

**Prof. univ. dr.
ION PIȘOTA**

**Prof. univ. dr.
LILIANA ZAHARIA**

Lector univ. dr. DANIEL DIACONU

HIDROLOGIE

Ediția a II-a revizuită și adăugită



**Editura UNIVERSITARĂ
București, 2010**

CUPRINS

Introducere	7
PARTEA ÎNTÂI	
PROBLEME GENERALE DE HIDROLOGIE	
1. Noțiuni generale de hidrologie. Răspândirea și circulația apei pe glob (I.P., L.Z.)	9
1.1. Obiectul și problemele hidrologiei	9
1.2. Legătura hidrologiei cu alte științe și domeniile de aplicare ale hidrologiei	10
1.3. Metode de cercetare în hidrologie	11
1.4. Repartiția apei pe glob	11
1.5. Circuitul apei în natură și bilanțul hidrologic	14
1.5.1. Circuitul local al apei	14
1.5.2. Circuitul universal al apei. Bilanțul hidrologic	15
1.5.3. Principalele procese și componente ale circuitului apei în natură	17
2. Apa și proprietățile ei generale. Poluarea și protecția apelor (L.Z.)	22
2.1. Proprietățile generale ale apei lichide	22
2.1.1. Proprietățile fizice și organoleptice	22
2.1.2. Proprietățile chimice	25
2.1.3. Proprietățile biologice și bacteriologice	28
2.2. Poluarea apelor și acțiuni privind protecția și conservarea calității lor	28
2.2.1. Poluarea apelor	28
2.2.2. Acțiuni privind protecția și conservarea resurselor de apă	29
2.2.3. Calitatea și protecția apelor în România	30
3. Importanța apei în natură și pentru activitățile social-economice (I.P., L.Z.)	33
3.1. Rolul apei în procesele naturale	33
3.1.1. Rolul apei în procesele geochimice și geofizice	33
3.1.2. Rolul apei în procesele biologice	33
3.1.3. Influența apei asupra climatului	34
3.1.4. Rolul apei în modelarea reliefului	34
3.2. Importanța apei pentru activitățile social-economice	35
3.2.1. Alimentarea populației	35
3.2.2. Alimentarea industriei	36
3.2.3. Apa ca mijloc de comunicație	36
3.2.4. Apa ca sursă de energie	37
3.2.5. Importanța apei pentru irigații	37
3.2.6. Apa ca sursă de hrană și de materii prime	38
3.2.7. Rolul apei în activitățile de turism, agrement și ocrotirea sănătății	39
4. Resursele de apă și valorificarea lor în turism (L.Z.)	39
4.1. Unitățile acvatice și potențialul lor turistic	39
4.2. Tipuri de turism favorizate de valorificarea resurselor acvatice	42
4.2.1. Turismul litoral maritim	42
4.2.2. Turismul de cură balneară	43
4.2.3. Turismul lacustru	44
4.2.4. Turismul montan	44
5. Teme de control (L.Z.)	45

PARTEA A DOUA	
APELE SUBTERANE (HIDROGEOLOGIE)	
6. Noțiuni generale de hidrogeologie (I.P., L.Z.)	47
6.1. Originea apelor subterane și teorii asupra formării lor	47
6.2. Proprietățile hidrogeologice ale rocilor	48
6.3. Categoriile de apă din roci	51
6.4. Distribuția apelor subterane pe verticală	53
6.5. Circulația apelor subterane	54
6.5.1. Factorii circulației apelor subterane	54
6.5.2. Mișcarea laminară și turbulentă a apei subterane	55
6.5.3. Principalii parametri ce caracterizează scurgerea apei subterane	56
6.5.4. Direcția de scurgere a apei subterane	58
7. Straturile acvifere (I.P., L.Z.)	60
7.1. Considerații generale	60
7.2. Straturile acvifere libere (freatice)	62
7.2.1. Caracteristici generale	62
7.2.2. Alimentarea straturilor acvifere freatiche	62
7.2.3. Tipuri de straturi acvifere freatiche	64
7.3. Straturile acvifere captive (de adâncime) și tipologia lor	67
7.4. Nivelul piezometric și regimul său de variație	68
7.4.1. Factorii care influențează oscilația nivelului piezometric	68
7.4.2. Regimul oscilațiilor nivelului piezometric	69
7.5. Resursele de apă subterană ale României și calitatea lor	70
8. Izvoarele (I.P.)	72
8.1. Clasificarea izvoarelor	72
8.1.1. Clasificarea izvoarelor după situația geologică	72
8.1.2. Clasificarea izvoarelor după temperatură	77
8.1.3. Apele minerale	78
8.1.3.1. Definiție, geneză, tipologie	78
8.1.3.2. Răspândirea geografică a izvoarelor minerale din România	79
8.1.4. Apa plată	82
9. Lucrări practice și teme de control (D.D., L.Z.)	84
9.1. Întocmirea hărților tematice privind apele subterane cu hidroizohipse și hidroizobate	84
9.1.1. Întocmirea hărții cu hidroizohipse	84
9.1.2. Determinarea direcției de curgere a apelor subterane	88
9.2. Teme de control	90
PARTEA A TREIA	
HIDROLOGIA RÂURILOR (POTAMOLOGIE)	
10. Bazinul hidrografic și elementele sale caracteristice (L.Z.)	93
10.1. Cumpăna de ape	93
10.2. Elementele ce caracterizează bazinul hidrografic	94
11. Rețeaua hidrografică (I.P.)	101
11.1. Principalele forme de scurgere a apei	101
11.1.1. Apele cu scurgere temporară	101
11.1.2. Apele cu scurgere permanentă	102
11.2. Ierarhizarea rețelei hidrografice	104
11.3. Elemente ce caracterizează rețeaua hidrografică	104
12. Văile râurilor (I.P.)	106
12.1. Geneza și elementele văilor	106
12.2. Profilul longitudinal și transversal al albiei	110
12.2.1. Profilul longitudinal	110

