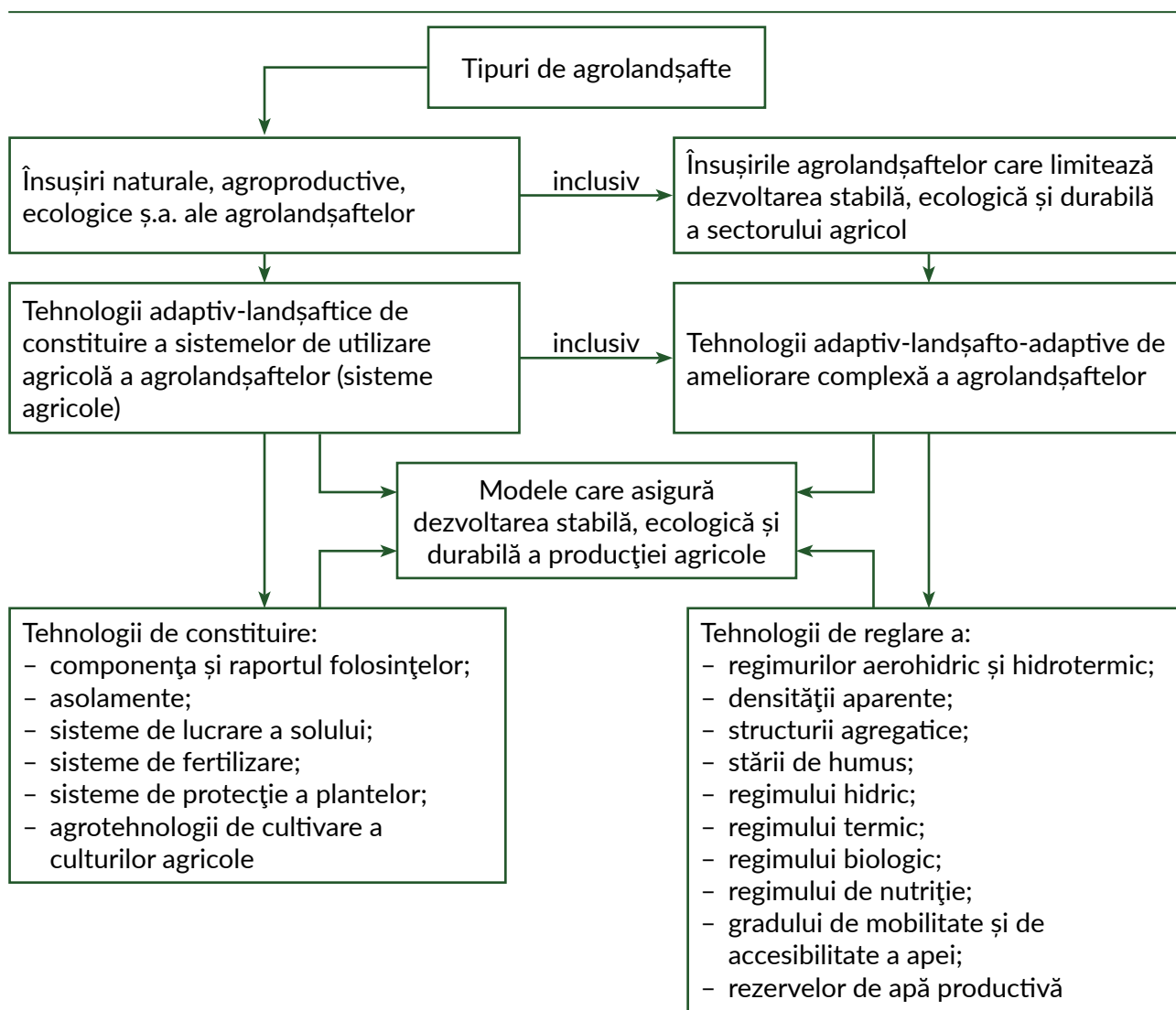


Fig. 37. Schema bloc de constituire a tehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative (Ivanov, Kovalev, 2017)

Oricare ecosistem, inclusiv și agroecosistemul, dispune de capacitatea de autoreglare biotică, care se realizează în:

- 1) sporirea capacității de susținere a echilibrului și bilanțului substanțelor și energiei în eco/agro(eco)sisteme;
- 2) de consolidare/stabilizare a condițiilor de funcționare a organismelor în cadrul diverselor verigi ale circuitului biologic (sinteză-acumulare-descompunere-transformare-sinteză-migrare-acumulare-depozitare);
- 3) în diversificarea posibilelor mecanisme de autorestabilire a condițiilor de viață a organismelor, în cazurile când acestea sunt perturbate, fie sub acțiunea factorilor naturali, fie a celor antropogeni.

Conceptul reglării biologice a eco/agro(eco)sistemelor presupune stoparea/evitarea proceselor degradative ireversibile și restabilirea până la nivelul productivității naturale a acestora, susținerea funcțiilor biogeocenotice a agro/tehnofitocenozelor și reducerea presiunilor din exterior induse de sistemele de lucrare, de fertilizare, de protecție a plantelor ș.a.

Acțiunea intercalată (interacțiunea) dintre microbiota solului și biocenoză/agrofitocenoză, în cadrul pedogenezei, conduce la ameliorarea condițiilor de mediu și ambianței de viață a acestora (modelarea mediului de viață în conformitate cu necesitățile proprii a organismelor) (Jigău, Bîrsan, 2016), definit și „proces de ameliorare naturală” (Заболотских, 2014). Perturbarea acestor interacțiuni în cadrul activităților antropice prin favorizarea fluxurilor tehnogene de substanțe și energie conduce la degradarea unidirecționată a solurilor și productivității agroecosistemelor. Pentru neutralizarea acestor procese și asigurarea NDT este necesar managementul biotehnologic al mecanismelor/proceselor responsabile de intensificarea funcțiilor de stabilizare, autoreglare și autorestabilire a solurilor și eco/agro(eco)sistemelor.

Capacitatea de asigurare a calităților sistemice (integritatea, stabilitatea, autoreglarea, autorestabilirea, autoreproducerea lărgită, dezvoltarea, evoluția) este caracteristică doar stării de homeostasie a sistemelor (solurilor, eco/agro(eco)sistemelor).

Homeostasia – mecanism de susținere a echilibrului dinamic sau cvasiechilibrului stabil al eco/agro(eco)sistemelor în condiții de presing a factorilor naturali (modificări a acestora) sau antropogeni (activități de producere).

Unitatea de măsură cantitativă a acesteia este capacitatea eco/agro(ecosistemului), adică cantitatea maximală de substanță și de energie, care este valorificată (adsorbită) de acestea fără deteriorarea homeostasiei și capacității acestora de a reveni în starea inițială.

Grație homeostasiei și caracterului dinamic al acesteia, ecosistemele pot fi utilizate în scopuri de producere, cu condiția că activitățile antropice nu vor depăși limitele admisibile.

În condițiile când acestea sunt depășite, sunt necesare măsuri de restabilire a echilibrului/cvasiechilibrului. În agricultură aceste măsuri sunt orientate pe intensificarea circuitelor biogeochemice ale unor elemente în parte (carbon, azot, fosfor, potasiu ș.a.). Substanțele evacuate din sol, însă, sunt restituite prin fertilizare minerală. Intensificarea circuitului biologic al substanțelor bazată pe produse abiotice artificiale conduce la degradarea mecanismelor naturale de reglare a mecanismelor de funcționare a solului și transformarea lui dintr-un sistem ecologic complex echilibrat într-un substrat de transfer al fertilizanților minerali către rădăcinile plantelor. Toate acestea conduc, în cele din urmă, la dezagregarea masei solului, dehumificarea solului, suprimarea biotei solului, degradarea regimurilor hidric, termic, de oxido-reducere, intensificarea eroziunii” (Почвоведение, 1989, nr. 12, p. 61).

În pofida faptului că aspectele menționate au fost semnalate încă la sfârșitul anilor șaptezeci ai secolului trecut, abordarea „agrochimică” a fertilității solului predomină în agricultură până în prezent. Aceasta a condus la dezvoltarea unei contradicții între abordarea genético-funcțională și cea agrochimică-utilitaristă a resurselor de sol.