12.2.2. Profilul transversal al râului și elementele lui hidraulice	112
13. Dinamica apei râurilor (I.P., L.Z.)	114
13.1. Viteza apei râurilor	115
13.1.1. Considerații generale	115
13.1.2. Dispozitive de măsurare a vitezei apelor curgătoare	117
13.2.3. Determinarea vitezei medii a apei	119
14. Nivelul apei râurilor (I.P., L.Z.)	121
14.1. Dispozitive de determinare a nivelului apei râurilor	121
14.2. Măsurarea nivelului apei	124
14.3. Prelucrarea nivelurilor	125
15. Debitul de apă (I.P., L.Z.)	128
15.1. Metode de determinare a debitului de apă	128
15.1.1. Determinarea debitului de apă prin metoda secțiune-viteză, utilizând morișca hidrometrică	129
15.1.2. Metode directe de determinare a debitului de apă	131
15.1.2.1. Metoda volumetrică	131
15.1.2.2. Metoda chimică (a diluției)	131
15.1.2.3. Metoda deversorilor hidrometrici și a canalelor calibrate	132
15.1.3. Determinarea debitelor de apă cu ajutorul cheii limnimetrice	133
15.2. Prelucrarea debitelor de apă	135
15.2.1. Debite caracteristice	135
15.2.2. Metode grafice de prelucrare a debitelor lichide	136
16. Scurgerea apei râurilor (I.P., L.Z.)	138
16.1. Alimentarea râurilor	139
16.2. Factorii scurgerii râurilor	139
16.3. Modalități de exprimare a scurgerii apei râurilor	141
16.4. Principalele tipuri de scurgere	142
16.4.1. Scurgerea medie.	143
16.4.2. Scurgerea maximă	144
16.4.3. Scurgerea minimă	144
16.5. Fenomene hidrologice extreme	145
16.5.1. Viiturile	145
16.5.2. Etiajul și secarea râurilor	147
16.6. Regimul hidrologic al râurilor	148
16.7. Bilanțul hidrologic al râurilor	149
17. Scurgerea de aluviuni (scurgerea solidă) (L.Z.)	151
17.1. Formarea aluviunilor și factorii care o influențează	151
17.2. Aluviunile în suspensie	152
17.2.1. Modalități de exprimare a scurgerii de aluviuni în suspensie	152
17.2.2. Determinarea debitului de aluviuni în suspensie	153
17.2.2.1. Colectarea și filtrarea probelor de aluviuni în suspensie	154
17.2.2.2. Calcularea debitului de aluviuni în suspensie	154
17.2.3. Prelucrarea debitelor de aluviuni în suspensie	156
17.3. Aluviunile târâte și sedimentate	157
18. Regimul termic și de îngheț al râurilor (I.P., L.Z.)	158
18.1. Temperatura apei râurilor	158
18.2. Regimul de îngheț al râurilor	160
19. Chimismul apei râurilor (L.Z.)	162
20. Lucrări practice și teme de control (D.D., L.Z.)	165
20.1. Caracteristicile morfometrice ale bazinului hidrografic	165
20.1.1. Delimitarea bazinului hidrografic prin trasarea cumpenei de ape	167