În cadrul primei, solul este perceput în calitate de verigă centrală polifuncțională a eco/agro(eco)sistemului, capabilă la autoremediere, autorestabilire, autoreproducere lărgită, materializate în stabilitatea și reproducerea lărgită a funcției bioreproductive a acestora.

Forța motrică a unei atare funcționalități este rolul prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în pedogeneză (Fig. 38).

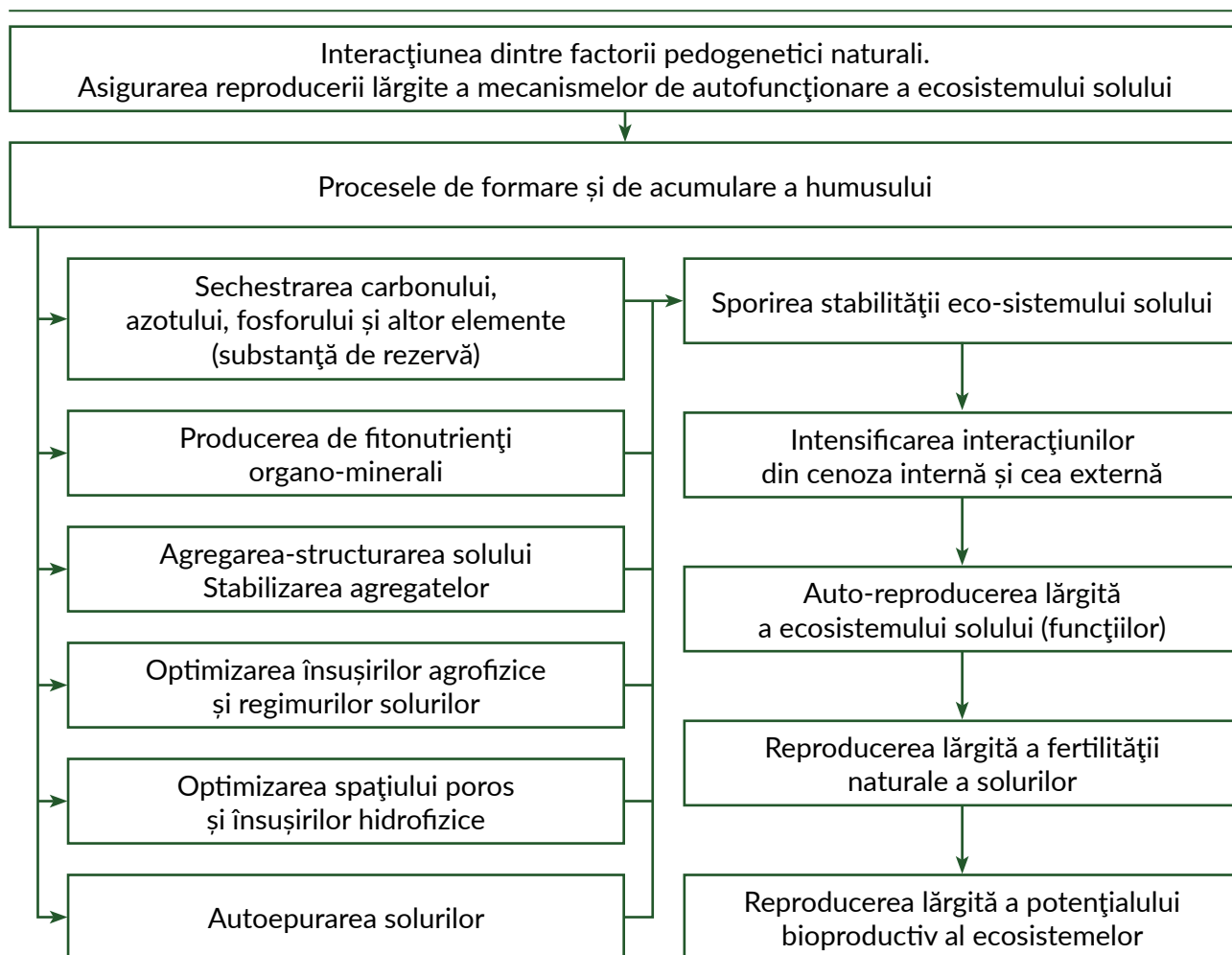


Fig. 38. „Managementul natural” a stabilității și fertilității solurilor

În cadrul acestei abordări, definiția solului a evoluat de la perceperea lui „produs al putrezirii ierburilor” (M. Ломоносов, 1765; A. Meer, 1848) până la sistem istorico-natural, polifizic, polinivelar, polifuncțional, verigă centrală a biosferei.

În abordarea „agro-utilitaristă”, definiția solului a evoluat de la „strat înzestrat cu capacitatea de a produce recolte” (Ion Ionesc de la Brad, 1851, 1853) până la „principalul mijloc de producere în agricultură” (abordare agrochimică după 1949) și la „sursă de venit” (abordare utilitaristă-agrochimică-economică) în ultimii 30-40 ani. În cadrul acesteia, pe parcursul ultimelor optzeci de ani, paradigma „asigurarea cantităților necesare de produse alimentare” a fost substituită cu paradigma „resurso-economicoasă”, care presupune sporirea veniturilor prin reducerea cheltuielilor per unitate de producție cu intensificarea impacturilor tehnologice care epuizează accelerat potențialul natural al solurilor și suprimează procesele naturale de autoreproducere a acestora (exemplu tehnologiile de obținere a recoltelor programate). În cadrul acestei abordări, resursele de sol (categorie biosferică) sunt omologate cu resursele funciare (categorie economică), prin urmare activitățile agricole sunt orientate pe sporirea veniturilor prin intensificarea presiunilor tehnantropice în cadrul unor tehnologii aparent conservative. Pe măsura intensificării tehnologiilor, sporește numărul factorilor care necesită să fie optimizați și, respectiv, adaptarea tehnologiilor în sensul reducerii impactului acestora. Aceasta conduce la modificarea sensului și intensității mai multor procese din cadrul pedogenezei antro-po-naturale cernoziomice regionale.

Pedogeneza cernoziomică natural-antropică presupune funcționarea integrată a proceselor tipogenetice naturale/zonale și celor agrogenetice. De modul interacționării acestora depinde sensul și intensitatea trendului natural-antropic al cernoziomurilor. Conform cercetărilor noastre, acestea sunt în contradicție (Jigău, 2009), iar pe măsura intensificării tehnologiilor, această

contradicție se aprofundează în favoarea celor agrogenetice. În aceste condiții, se reduce eficiența fertilizanților (de orice origine), mai puțin rațional sunt consumate resursele de apă, sporește vulnerabilitatea solurilor la secetă și alte fenomene de climă extremă induse de schimbările climatice. Sporește ponderea consumului potențialului natural intern pentru producerea unei unități de producție.

În conformitate cu legitățile de constituire și funcționare a agroecosistemelor în dezvoltarea conceptului cu privire la potențialul resurso-agricol, a fost formulat conceptul potențialului pedo-resurso-eco-funcțional și bio/agroproductiv al agroecosistemelor, determinat de un complex de factori: resursele pedo-bio-climatice; resursele pedo-funcționale (funcțiile ecologice și biogeocenotice); resursele pedo-agroecologice (funcții agro-ecologice); resursele agro- și hidrofizice; resursele bioenergetico-biochimico-agrochimice.

Aplicarea criteriilor de evaluare a acestora (descrise în compartimentele respective ale prezentei lucrări) scoate în evidență factorii limitativi cu identificarea priorităților și ierarhiei măsurilor de ameliorare-optimizare a agrolandsaftelor în cadrul unor tehnologii adaptiv-landsafto-ameliorative, obiectivul țintă al cărora presupune asigurarea corespunderii activităților umane legilor și mecanismelor de funcționare a sistemelor naturale. Doar în cadrul unor atare tehnologii pot fi depășite contradicțiile care stau la baza crizei ecologice care a afectat resursele de sol.

Conform calculelor, în tehnologii tradiționale cu mai multe elemente de agricultură extensivă, pentru formarea unei recolte de grâu de 3,0-3,5 t/ha ponderea fertilității naturale alcătuiește cca 40%, cea a condițiilor climatice – 20%, cea a lucrării solurilor – 20%, fertilizării – 10%, soiului – 5%, protecției plantelor – 5%.

În cadrul unor biotehnologii intensive, pentru o recoltă de 5-6 t/ha lucrării solului îi revin 10-15%, fertilizării – 10-15%, protecției plantelor – 10-15%. Ponderea fertilității naturale susținută prin procedee de biologizare sporește până la 55-70%. Intensificarea tehnologiilor conduce la sporirea presiunilor asupra potențialului natural. În aceste condiții, sunt necesare măsuri pentru reproducerea potențialului resurso-pedo-reproductiv al solurilor prin biologizarea și optimizarea regimurilor solurilor. În cadrul unei atare abordări, subsistemul biogeocenotic al ecosistemului solului reprezintă componenta gestionabilă în cadrul acestuia prin procedee bioameliorative, parte componentă a procesului producțional. În acest sens, procedeele bioameliorative contribuie la susținerea proceselor de autoreglare a agroecosistemelor și reducerii consumurilor de substanțe și energie, astfel asigurând rentabilitate mai sporită. În plus, reglarea bioameliorativă a procesului de producție asigură soluționarea concomitentă a două probleme:

- a) sporirea productivității;
- b) consolidarea stabilității agrocenozelor și reducerea vulnerabilității acestora la diverși factori limitativi, inclusiv la cei induși de schimbările climatice.

Bazele teoretice ale conceptului tehnologiilor adaptiv-(agro)landsafto-ameliorative au fost formulate de A.Г. Дояренко (1965a, 1965b), în opinia căruia principalii factori care limitează bioproductivitatea solurilor arabile sunt alcătuirea (structura, n.n.) și așezarea (compactarea, n.n.) a stratului arabil. Experimental, autorul citat a constatat că starea optimală a stratului arabil se asigură în condițiile când în alcătuirea acestuia 50% revin fazei solide, iar alte 50% porozității totale, iar raportul dintre porii capilari și cei necapilari alcătuiește 1:1 (25%:25%). În tratatul său „Жизнь моя” (1965), A.Г. Дояренко, practic, a fundamentat premisele (cadrul conceptual-metodologic, n.n.) elaborării și implementării tehnologiilor adaptiv-(agro) landsafto-ameliorative, care corespund conceptului formulat de autorul citat: „Dat fiind că oricare procedeu influențează direct unii factori de viață a plantelor în parte sau suma acestora, iar recolta este doar rezultatul sumar al interacțiunii acestora, pentru elaborarea unui sistem agrotehnic rațional (orientat pe reproducerea largită a fertilității solului și sporirii respective a productivității agrolandsaftelor) este important să se stabilească locul și rolul fiecărui procedeu agricol în asigurarea funcționalității agrolandsaftelor (agroecosistemelor)”.

Numai în aceste condiții se poate realiza o îmbinare eficientă a procedeelelor tehnologice într-un sistem agricol integrat capabil să determine un raport optimal între factorii de viață a plantelor și, respectiv, productivitatea maximală a agroecosistemelor. Doar în cadrul unei atare abordări a activităților agricole, ne „putem debarasa de empirismul „brutal” (neadecvat, unilateral, n.n.) în cadrul terenurilor experimentale”. În acest context, Г.И. Баздырев și Н.С. Матсок (2012) constată că rezultatele experienței cu durată mai mare de 100 ani, montată cu participarea directă a lui

A.G. Дояренко în 1912, confirmă pe deplin principiile conceptual-metodologice stipulate mai sus și indică la necesitatea practicării de tehnologii adaptiv-(agro) landsafto-ameliorative, bazate pe practicarea adaptivă a sistemelor de lucrare resurso-reproductivă/resurso-economicoasă, asolamente specializate (cu luarea în considerație a factorilor limitativi de fertilitate), măsuri de protecție strict determinate de necesitatea efectuării acestora și sistemelor de fertilizare corespunzătoare altor procedee tehnologice. În acest context menționăm, că A.G. Дояренко acorda preferință fertilizării organice, considerând fertilizarea minerală nutriție directă a plantelor, omologându-o cu „prânzurile de binefacere pentru boschetari. De la aceea că ei mănâncă o dată pe satureate, viața lor nu se schimbă”. În acest sens, A.G. Дояренко acorda atenție deosebită ogorului ocupat (sideral), considerându-l mai indicat decât cel negru.

În același timp, autorul citat a fundamentat oportunitatea practicării de rând cu lucrările de arătură și a altor procedee de lucrare, inclusiv lucrările superficiale și cele de afânare fără întoarcerea brazdei, în pofida dominării la acea etapă a „teoriei lucrării adânci a solurilor, conform căreia „fără lucrarea adâncă a solului nu poate fi asigurat progresul în agricultură” (Вильямс, 1947).

Un loc aparte în lucrările autorului citat se acordă parametrilor structurali agregatici și indicilor de așezare (compactității și spațiului poros) ai stratului arabil al solurilor. Conform cercetărilor lui A.G. Дояренко, activitățile antropice urmează a fi orientate nu atât pe sporirea continuă a stratului arabil (0-20-22 cm), cât pe optimizarea însușirilor și regimurilor fizice ale acestuia.

În dezvoltarea acestui postulat, prin prisma conceptului ierarhiei alcătuirii solurilor/profilului solurilor, procesele care decurg în orizontul humuso-acumulativ determină procesele care decurg în orizonturile subiacente. Prin această prismă de idei, optimizarea însușirilor → regimurilor → proceselor care decurg în stratul arabil contribuie intensificării proceselor pedogenetice în orizonturile subiacente, evoluției ecosistemului solului și funcționalității acestuia (Jigău, 2009).

În conformitate cu principiile conceptual-teoretice prezentate, suportul conceptual-metodologic al tehnologiilor adaptiv-landsafto-ameliorative (formulat în lucrările noastre) are la bază legile și mecanismele de funcționare a ecosistemelor naturale și presupune:

- adaptarea tehnologiilor agricole la condițiile concrete de landsaft, atenuarea-reducerea până la minimum a diferenței dintre agroecosisteme și ecosistemele naturale prin renaturarea, conservarea și reproducerea lărgită în solurile agricole a proceselor pedogenetice caracteristice condițiilor naturale/zonale;
- reducerea până la minimumul necesar al presiunilor din exterior (mecanice și chimice) și favorizarea proceselor naturale de reproducere a însușirilor și regimurilor solurilor;
- sporirea resurselor de energie biologică încadrată în pedogeneza antropizată, restabilirea detritului humifer și sistemului de substanțe organice prin biologizarea agroecosistemelor și managementul resurselor de materie organică (resturi vegetale) ale acestora;
- sporirea biodiversității biotei solului, diversității surselor de materie organică în sol și proceselor de descompunere a acestora; restabilirea volumului și componenței circuitului biologic al substanțelor în cadrul pedogenezei antropizate;
- reglarea regimurilor aerohidric și hidrotermic prin promovarea mulciului organic și organo-terros și încorporarea resturilor organice în sol;
- promovarea tipurilor de culturi agricole și a măsurilor agrotehnice cu luarea în calcul a condițiilor concrete de landsaft;
- amenajarea hidrologică și hidrofizică a terenurilor în funcție de condițiile concrete de relief, gradul de drenare naturală și internă, însușirile solurilor pentru apă etc.;
- restabilirea funcțiilor homeostatice și ecosistemice a solurilor;
- evitarea proceselor de perturbare a ecosistemului solului și promovarea tehnologiilor de sporire și consolidare a acestuia;
- sustenabilizarea biofizică a procesului de humificare și circuitului biologic al substanțelor; reducerea inputurilor din exterior în gestionarea acestora;
- asigurarea echilibrului homeostatic și al bilanțului substanțelor în agroecosisteme.