20.1.2. Determinarea suprafeței bazinului hidrografic	167
20.1.3. Caracteristici morfometrice ale bazinului hidrografic	171
20.2. Caracteristici morfometrice ale rețelei hidrografice	179
20.3. Măsurarea vitezei apei și a debitului lichid cu ajutorul mioriștii hidrometrice	184
20.4. Temă de control	188
PARTEA A PATRA	
NOȚIUNI DE LIMNOLOGIE, TELMATOLOGIE ȘI GLACIOLOGIE	
21. Lacurile și clasificarea lor după originea cuvetelor lacustre (I.P., L.Z.)	190
21.1. Considerații generale	190
21.2. Originea lacurilor și clasificarea lor după geneza cuvetei	191
21.2.1. Lacurile rezultate din acțiunea factorilor interni	191
21.2.2. Lacurile rezultate din acțiunea factorilor externi	194
22. Principalele elemente morfologice și morfometrice ale lacurilor (I.P., L.Z.)	201
22.1. Principalele elemente morfologice	201
22.2. Principalele elemente morfometrice	202
23. Dinamica apelor din lacuri (I.P.)	205
23.1. Mișcările permanente	205
23.2. Mișcările periodice	206
24. Bilanțul apei din lacuri și regimul variațiilor de nivel (I.P.)	209
24.1. Bilanțul apei din lacuri	209
24.2. Regimul variațiilor de nivel	210
25. Temperatura apei lacurilor (I.P., L.Z.)	212
25.1. Considerații generale	212
25.2. Tipuri de stratificație termică a lacurilor	213
25.3. Tipologia lacurilor în funcție de stratificația termică	214
25.3.1. Lacurile holomictice	214
25.3.2. Lacurile meromictice	216
25.4. Regimul de îngheț și de dezgheț al lacurilor	217
26. Caracteristici fizice și chimice ale apei lacurilor (I.P.)	218
26.1. Transparența și culoarea apei din lacuri	218
26.2. Compoziția chimică a lacurilor și clasificarea acestora după gradul de mineralizare	218
26.3. Gazele din apa lacurilor	220
27. Viața din apa lacurilor (I.P., L.Z.)	221
28. Elemente de hidrometria lacurilor (L.Z.)	222
29. Noțiuni de telmatologie (I.P.)	225
29.1. Geneza și tipologia mlaștinilor	225
29.2. Regimul hidrologic al mlaștinilor	226
29.3. Răspândirea mlaștinilor și importanța lor economică	226
30. Noțiuni de glaciologie (I.P., L.Z.)	227
30.1. Limita climatică a zăpezilor permanente și formarea ghețarilor	227
30.2. Mișcarea ghețarilor	229
30.3. Tipuri de ghețari	229
30.4. Procesele exercitare de ghețari	231
30.5. Răspândirea geografică a ghețarilor și importanța lor hidrologică	233
31. Lucrări practice și teme de control (D.D., L.Z.)	234
31.1. Elemente de batimetrie a lacurilor	235
31.2. Elementele de morfometrie lacustră	238
31.3. Bilanțul hidric al lacurilor	240
31.4. Teme de control	243
Bibliografie	244
Imagini fotografice	246

INTRODUCERE

Apa reprezintă unul din elementele naturale indispensabile existenței lumii vii. Ea are un rol fundamental în desfășurarea proceselor naturale (fizico-chimice, biologice, climatice, în modelarea reliefului) și a activităților social-economice, constituind un mijloc important de comunicație și de apărare, o materie primă pentru industrie, o sursă apreciată pentru energie, pentru irigarea culturilor, alimentarea populației.

Prin diferitele ei forme de manifestare și prin larga răspândire pe care o are, apa alcătuiește unul dintre cele mai extinse învelișuri ale Terrei, cunoscut sub numele de **HIDROSFERĂ**. Acesta se află în relații de interacțiune și influență reciprocă cu celelalte sfere ale Pământului (atmosfera, litosfera și biosfera).

Știința care se ocupă cu studiul diferitelor unități acvatice, cu fenomenele și procesele dinamice, fizice și chimice specifice acestor unități, precum și cu modul de folosință a apelor pentru diferitele necesități social-economice este **HIDROLOGIA**. Ea este definită pe scurt știința apelor sau știința care studiază hidrosfera.

În cadrul Hidrologiei, pot fi distinse două mari domenii: hidrologia mărilor și oceanelor și hidrologia uscatului sau hidrologia continentală. Prezentul curs, cu excepția primei părți, se referă la **hidrologia continentală** și abordează probleme specifice pentru cinci dintre subdomeniile sale majore, și anume: **potamologia** (studiază apele curgătoare, dinamica lor, regimul scurgerii și parametrii hidrologici care le sunt caracteristici, bazinele hidrografice, proprietățile fizico-chimice ale apei râurilor); **limnologia** și **telmatologia** (se ocupă cu studierea genezei și evoluției unităților lacustre, bălților și mlaștinilor, a caracteristicilor fizice și chimice ale apei, precum și a dinamicii și procesele de sedimentare din cuprinsul acestor unități acvatice); **glaciologia** (cercetează modul de formare a ghețarilor, dinamica, acțiunile lor de eroziune, transport, acumulare, tipurile de ghețari și răspândirea lor); **hidrogeologia** (studiază caracteristicile straturilor acvifere, evoluția suprafețelor piezometrice, circulația apelor subterane, modalitățile de explorare și exploatare a acviferelor).

Lucrarea de față se adresează, în principal, studenților de la diferitele domenii și specializări din cadrul Facultății de Geografie a Universității din București, ce urmează atât cursurile la zi, cât și formele de Învățământ Deschis la Distanță (IDD) organizat de CREDIS și de Învățământ cu Frecvență Redusă (IFR). În același timp, lucrarea poate fi utilă profesorilor de geografie din învățământul

preuniversitar în vederea pregătirii pentru obținerea diferitelor grade didactice, precum și tuturor celor interesați de domeniul hidrologiei.

Prezentul curs constituie o nouă ediție, revizuită și completată, a lucrărilor anterioare de *HIDROLOGIA USCATULUI* publicate în anul 2003 de editurile Universitară și Credis. Completările constau, în principal, în introducerea la sfârșitul părților majore a unor teme și lucrări practice adecvate anumitor probleme din conținutul temei. În același timp, actuala ediție reprezintă o variantă sintetizată a cursului de *HIDROLOGIE* publicat în 2001 și 2002 de Editura Universității din București și pe care îl recomandăm pentru completarea informațiilor.

Cursul este structurat în patru părți principale, care acoperă problematica esențială a hidrologiei continentale: **I. Probleme generale de hidrologie; II. Apele subterane (Hidrogeologie); III. Hidrologia râurilor (Potamologie); IV. Noțiuni de limnologie, telmatologie și glaciologie.** Capitolele au fost prevăzute la final cu întrebări recapitulative de autoevaluare, care să permită studenților pe de o parte să-și verifice modul în care au înțeles și și-au însușit informațiile de bază cuprinse în capitolul respectiv, iar pe de altă parte, să-și fixeze aceste informații. În scopul evidențierii termenilor importanți, de reținut, ei au fost redactați cu caractere diferite (aldine, italice, aldine italice). De asemenea, la sfârșitul fiecăreia dintre cele patru părți majore au fost realizate sinteze ale noțiunilor și termenilor importanți, care să permită o dată în plus studenților recapitularea și fixarea lor și în final, însușirea lor temeinică.

Întrucât activitatea proprie de investigare este deosebit de importantă în dobândirea și înțelegerea cunoștințelor, iar hidrologia presupune numeroase activități practice, în cadrul cursului sunt propuse unele teme de control. Acestea îi pun pe studenți în situația fie de a dezvolta problematica prezentată în curs prin consultarea unor materiale suplimentare, fie de a aplica concret unele cunoștințe teoretice expuse în curs, prin rezolvarea unor probleme ce presupun calcule și măsurători asupra unor parametri morfohidrologici. Realizarea temelor de control este bazată în mare măsură pe consultarea lucrărilor practice incluse la sfârșitul temelor majore ale cursului, lucrări ce conțin exemple detaliate de rezolvare a unor probleme practice.

Sperăm că parcurgerea acestui curs va permite studenților să-și însușească în condiții optime cunoștințele de bază din domeniul hidrologiei continentale și le va trezi interesul pentru aprofundarea acestui domeniu atât de important pentru existența umană.

PARTEA ÎNTÂI

PROBLEME GENERALE DE HIDROLOGIE

Obiective

Informațiile prezentate în capitolele din această primă parte au drept scop familiarizarea studenților cu problematica generală a hidrologiei (obiect de cercetare, ramuri și subramuri, legăturile pe care le are cu alte științe, importanța sa ca știință, metode specifice de cercetare), înțelegerea de către studenți a modului de repartiție și circulație a apei în natură, a proceselor care intervin în această circulație. Este vizată, de asemenea, cunoașterea proprietăților apei (fizice, organoleptice, chimice, biologice și bacteriologice) și a importanței acestora pentru procesele naturale și activitățile social-economice. Aspectele privitoare la poluarea apelor și acțiuni privind protecția și conservarea calității lor urmăresc sensibilizarea studenților la vulnerabilitatea sporită la poluare pe care o prezintă resursele acvatice și înțelegerea necesității de a se acționa prin multiple și diverse mijloace în vederea protejării și dezvoltării lor durabile. Un capitol important al acestei teme este consacrat prezentării potențialului turistic deținut de resursele de apă și modului în care acesta este valorificat. În final sunt cuprinse două teme de control ce au drept scop dezvoltarea de către studenți a unor aspecte expuse în curs.

1. NOȚIUNI GENERALE DE HIDROLOGIE. RĂSPÂNDIREA ȘI CIRCULAȚIA APEI PE GLOB

1.1. OBIECTUL ȘI PROBLEMELE HIDROLOGIEI

Hidrologia este, pe scurt, știința apelor (în limba greacă *hidros* = apă și *logos* = știință). Ea se ocupă cu studiul hidrosferei, înveliș complex aflat în strânsă interacțiune cu celelalte geosfere (atmosfera, litosfera și biosfera). Ținând seama de complexitatea structurală și funcțională a obiectului său de cercetare, hidrologia poate fi definită mai pe larg ca știința care studiază toate tipurile de unități acvatice, din punct de vedere al formării, circulației și distribuției lor, al proprietăților fizice și chimice care le caracterizează, al proceselor și legilor generale care acționează în hidrosferă, precum și al modalităților de valorificare a resurselor de apă.