Principiile enumerate au la bază următoarele elaborări conceptuale:

1. Conceptul pedogenezei antro-po-naturale (Жигэу, 2003; Jigău, 2009).
2. Conceptul funcțional-genetic al evoluției cernoziomurilor în cadrul pedogenezei antropizate (Лешану, Жигэу, 2012; Жигэу, 2019; Jigău, 2019).
3. Conceptul calității fizice (Jigău, 2004).

4. Conceptul spațiului poros al cernoziomurilor arabile, locul în funcționarea ecosistemului solurilor și relațiilor acestuia cu componentele solului (Jigău, 2005).
5. Conceptul managementului integrat al solurilor în cadrul pedogenezei antropizate (Jigău ș.a., 2012).
6. Conceptul rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în pedogeneza cernoziomică antropizată (Jigău, 2019).
7. Conceptul biofizic al fertilității cernoziomurilor arabile (Jigău, Bîrsan, 2016).
8. Conceptul funcțiilor ecologice și biogeocenotice ale procesului de formare și de acumulare a humusului (Jigău, 2020).
9. Conceptul funcțiilor agroecologice ale structurii agregatice a cernoziomurilor. (Жигэу, 2020).
10. Conceptul unității solului și plantelor în cadrul agroecosistemelor. (Жигэу, 2018)

În conformitate cu cadrul conceptual expus, tehnologiile adaptiv-landșafto-ameliorative se bazează pe următoarele componente (Fig. 39).

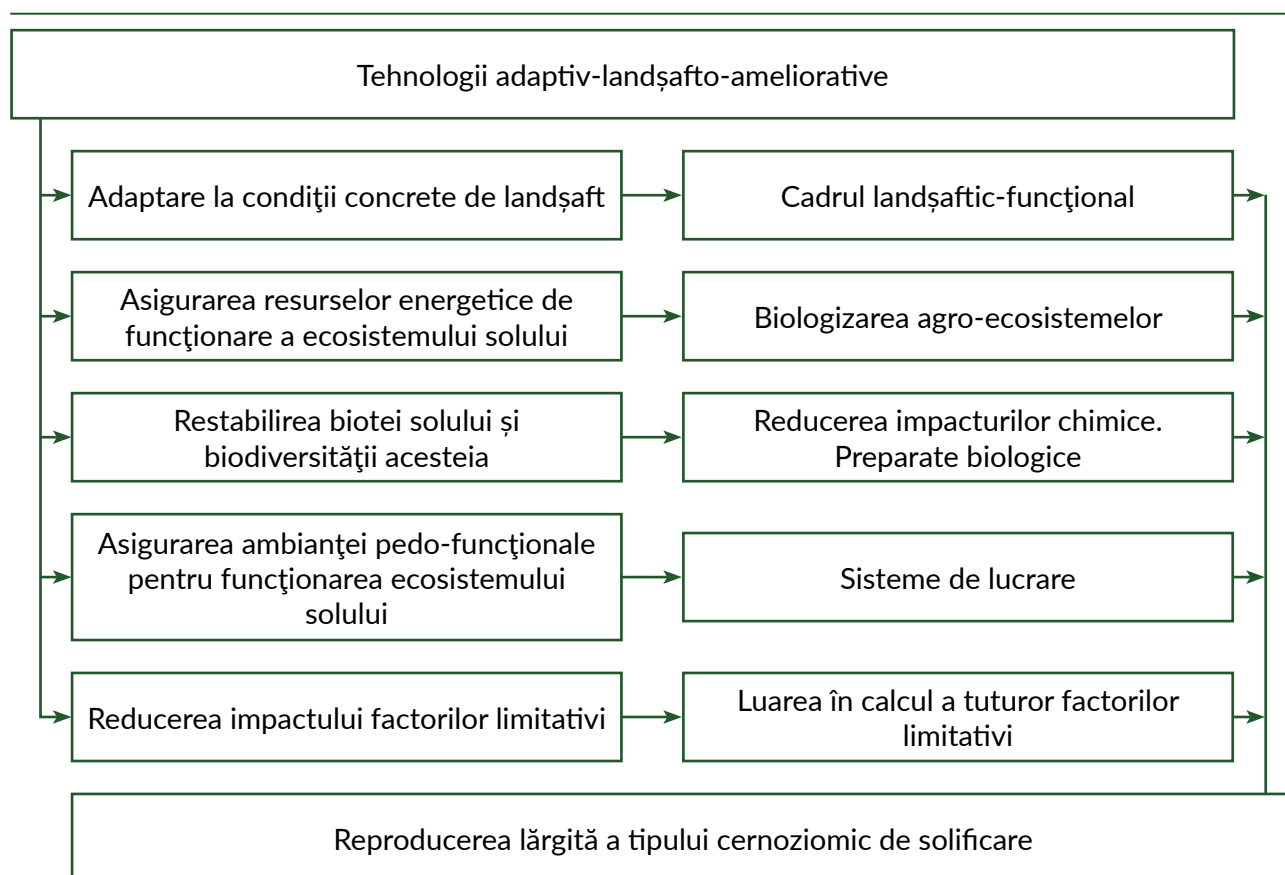


Fig. 39. Componentele tehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative.

În conformitate cu conceptul de constituire și management al sistemelor agricole și implementarea sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ, presupune luarea în calcul a întregului complex de factori ai procesului producțional.

În conformitate cu conceptul ierarhic de implementare, cadrul metodologic de evaluare a cadrului landșaftic presupune 3 nivele factorial-funcționale prezentate în tabelele 95 – 98.

## Nivelul 1. Landșafto-pedofuncțional (Tab. 95-98)

Tabelul 95. Agenții pedogenetici care influențează procesele de autoreproducere a însușirilor și regimurilor solurilor

<b>Climatogeni</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contrastul termic</li> <li>2. Fenomenele de climă extremă (seceta, temperaturile exagerate ș.a..)</li> <li>3. Cantitatea de precipitații și adâncimea de umezire a profilului</li> <li>4. Rezervele de apă fiziologic și pedogenetic active</li> <li>5. Durata și adâncimea înghețului</li> <li>6. Gradul de variabilitate în timp a regimurilor (hidric, termic, hidrotermic, aerohidric ș.a.)</li> </ol>
<b>Litogeni-geomorfologici</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Componenta granulometrică a rocilor</li> <li>2. Permeabilitatea pentru apă și aer al rocilor</li> <li>3. Componenta mineralogică a rocilor și gradul de diversitate al acesteia</li> <li>4. Trăsăturile termice ale rocilor (dilatarea, contractia, căldura specifică etc.)</li> <li>5. Gradul de drenare naturală</li> <li>6. Erodabilitatea, gradul de dezmembrare erozională. Ravenarea</li> </ol>
<b>Biogeni</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Componenta și cantitatea resturilor organice</li> <li>2. Modul și perioada de depozitare</li> <li>3. Condiții și mecanisme de descompunere a resturilor organice</li> <li>4. Adâncimea de pătrundere a sistemului radicular și tipul acestuia</li> <li>5. Rotația rădăcinilor și proceselor aferente acestora</li> <li>6. Componenta și diversitatea biotei solului</li> </ol>
<b>Hemogeni</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conținutul și componenta humusului</li> <li>2. Conținutul și componenta cationilor reținuți</li> <li>3. Alcătuirea mineralogică a fracțiunii &gt;0,001 mm</li> <li>4. Componenta mineralogică a fracțiunii fin dispersată (&lt;0,001 mm)</li> <li>5. Tipul de scoarță de alterare</li> <li>6. Surse de săruri</li> </ol>

În condiții de pedogeneză antropo-naturală, pe fond de stabilitate relativă a factoriilor litogeni-geomorfologici, s-a redus, semnificativ, rolul factorilor biogeni și celor hemogeni, care sunt interdependenți și interacționați în autoreproducerea însușirilor și regimurilor solurilor. În schimb, s-au intensificat și sunt în dezvoltare progresivă procesele degradative induse de climă, în special de procesele induse de schimbările climatice, în special cele provocate de fenomenele de climă severă: secetă, temperaturi caniculare, umiditate relativă a aerului extrem de mică, ploi torențiale. În aceste condiții, în solurile arabile se reduce, semnificativ, capacitatea de autoreproducere a însușirilor și regimurilor solurilor, iar ca urmare a sensului și intensității proceselor tipogenetice cernoziomice. În plus, activitățile agricole intensifică, semnificativ, efectele pedogenetice negative menționate.