Întrucât are drept obiect de studiu un element al mediului natural, hidrologia este încadrată în categoria **științelor fizico-geografice** sau **naturale**. În același timp, prin metodologiile de investigare, analiză și prelucrare a informațiilor, hidrologia este o **știință inginerescă**. Cele două aspecte se completează reciproc și conferă o individualitate aparte hidrologiei. Astfel, ca știință naturală, hidrologia reflectă îndeosebi aspectele de ordin calitativ, privitoare la diferitele tipuri de unități acvatice și caracteristici ale lor, utilizând, cu precădere, metode descriptive, explicative, conceptuale. Ca știință inginerescă, hidrologia permite abordări cantitative și oferă astfel posibilitatea soluționării numeroaselor aspecte de ordin practic (legate de valorificarea resurselor de apă, de protecția lor, de diminuarea riscurilor hidrologice etc.).

Datorită obiectului de cercetare foarte vast și diversificat, hidrologia ca știință a fost divizată în două mari domenii: **hidrologia uscatului** sau **hidrologia continentală** și **hidrologia mărilor și oceanelor**. Această structurare a fost impusă de diferențele importante dintre caracteristicile, procesele și fenomenele specifice celor două medii.

Hidrologia continentală, care formează obiectul prezentului curs, cuprinde mai multe subramuri:

- **potamologia** (în lb. greacă *potamos* = râu) se ocupă cu studiul apelor curgătoare de pe continente;
- **limnologia** (în lb. greacă *limnos* = lac) studiază geneza, evoluția și proprietățile unităților lacustre naturale și artificiale;
- **telmatologia** are ca obiect de cercetare mlaștinile;
- **glaciologia** studiază răspândirea zăpezilor permanente și a ghețarilor, geneza și mișcarea lor, tipurile de ghețari;
- **hidrogeologia** se ocupă cu cercetarea apelor subterane, în scopul cunoașterii modalităților de formare a straturilor acvifere și izvoarelor, a caracteristicilor lor, a circulației apelor subterane, a proprietăților hidrogeologice ale rocilor;
- **hidrometria** se ocupă cu organizarea posturilor și stațiilor hidrometrice din rețeaua de râuri, lacuri, mlaștini ale unui teritoriu, cu metodele și procedeele de măsurare și prelucrare a elementelor hidrologice (niveluri, debite lichide și solide, temperatura, chimismul apelor etc.).

În ultimii ani, în cadrul hidrologiei continentale s-au individualizat ramuri noi, precum:

- **hidrologie urbană** care studiază caracteristicile proceselor hidrologice din spațiile urbanizate și
- **hidrologie rurală** care cercetează funcționarea sistemelor hidrografice în relație cu modul de utilizare a terenurilor și cu practicile asociate fiecărui tip de folosință.

Ca o ramură aparte a hidrologiei poate fi considerată **gospodărirea apelor**, care înglobează un ansamblu de acțiuni menite să conducă, în principal, la: cunoașterea caracteristicilor cantitative și calitative ale unităților acvatice; valorificarea resurselor de apă pentru asigurarea necesităților sociale și economice; conservarea, dezvoltarea și protecția fondului acvatic; prevenirea și combaterea efectelor distructive ale apelor.

1.2. LEGĂTURA HIDROLOGIEI CU ALTE ȘTIINȚE ȘI DOMENIILE DE APLICARE ALE HIDROLOGIEI

Apa constituie obiectul de studiu și al altor științe cu care hidrologia este în strânsă legătură. Dintre acestea menționăm:

- **hidrofizica și hidrochimia**, care se ocupă cu studiul caracteristicilor fizice, respectiv chimice ale apelor;
- **hidraulica**, ce studiază dinamica apelor;
- **hidroenergetica**, al cărei scop este cunoașterea potențialului energetic al apelor și posibilitatea valorificării lui;
- **hidrotehnica**, ce studiază modalitățile și tehnicile de realizare a lucrărilor de amenajare a unităților acvatice;
- **hidrobiologia**, ale cărei preocupări constau în studierea ecosistemelor din mediul acvatic.

Hidrologia, ca știință geografică și în același timp inginerească, prezintă o arie largă de aplicații, întrucât apa constituie un element esențial pentru viața omului și activitățile social-economice. Cunoștințele și cercetările hidrologice sunt utilizate în diferite domenii de valorificare a apelor: alimentări cu apă potabilă și industrială, irigații, piscicultură, producere de energie electrică, navigație, construcții hidrotehnice, amenajări pentru agrement și ocrotirea sănătății, utilizarea forței mecanice a apei (pentru mori de apă, joagăre, gatere, pive, darace de lână) etc.

1.3. METODE DE CERCETARE ÎN HIDROLOGIE

În cercetarea hidrologică sunt utilizate diferite metode, multe dintre ele fiind folosite și de alte științe ale naturii. Dintre cele specifice hidrologiei se remarcă: metoda observațiilor staționare, metoda observațiilor expediționare și metoda cercetărilor experimentale.

Metoda observațiilor staționare constă în observații și măsurători efectuate la posturile hidrometrice, după un anumit program, asupra variațiilor de nivel, debitelor de apă, debitelor de aluviuni, temperaturii, transparenței, culorii apei, a reziduului fix etc. Datele obținute pe baza unor observații regulate, pe intervale mari de timp, servesc la realizarea de sinteze și generalizări ale unor parametri de ordin hidrologic și permit desprinderea unor legități în manifestarea diferitelor fenomene și procese hidrologice.

Metoda observațiilor expediționare este folosită pentru regiunile greu accesibile, unde nu se pot instala posturi hidrometrice fixe pentru executarea unor măsurători și observații regulate (zilnice, lunare sau sezoniere). Observațiile expediționare se desfășoară pe baza unui plan itinerant în care se are în vedere atât executarea de măsurători pentru obținerea unor date cantitative de ordin hidrologic, cât și efectuarea de observații comparative cu scop aplicativ. Observațiile expediționare oferă astfel posibilitatea cunoașterii diferiților parametri hidrologici (debite, viteza apelor, indici morfometrici, temperatură, salinitate etc.) pentru perioade de timp determinate, cu frecvențe diferite, în funcție de scopul cercetării.

Metoda cercetărilor experimentale permite reproducerea unor fenomene hidrologice naturale la scară redusă, în vederea cunoașterii și înțelegerii legităților lor de manifestare.

1.4. REPARTIȚIA APEI PE GLOB

Din suprafața totală a Globului Pământesc de 510 mil. km², apa ocupă 361,3 mil. km² sau 70,8%, iar uscatul 148,8 mil. km² - 29,2%. Această disimetrie în distribuția mărilor și a uscatului se menține și în cadrul celor două emisfere. Cea mai mare parte a uscatului se află răspândită în emisfera nordică (Asia, Europa, America de Nord, Africa de Nord), în timp ce emisfera sudică cuprinde cea mai mare parte a Americii de Sud, partea îngustă a Africii, Australia și Antarctica. Emisfera Nordică mai poartă denumirea și de **emisfera continentală**, cu toate că apa ocupă o suprafață mai mare (154,5 mil. km² sau 60,7%) în comparație cu a uscatului (100,5 mil. km² sau 39,3%). Emisfera sudică mai poartă numele și de **emisfera oceanică**, deoarece apa ocupă o suprafață de 206,5 mil. km² (81%), iar uscatul un areal foarte restrâns, de 48,5 mil. km² (19%).

Oceanul Planetar este divizat în patru mari bazine oceanice: Pacific, Atlantic, Indian și Înghețat (Arctic). Oceanul Înghețat, datorită faptului că este înconjurat

din toate părțile de uscat, este considerat ca o „Mediterană Arctică”. În tabelul nr. 1.1. este redată repartiția uscatului pe cele șase continente și suprafața celor patru mari bazine oceanice.

Tabelul nr. 1.1.

Repartiția oceanelor și a continentelor

Denumirea oceanului	Suprafața în (mil.km ²)	%	Denumirea continentului	Suprafața în (mil.km ²)	%
Pacific	178,7	49,5	Europa	10,5	7
Atlantic	91,7	25,4	Asia	44,35	29,8
Indian	76,2	21,1	Africa	29,8	20
Înghetăt (Arctic)	14,7	4,0	America de Nord și America de Sud	42,12	28,2
			Australia, Oceania	8,93	6
			Antarctica	13,3	9
Oceanul Planetar	361,3	100	Uscat	149	100

În cuprinsul uscatului există două feluri de regiuni: unele cu bazine hidrografice care au scurgere directă spre mare (Oceanul Planeta) numite **regiuni exoreice** și altele lipsite de scurgere (închise) numite **regiuni endoreice**. Cele mai întinse regiuni endoreice se întâlnesc în Africa (Sahara, Namib), în Asia (Bazinul Mării Caspice, Lacul Aral, Lacul Balhaș, Pustiul Arabiei, Pustiul Thar), în Australia (Pustiul Central Australian), în America de Sud (Pustiurile Camanchacas, Costero și Cardonales). Regiunea endoreică însumează o suprafață de 32,1 mil. km² ceea ce reprezintă 21,5% din întinderea uscatului. Regiunea exoreică totalizează o suprafață de 117 mil. km² și cuprinde sisteme fluviatile simple și complexe, lacuri, bălți, mlaștini etc.

Pe suprafața Pământului care este, după cum am precizat, de 510 mil. km² se află un volum total de apă estimat la 1386 mil. km³. Din această cantitate Oceanului Planetar îi revin 1336 mil. km³ adică 96,5%.

În albia minoră a râurilor se află o rezervă de apă estimată la aproximativ 1200 km³ (după alte informații această cantitate ar fi mult mai mică, de circa 1120 km³). Această rezervă de apă reprezintă cantitatea existentă la un moment dat în albia tuturor râurilor. Din calculele efectuate rezultă că în cursul unui an pe râurile Terrei se scurg 35000 km³ de apă (după alte calcule ar rezulta un volum de 46800 km³). La volumul de apă scurs prin albia râurilor se adaugă și apele rezultate din topirea ghețurilor continentale (Antarctida și Groenlanda) care se cifrează la 1800 km³. Ca urmare a acestui fapt se ajunge ca anual apele râurilor să realizeze un volum de 36800 km³. O anumită cantitate de apă se află stocată în cuvetele lacurilor, în mlaștini, ghețari etc.