Multiplele cercetări din domeniu au arătat că în cadrul actualelor tehnologii agricole practice, reproducerea lărgită a fertilității solurilor și restabilirea ecologică a terenurilor agricole este irealizabilă, chiar și în condițiile când presiunile antropice a solurilor sunt reduse. În acest context, în cadrul sistemelor agricole adaptiv-landșafto-ameliorative se recomandă plasarea accentelor pe intensificarea factorilor biogeni responsabili de restabilirea și optimizarea, în timp, a ambianței pedogenetice, care contribuie la reproducerea lărgită a proceselor tipogenetice cernoziomice și a funcțiilor de bază a agroecosistemelor: autoreproducerea, autoreglarea, stabilitatea.

Tabelul 96. Factorii de bază luați în calcul la constituirea tehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative

<b>Nivele de intensitate a tehnologiilor</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tradițional practicate</li> <li>2. Intensive</li> <li>3. Înalt intensive</li> </ol>
<b>Factori ecologici limitativi</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eroziunea cu apa</li> <li>2. Eroziunea eoliană</li> <li>3. Impactul utilizării neadecvate a fertilizanților</li> <li>4. Impactul pesticidelor și substanțelor biologic active</li> <li>5. Impactul metalelor grele</li> </ol>
<b>Factori naturali limitativi</b>	<b>Climaterici</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radiația fotosintetic activă</li> <li>2. Asigurarea cu apa</li> <li>3. Asigurarea cu cultură</li> <li>4. Regimul vânturilor</li> <li>5. Condițiile climaterice extreme</li> </ol>
	<b>Litologo-geomorfologici și hidrologici</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dezmembrarea teritoriului</li> <li>2. Altitudinea absolută</li> <li>3. Înclinația și expoziția versanților</li> <li>4. Predispu-nerea la eroziunea cu apa în funcție de litologia rocilor mamă</li> <li>5. Litogeneza (dezgolirea la suprafață a rocilor străvechi cu însușiri nefavorabile)</li> <li>6. Supra-umezirea</li> </ol>
	<b>Pedologici</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conținut de humus</li> <li>2. Alcătuirea granulometrică</li> <li>3. Alcătuirea mineralogică</li> <li>4. Capacitatea de reținere</li> <li>5. Însușirile hidrofizice</li> <li>6. Eroziunea</li> <li>7. Densitatea aparentă</li> <li>8. Alcătuirea agregatică</li> <li>9. Stabilitatea agregatică</li> <li>10. Stratifi-carea profilului</li> <li>11. Gleizarea</li> <li>12. Solone-țizarea</li> <li>13. Salinizarea</li> <li>14. Reacția solului</li> <li>15. Conținutul de resturi organice în sol și pe suprafața acestuia</li> </ol>
	<b>Fitosanitari</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gradul de îmburuienire. Componenta vegetație ruderală</li> <li>2. Gradul de infectare cu micro-organisme patogene</li> <li>3. Prezența dăunătorilor în sol</li> <li>4. Poluarea cu metale grele și alți toxicanți</li> </ol>

Imperativul adaptării-landșafto-ameliorative a tehnologiilor agricole implică necesitatea examinării solului nu doar prin prisma „corp natural biorutinar”, dar de pe poziții ecosistemice conform cărora solul fiind produs al factorilor de mediu îndeplinește o serie de funcții ambientale, astfel conturându-se ca o formă specifică de ecosistem – ecosistemul solului (Семенов, Семенова, 2018; Семенов и др., 2019).

Ecosistemul solului presupune componenta neorganică (climatică, litologo-geomorfologică și hidrologică), vie (biota solului) și biorutinară (sistemul sol, factorii de sol) și elementele tehnologice. În acest sens, solul este produs al funcționalității solului, în cadrul căreia se realizează multiple procese biologice, biohumice, fizico-chimice, biofizice ș.a., care se materializează în circuite biogeochimice ale elementelor chimice și microorganismelor cu grad diferit de cvasiechilibrare (Семенов, Соколов, 2016). Gradul de dezechilibrare a acestora se materializează în factori ecologici limitativi și starea fitosanitară. Anume aceasta implică necesitatea luării în calcul a tuturor parametrilor prezentați mai sus.



Tabelul 97. Principii de constituire a sistemelor de lucrare în cadrul sistemelor agricole adaptiv-landșafto-ameliorative

Nr. d/o	Principii	Evaluarea principiului
1	Combinării / rotației	Presupune îmbinarea consecutivă în cadrul asolamentelor a diverse procedee și metode de lucrare a solului (arătură fără întoarcerea brazdei, superficială, „zero-lucrare”) cu utilizarea corespunzătoarelor mașini și agregate
2	Alternarea adâncimii	Presupune alternarea fundamentală a lucrărilor adânci, medii, mărunte, superficială a solului în conformitate cu condițiile concrete de landșaft
3	Minimalizarea	Presupune reducerea numărului și adâncimii de lucrare a solului sau decizerea pe deplin de la aceasta prin utilizarea agregatelor combinate sau a semănatului direct
4	Oportunității producției solului	Orientat pe prevenirea dezvoltării eroziunii cu apa și vântul a solului prin utilizarea agregatelor și mașinilor capabile să asigure aceste efecte
5	Adaptării ecologice	Reducerea până la minimul posibil a impactului negativ a lucrării solului asupra acestuia și mediului ambiant

Tabelul 98. Factorii biologici cu importanță majoră în cadrul tehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative și procedee de intensificare a acestora

Factorii biologici	Procedee de intensificare a factorilor biologici
Sporirea cantității de fitomasă produsă în agroecosisteme	Sporirea coeficientului de utilizare a terenurilor arabile; culturi cu tulpina înaltă; utilizarea substanțelor fiziologic active, preparatelor humice și organo-minerale
Încadrarea biomasei în circuitul biologic intern al unității agricole	Utilizarea recoltei secundare în calitate de fertilizanți. Sideralizarea. Cultivarea culturilor intermediare
Optimizarea proceselor biologice în sol	Managementul fluxurilor de materie organică în sol. Măsuri de asigurare a cantității și calității surselor de materie organică proaspătă în sol. Lucrări de asigurare a ambianței ecopedologice optime pentru funcționarea biotei solului. Evitarea compactării, destructurării solurilor
Fixarea azotului în sol	Sporirea ponderii culturilor leguminoase în structura culturilor; cultivarea culturilor cu capacitate mare de acumulare a azotului în sol; intensificarea proceselor de fixare nesimbiotică și asociativă a azotului; aplicarea fertilizanților bacteriali, algali, biohumici ș.a.
Starea allelopatică a ambianței ecopedologice	Alternarea/rotația culturilor. Măsuri de prevenire a acumulării toxinelor în stratul în stratul de semănat în procesul pregătirii acestuia; utilizarea efectelor allelopatic
Activizarea proceselor de descompunere a compușilor fosfororganici	Îngrășăminte bacteriale. Fitoameliorarea. Evitarea compactării solurilor. Cultivarea hrîșcăi
Descompunerea mineralelor cu potasiu	Fitoameliorarea
Stare fitosanitară optimă a semănturilor	Rotația culturilor; distrugerea mecanică a buruienilor; utilizarea produselor fitosanitare de protecție a plantelor; factorul fitocenologic
Susținerea proceselor biologice de agregare-structurare și stabilizare a structurii agregatice	Preparate algale. Preparate biohumice. Cultivarea ierburilor perene. Rotația culturilor

## Nivelul 2. Landşafto-agroadaptiv (Tab. 99-103) (Fig. 40)

Tabelul 99. Indicatori climaterici de evaluare a pretabilității terenurilor și de implementare a sistemului agricol adaptiv-landşafto-ameliorativ

Elemente de implicare	Criterii de identificare (evaluare)
Humidizare-aridizare Mecanisme locale de dinamică a regimului de umiditate	Xeric/deficitar: - versanți sudici, pantă >4% - textură grosieră - drenare naturală mare - grad de dezmembrare erozională Ustic/periodic deficitar: - versanți estici și vestici >6% - versanți estici și vestici <6% - textură mijlocie și mijlocie fină - terenuri ușor înclinate (2-4%) Udic: - terenuri netede - versanți nordici <6%
Asigurare cu căldură	Bună: - versanți sudici Moderată: - versanți estici și vestici Satisfăcătoare: - versanți nordici
Mecanisme locale de redistribuire a căldurii și apei în funcție de mezo- și microrelief	Expoziție: - nordică - sudică - vestică - estică Depresiuni interfluvii Terenuri netede Terenuri neuniforme afectate de eroziune Terenuri neuniforme afectate de alunecări Șesuri Hârtoape Terenuri ravenate
Mecanisme locale de redistribuire a căldurii și apei în funcție de acoperire cu vegetație	Umbrite Protejate de păduri Protejate de fâșii de pădure Durată de acoperire cu vegetație (durată, perioadă)

Conform calculelor, mai mult de 70% din terenurile agricole sunt amplasate pe versanți cu pantă >2° cu diversă expoziție, care se deosebesc esențial prin regimurile hidrotermic și aerohidric, care au rol decisiv în adaptarea tuturor componentelor sistemelor agricole la condițiile concrete de landşaft. Cercetările noastre au arătat că valorile medii ale umidității în stratul 0-60 cm pe parcursul perioadei de vegetație în segmentul superior al versantului nordic (21,64%) sunt cu 2,51% mai mic decât pe versantul sudic (19,13%). În segmentul mediu al versanților diferența alcătuiește 2,39%, iar în cel inferior diferența alcătuiește 3,12% în favoarea versantului sudic. Temperaturile medii circadiene în stratul 0-20 cm pe versanții sudici sunt cu 20 mai mari decât pe versanții nordici, iar în zilele cu mult soare – cu 3-4°. Particularitățile enumerate urmează a fi luate în calcul atât la efectuarea lucrărilor, cât și la alcătuirea structurii și rotației culturilor.

Tabelul 100. Indicatori hidrologici de evaluare a pretabilității terenurilor și de implementare a sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ

Elemente de implicare	Criterii de identificare (evaluare)
Drenaj	Liber Defectuos Normal Exagerat
Supraumezire	Xero-mezomorfism (normal) Supraumezire: - efemeră - de durată - permanentă
Factori de umezire	Precipitații atmosferice Ape pedo-freatice Ape freatice
Factori care dirijează scurgerile superficiale	Versanți, pantă Interfluvii concave Interfluvii convexe Interfluvii plane Depresiuni
Factori care determină raportul dintre scurgerile superficiale și infiltrație	Compactare de suprafață Compactare în orizontul de tranziție Compactare adâncă Strat înțelenit la suprafață Drenare bună Afânare Consolidare
Factori locali care dirijează scurgerile interne	Nestratificate Stratificate Așternute de roci permeabile Așternute de roci impermeabile

Procesele contemporane de supraumezire/neohidromorfism și cele de eroziune determină trendul cernoziomurilor din regiune în condiții induse de agrogenză și schimbările climatice. În condițiile când intensitatea acestora este în dezvoltare progresivă, sistemele agricole practice urmează să includă, în mod obligatoriu, măsuri agro- și fitotehnice de prevenire a acestora. În acest context, parametrii prezentați asigură suportul necesar pentru evaluare riscului neohidromorfismului (drenajul, caracterul și durata supraumezirii, factorii de supraumezire) și elaborarea măsurilor agro- și fitotehnice de atenuare și de combatere a neohidromorfismului și proceselor de salinizare-solonețizare aferente acestuia. Factorii locali, care dirijează scurgerile interne, se recomandă a fi utilizați în scopul evaluării bălțirii apei pe suprafața solului sau stagnerii acesteia în profilul solului.

Factorii care dirijează scurgerile superficiale și cei care determină raportul dintre scurgerile superficiale și infiltrație urmează a fi luați în calcul în scopul evaluării riscului eroziunii cu apa și identificării măsurilor de prevenire și combatere a acesteia.

Tabelul 101. Indicatori biologici de evaluare a pretabilității terenurilor și de implementare a sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ

Elemente de implicare	Criterii de identificare (evaluare)
Structura fitomasei	Lemnoasă Ierboasă Mixtă
Înstrăinarea antropică a fitomasei	Neînstrăinată Fânețe Pășuni Parțial înstrăinată Excesiv înstrăinată Moderat înstrăinată
Conținutul de elemente de cenușă	Mic Moderat Înalt Foarte înalt
Adaptarea plantelor la condiții de umezire	Psemofite Xerofite Mezofite Hidrofite
Rezistența plantelor la secetă/deficit de umiditate	Slab rezistente Moderat rezistente Bine rezistente
Adaptarea plantelor la condițiile de nutriție/necesar de fertilizanți	Oligotrofe Mezotrofe Eutrofe
Adaptarea plantelor la condiții de înrădăcinare și dezvoltare a sistemului radicular	Densitate aparentă Rezistență la penetrare

Unul din principiile de bază ale sistemelor agricole adaptiv-landșafto-ameliorative este asigurarea unor circuite închise a fitonutrienților în cadrul unității agricole. Aceasta scoate pe prim plan managementul eficient al resturilor organice, dar și a producției secundare, și demarează de la natura și masa ultimei, dar și de la oportunitatea și modalitatea încorporării în sol (structura fitomasei), dar și necesitatea înstrăinării acestora în funcție de modalitatea de folosință (înstrăinarea antropică a fitomasei). În funcție de parametri specificați, este calculat indicele de returnare în sol a elementelor chimice consumate la producerea recoltelor. În baza acestora sunt calculate necesitățile de fertilizanți pentru compensarea cantităților înstrăinate.

Adaptarea agrofitocenozelor la condițiile de landșaft urmărește două soluții importante: obținerea de recolte înalte și de calitate înaltă, contribuind, în același timp, ameliorării progresive a fertilității naturale a solurilor. Realizarea acestui obiectiv implică necesitatea adaptării culturilor la principalii factori de producție: condițiile de umezire cu luarea în calcul a eventualelor secete/perioade secetoase, deficitul sezonier de umiditate și de dezvoltare a sistemului radicular al plantelor.

Tabelul 102. Indicatori vizând implicațiile plantelor de cultură asupra pretabilității terenurilor pentru implementarea sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ

Elemente de implicare	Criterii de identificare (evaluare)
Consum de umiditate Implicații asupra regimului termic	Semănături: - dense - rare - amestecate - înalte - joase
Durata perioadei de vegetație	Scurtă Moderată Lungă
Consum de elemente de nutriție	Foarte solicitante Moderat solicitante Puțin solicitante
Implicații asupra redistribuirii substanțelor (protecție antierozională)	Semănături dense Prășitoare Tehnice Furajere Mixte Plantații multianuale
Necesități de lucrare	Desfundare Arătură adâncă Afânare adâncă Arătură obișnuită Afânare superficială
Implicații asupra însușirilor fizice ale solurilor	Slabă Moderată Sporită (puternică) Foarte puternică

Tabelul 103. Indicatori agrotehnici de evaluare a pretabilității terenurilor și implementarea sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ

Elemente de implicare	Criterii de identificare (evaluare)
Număr de lucrări; treceri pe teren	Minimal Mediu Mare
Termeni de efectuare a lucrărilor	Timpurii Optimali Târzii
Adâncimea de efectuare a lucrărilor	Superficială Obișnuită Adâncă Desfundare