Datele cantitative sunt foarte diferite de la o sursă la alta de informare. Până în prezent se știe că depresiunile lacustre dețin 700000 km³ (după P. Gâștescu - 1990 - se apreciază 176000 km³), ghețarii 24,1 mil. km³, iar apa din sol 82000 km³ (după alții 16500 km³).

În regiunile endoreice, volumul scurgerii anuale prin albiile râurilor este de aproximativ de 500 km³ . În regiunile exoreice scurgerea anuală însumează un volum de 36300 km³ de apă.

Resursele de apă dulce. Satisfacerea necesităților de consum ale populației și ale activităților social-economice se bazează, aproape în exclusivitate, pe utilizarea apei dulci. Aceasta nu reprezintă însă decât 2,5% (cca. 35 mil. km³) din volumul total de apă de pe Terra. În plus, 68,7% din resursele de apă dulce sunt cantonate în ghețari și zăpezi veșnice, iar 30% în apele subterane. Lacurile și râurile, unități acvatice a căror apă este cel mai ușor de utilizat, constituie doar 0,26% (91 000 km³), respectiv 0,006% (2120 km³) din resursele de apă dulce existente pe Glob (Zăvoianu, 1999).

În condițiile menționate, apare evident faptul că potențialul acvatic folosibil de către omenire este destul de limitat. Conform datelor din *World Ressources* 1998 – 99, resursele anuale regenerabile de apă dulce se cifrează la cca. 41 000 km³. Din această cantitate se consumă pentru diferite folosințe cu puțin peste 3200 km³/an (tab. nr. 1.2.).

Tabelul nr. 1.2.

Date privind resursele de apă dulce utilizabile și utilizate
(după *World Ressources* 1998 – 1999)

Unitatea teritorială	Resursele anuale utilizabile de apă dulce			Cantități de apă utilizate anual		Consumul mediu de apă pe locuitor ⁽²⁾	
	Total (km ³)	%	Pe locuitor (m ³ /loc/an) ⁽¹⁾	Total (km ³)	Anul	m ³ /loc/an	l/loc/zi
Mondial	41022	100	6918	3240	1987	43	118
Europa	6234	15	8547	455,3	1995	91	249
Africa	3996	10	5133	145,4	1995	15,6	42
America de Nord	5309	13	17458	512,496	1991	251	688
America Centrală	1057	3	8084	96	1987	53,3	146
America de Sud	9526	23	28702	106,2	1995	69	189
Asia	13207	32	3680	1634	1987	31,6	86
Oceania	1614	4	54,8	16,7	1995	382	1047

1) Resursele pe locuitor corespund anului 1998.

2) Valori aproximative, obținute de autori prin raportarea volumelor de apă utilizate pentru alimentarea populației la numărul de locuitori (consumul corespunde anului menționat la *Cantități de apă utilizate anual*).

Un factor restrictiv major în utilizarea apei dulci este distribuția ei teritorială foarte neuniformă și imposibilitatea efectuării de transferuri majore ale surplusului de apă dintr-o zonă în alta.

La nivel continental, cele mai mari rezerve utilizabile de apă dulce se află în Asia (13207 km^3) și America de Sud (9526 km^3), urmate de Europa (6234 km^3) și America de Nord (5309 km^3) (tab. nr. 2). În ceea ce privește distribuția pe țări, este remarcabil faptul că pe teritoriul a șapte țări se află peste jumătate din resursele utilizabile de apă dulce de pe Terra: Brazilia (5190 km^3), Federația Rusă (4312 km^3), Canada (2850 km^3), China (2800 km^3), Indonezia (2530 km^3), Statele Unite (2459 km^3), India (1850 km^3). La polul opus se situează țări din Africa și Asia, unde cantitatea de apă dulce este mai mică de 1 km^3 : Iordania ($0,7 \text{ km}^3$), Libia ($0,6 \text{ km}^3$), Mauritania ($0,4 \text{ km}^3$), Emiratele Arabe Unite ($0,15 \text{ km}^3$), Kuweit ($0,02 \text{ km}^3$). În România, resursele anuale regenerabile de apă dulce sunt estimate (conform sursei menționate mai sus) la 37 km^3 , valoare ce o situează în rândul țărilor cu potențial modest.

Pe ansamblu, cele mai bogate zone în resurse de apă dulce sunt cele ecuatoriale, musonice și subpolare, în timp ce regiunile tropicale se confruntă cu o mare penurie de apă dulce. Pentru asigurarea necesarului de consum, unele țări au recurs la producerea apei dulci prin desalinizarea celei marine (Kuweit, Emiratele Arabe Unite, Israel, Africa de Sud etc.). O altă posibilitate, mai puțin utilizată (datorită îndeosebi costurilor ridicate), este aceea a valorificării ghețarilor prin aducerea lor în zonele cu deficit de apă dulce.