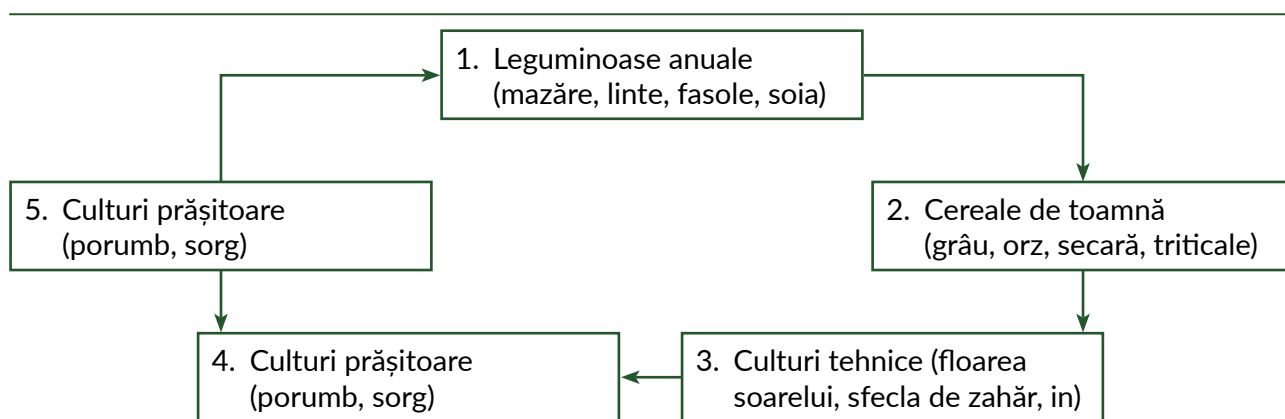


Fig. 40. Rotația culturilor în cadrul asolamentelor adaptiv-landșafto-ameliorative

În conformitate cu fig. 40, cea mai indicată schemă de rotație a culturilor în cadrul tehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative pe terenurile cu pantă  $<5^{\circ}$  presupune următoarele culturi:

1. Lucernă cu raigras pentru masă verde
2. Lucernă cu raigras pentru masă verde
3. Lucernă cu raigras pentru masă verde după prima coasă
4. Grâu de toamnă
5. Sfeclă de zahăr
6. Porumb boabe
7. Mazăre boabe
8. Grâu de toamnă
9. Sfeclă de zahăr
10. Porumb pentru boabe

Pentru zonele centrală și de sud, mai indicate sunt două variante de rotație a culturilor:

#### Varianta 1

1. Borceag de primăvară
2. Grâu de toamnă
3. Porumb boabe
4. Mazăre boabe
5. Grâu de toamnă
6. Porumb boabe
7. Orz de primăvară/ovăz

#### Varianta 2

1. Borceag de primăvară
2. Grâu de toamnă
3. Porumb boabe
4. Mazăre boabe
5. Grâu de toamnă
6. Porumb boabe
7. Floarea soarelui

Pentru versanții cu pantă  $>5^{\circ}$ , în cadrul tuturor 3 zone agroclimatice mai indicată este rotația prezentată în cele ce urmează:

1. Lucernă + raigras masă verde
2. Lucernă + raigras masă verde
3. Lucernă + raigras masă verde după prima coasă
4. Grâu de toamnă (ogor verde)
5. Mazăre boabe (ogor verde)
6. Grâu de toamnă (ogor verde)
7. Iarbă de Sudan, iarbă verde

În conformitate cu condițiile edafo-funcționale (**Nivelul 3**) în funcție de condițiile concrete de landșaft implementarea sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ presupune utilizarea a trei tipuri de agrobiotehnologii sustenabile adaptiv-landșafto-ameliorative (Fig. 41).

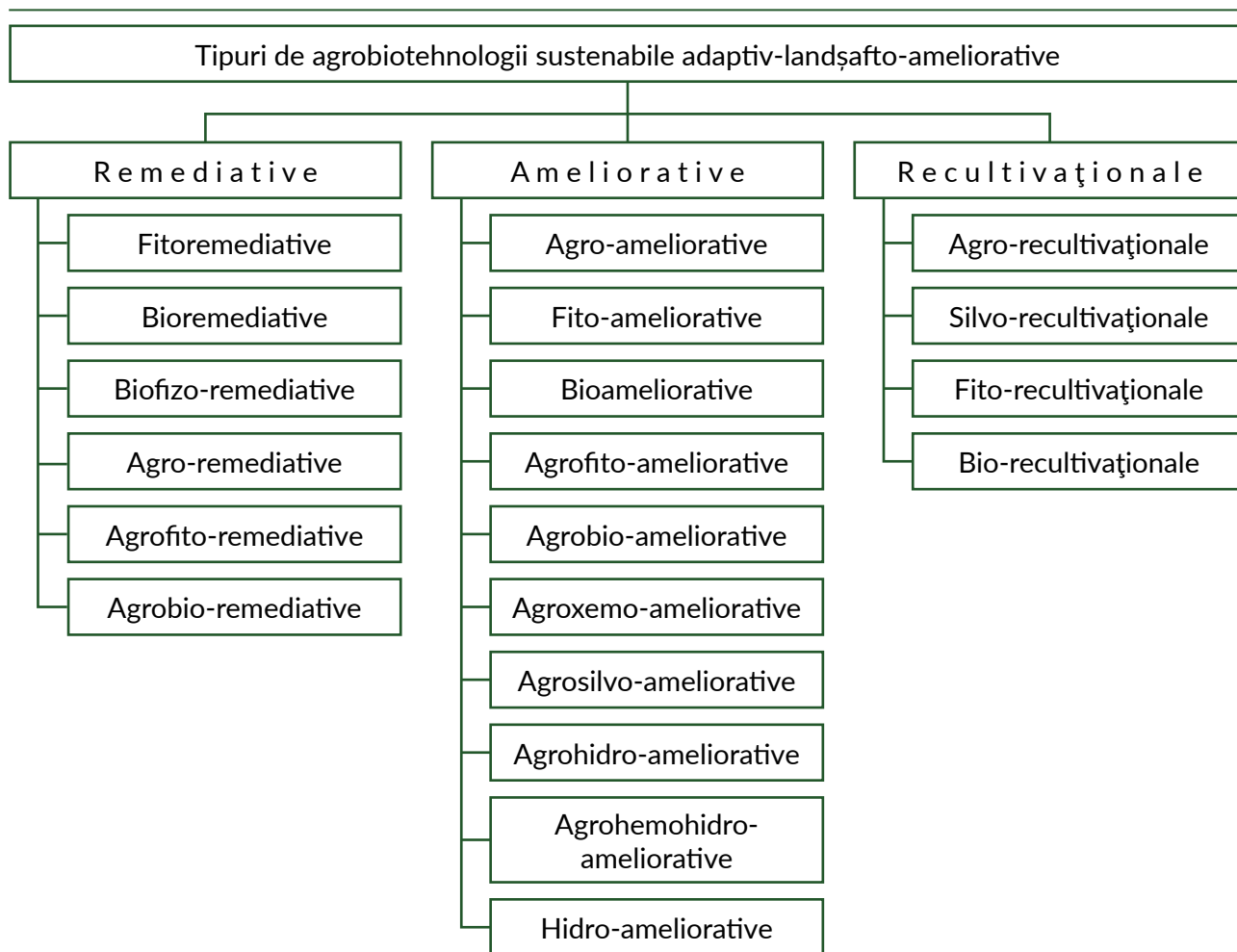


Fig. 41. Tipuri de tehnologii sustenabile adaptiv-landșafto-ameliorative

Aplicarea cadrului metodologic de evaluare a pretabilității terenurilor pentru implementarea sistemului agricol adaptiv-landșafto-ameliorativ implică clasarea terenurilor în 6 clase de pretabilitate (Jigău ș.a., 2012):

- Clasa I. Terenuri, practic, fără limitări semnificative, care necesită activități curente de monitorizare a stării de calitate a terenurilor și de corectare a tehnologiilor practicate.
- Clasa II. Terenuri cu limitări foarte slabe, care necesită măsuri curente agro- și fitotehnice de adaptare a unor culturi la condițiile de landșaft.
- Clasa III. Terenuri cu limitări slabe, care reduc spectrul de culturi cultivate și suportă unele dificultăți vizând dezvoltarea sistemului radicular și) circuitul substanțelor în profilul solurilor, care, însă, pot fi atenuate prin adaptarea și rotația sistemului de lucrări, respectarea asolamentelor și includerea culturilor amelioratoare în componența acestora.
- Clasa IV. Terenuri cu limitări moderate, care necesită lucrări/măsuri speciale agrotehnice diferențiate, periodice de corectare a însușirilor și regimurilor fizice și fitotehnice sistematice de susținere a factorilor de fertilitate în intervalele de valori optime. Necesită măsuri bioremediative bazate pe managementul regimului substanțelor organice în sol și susținerea activității biologice a biotei solului.
- Clasa V. Terenuri cu limitări severe, care necesită măsuri agro-, fito- și bioremediative sistematice diferențiate în funcție de condițiile concrete de landșaft.
- Clasa VI. Terenuri cu limitări foarte severe, care necesită sisteme tehnologice landșafto-ameliorative complexe, corespunzătoare condițiilor concrete de landșaft.

## ÎNCHEIERE

Substituirea proceselor naturale de autoorganizare, autoreglare, autorestabilire, autostructurare și de autoafânare a solurilor prin procedee mecanice, proceselor naturale de restituire a substanțelor în sol și intensificarea circuitului biologic al substanțelor cu procedee bazate pe produse abiotice artificiale, conduc la degradarea mecanismelor naturale de reglare și de funcționare a solului și transformarea lui dintr-un sistem ecologic complex echilibrat într-un substrat de transfer al fertilizanților minerali către rădăcinile plantelor. Toate acestea conduc, în cele din urmă, la degradarea stării de agregare a substanței solului, compactarea acesteia și degradarea spațiului poros, dehumificarea și dehumisieră solului, suprimarea biotei solului, degradarea regimurilor hidric, termic, hidrotermic, aerohidric, de oxido-reducere, supraumezirea, erodarea și alte procese care au cauzat supracultivarea și aridizarea accelerată a terenurilor.

Ca urmare, evoluția resurselor de sol în condiții de pedogeneză natural-antropică se confruntă cu o criză în aprofundare, materializată în degradarea funcțiilor învelișului de sol la diverse niveluri ierarhice de funcționare: global, regional, local, landsaftic/agrolandsaftic, ecosistem/agroecosistem al solului.

În același timp, deja, este clar că în cadrul actualelor sisteme agricole practicate, imperativul Neutralizării Degradării Terenurilor (NDT) și restabilirii ecologice a terenurilor agricole este irealizabil. Realizarea acestuia este posibilă doar în cadrul unei agriculturi bazate pe legile și mecanismele de funcționare a ecosistemelor (Jigău, 2019).

În acest sens, orîșice ecosistem, inclusiv agroecosistem, dispune de capacitatea de autoreglare biotică, care se materializează în:

- 1) sporirea capacității de susținere a echilibrului și bilanțurilor substanțelor și energiei în cadrul ecosistemului;
- 2) stabilizarea condițiilor de funcționare a organismelor în cadrul diverselor verigi/nivele ale circuitului biologic;
- 3) sporirea capacității de autorestabilire a condițiilor de funcționare a biotei solului/organismelor, în cazul când acestea sunt perturbate fie sub acțiunea unor factori naturali, fie antropogeni.

Prin prisma conceptului reglării biotice a ecosistemelor pentru stoparea proceselor de degradare a solurilor și pentru restabilirea ecologică a terenurilor agricole/agrolandsaftelor, este necesară restabilirea productivității agroecosistemelor până la nivelul corespunzător cadrului bio-pedo-climatic regional și renaturarea proceselor tipogenetice ale pedogenezei cernoziomice responsabile de restabilirea funcțiilor ecosistemice/biogeocenotice a solurilor.

Aceasta presupune practicarea de tehnologii agricole adaptiv-landsafto-ameliorative bazate pe principiile biologizării agroecosistemelor, în cadrul cărora se asigură cadrul pedofuncțional necesar pentru reproducerea lărgită a funcțiilor de stabilizare, autoreglare și autorestabilire a ecosistemului solului.

Asigurarea succesului în cadrul procesului complex de promovare și implementare a tehnologiilor de restabilire și bioremediere a terenurilor agricole are perspectivă doar în condiții de asigurare a unui suport metodologic bazat pe prospecțiuni pedologice, fizice, hidrofizice, agrofizice, agrochimice. În mod contrar, nu are rost implementarea de tehnologii intensive performante, asolamente, soiuri noi, fertilizare etc. Această condiție constituie esența legii fundamentale a sistemului adaptiv-landsafto-ameliorativ: managementul progresiv unidirecționat al fertilității potențiale a solurilor, bioproductivității și stabilității agrolandsaftelor/agroecosistemelor sunt posibile doar în condiții de perfecționare corelată și sincronizată a tuturor elementelor tehnologice ale sistemului agricol.



## BIBLIOGRAFIE

---

1. Bejenaru Gh., Evaluarea potențialului hidrologic al Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu. Autoreferat la teza de doctor în științe geonomice. Chișinău, 2017, 27 p.
2. Bejenaru Gh., Hidrologie Generală. Manual pentru Instituțiile Superioare de Învățământ. Chișinău, UST, 2011 Vol. 1 – 162 p.
3. Cabot P.E., Olson C.C., Waskom R.M. and Rein K.G. Rainwater Collection in Colorado - Colorado State University, U.S. Department of Agriculture and Colorado counties cooperating. <https://extension.colostate.edu/docs/pubs/natres/06707.pdf>
4. Canarache A., Fizica solurilor agricole. Editura Ceres, București, 1990. 268 p.
5. <https://www.wecf.org/wp-content/uploads/2017/02/WSSP-compendium-Part-B-Romanian.pdf>
6. [www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org)
7. Asolamente raționale pentru gospodăriile agricole din Republica Moldova (Recomandări). Ministerul Agriculturii și Alimentației al Republicii Moldova, Bălți, 1997, 66 p.
8. Cod de bune practici agricole (Andrieș S., Voloșciuc L., Jigău Gh., Boincean B.). Chișinău, 2007, 99 p.
9. Codul de bune practici agricole pentru protecția apelor împotriva poluării cu nitrați din surse agricole. Ordinul MADRM nr. 160 din 27.07.2020.
10. Cod de bune practici agricole în contextul schimbărilor climatice actuale și previzibile. București, 2014, 171 p.
11. Hotărârea Guvernului nr. 1157 din 13.X.2008 „Măsurile de protecție a solurilor în cadrul practicilor agricole”.
12. Instrucțiuni Metodice privind ameliorarea solonețurilor automorfe. Chișinău, Pontos, 2012, 39 p.
13. Fala A., Cainarean Gh., Jigău Gh., Timuș P., Managementul durabil al terenurilor. Chișinău, s.n. 2015. (ÎS „Tipografia Centrală”) – 192 p.
14. Fala A., Jigău Gh., Botnaru V., Ghid de autoevaluare a practicilor de management durabil al terenurilor. Chișinău, s.n. 2018. (ÎS „Tipografia Centrală”) – 112 p.
15. Jigău Gh., Crâșmaru V., Senic Iu., Chiriac N., Managementul solurilor în cadrul practicilor agricole ecologice. Chișinău, 2008, 34 p.
16. Jigău Gh., Fizica și geneza solurilor. Chișinău, CEP USM, 2009, 164 p.
17. Jigău Gh., Senic Iu., Gherciu V., Ciobanu V., Rolul leguminoaselor și a culturilor ameliorative în agricultura ecologică. Chișinău, 2012, 88 p.
18. Jigău Gh., Sisteme agricole conservative: principii și condiții de implementare în R. Moldova. Chișinău, 2018, 39 p.
19. Jigău Gh., Cernoziomurile spațiului Pridanubian: evoluție, trenduri, management sustenabil. International Scientific Conference „Eastern European Chernozems – 140 years after V. Docuceaev. Chișinău, 2019, 360-378 p.
20. Programul Național Complex de sporire a fertilității solului în 2001-2010. Chișinău, Pontos, 2001, 85 p.
21. Ursu D., Solurile Moldovei. Chișinău, Știința, 2001, 323 p.
22. Жигэу Г., Геохимия почв содового засоления Молдавии. Дисс. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Москва, 1983, 349 с.