1.5. CIRCUITUL APEI ÎN NATURĂ ȘI BILANȚUL HIDROLOGIC

Prezintă în natură sub trei forme de agregare (lichidă, solidă și gazoasă), apa se află în continuă mișcare și schimbare de stare, mijlocind în permanență legătura și schimbul de substanță și energie dintre subsistemele geosistemului planetar. Ansamblul proceselor de transformare și transfer al apei constituie **circuitul apei în natură** sau **circuitul hidrologic**. Acest circuit este rezultanta acțiunii unui complex de factori, între care se impun: radiația solară, forța gravitațională, presiunea atmosferică, atracția Soarelui și a Lunii, procesele biologice, activitățile umane (A. Musy et V. Laglaine, 1992). În funcție de scara spațială la nivelul căreia se analizează, circuitul apei în natură poate avea un caracter local sau universal.

1.5.1. CIRCUITUL LOCAL AL APEI

În natură se realizează două mari circuite locale: unul care se desfășoară pe spațiul Oceanului Planetar și altul pe spațiul continental (fig. 1.1.). Se poate vorbi însă și de circuite locale regionale care se produc pe spații mai restrânse între o mare interioară, un lac și regiunile înconjurătoare.

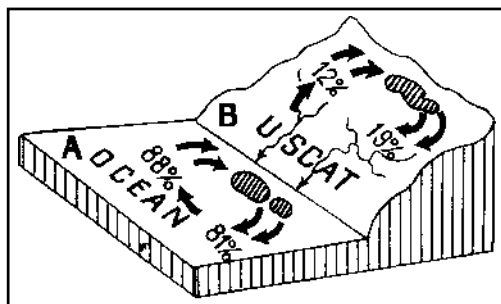


Fig. 1.1. Circuitul local oceanic (A) și circuitul local continental (B).

La baza acestui proces de circulație a apelor, după cum am menționat, un rol fundamental îl are radiația solară. Sub influența ei, de pe suprafața oceanelor se evaporă în atmosferă o însemnată cantitate de apă care prin condensare se transformă din nou în apă. Influența pe care o exercită forța de gravitație și factorii climatici locali face ca o parte din apa din atmosferă să cadă din nou pe suprafața Oceanului Planetar sub formă de precipitații înfăptuind așa numitul **circuit oceanic local**. O altă parte din apa evaporată de pe uscat, cade pe suprafața continentelor, înfăptuind astfel **circuitul continental local**. În medie, de pe suprafața continentelor (uscatului), anual se evaporă $62\,000\text{ km}^3$ apă, adică 12% din volumul total evaporat de pe suprafața Globului și revine sub formă de precipitații o cantitate cu mult mai mare de $99\,000\text{ km}^3$ apă, adică 19%. Surplusul de apă provine din spațiul oceanic. La nivelul Oceanului Planetar se realizează un al doilea mare circuit local al apei. De pe suprafața sa se evaporă anual $449\,000\text{ km}^3$ de apă, adică 88% din volumul total evaporat de pe suprafața Globului și revine prin procesul de condensare a vaporilor o cantitate ceva mai mică, de $412\,000\text{ km}^3$ de apă (81%).

1.5.2. CIRCUITUL UNIVERSAL AL APEI. BILANȚUL HIDROLOGIC

Circulația apei pe suprafața Pământului nu poate fi privită și analizată pe circuite izolate, întrucât procesele evaporării și condensării sunt influențate de aceiași factori climatici și geofizici care se află în strânsă interdependență și condiționare reciprocă.

De pe suprafața Oceanului Planetar, sub influența radiației solare, așa cum s-a mai precizat, se evaporă o cantitate de apă evaluată la $449\,000\text{ km}^3$ pe an. Cea mai mare parte din apa evaporată cade sub formă de precipitații (ploaie, zăpadă, grindină) tot pe spațiul oceanului ($412\,000\text{ km}^3$), iar o anumită cantitate este dusă pe uscat ($36\,800\text{ km}^3$) cu ajutorul curenților de aer, unde sub influența unor condiții favorabile se condensează și cade sub formă de precipitații. Apa meteorică căzută deasupra maselor continentale este estimată la $99\,000\text{ km}^3$ și urmează diferite căi. O parte se infiltrează în sol formând apele subterane, o altă parte ($36\,800\text{ km}^3$) se scurge pe suprafața Pământului alcătuind pâraiele, râurile și fluviile care ajung în ocean, iar o foarte mare cantitate, în decurs de un an, se evaporă din nou în atmosferă ($62\,000\text{ km}^3$).

Procesul acesta de transfer al apei de pe ocean pe uscat și apoi iar în ocean constituie **circuitul universal al apei în natură** (fig. 1.2.). În acest circuit, de pe suprafața Terrei se evaporă într-un an $511\,000\text{ km}^3$ de apă și revine din nou pe spațiul ei, în aceeași perioadă, într-o cantitate egală, realizându-se astfel un bilanț hidrologic general constant.

Bilanțul hidrologic exprimă diferența dintre aporturile și pierderile de apă de pe un teritoriu considerat. La nivel planetar, componentele principale ale bilanțului hidrologic sunt: cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața oceanelor (E_o); cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața continentelor (E_c); cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața oceanelor (X_o); cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața continentelor (X_c); cantitatea medie anuală de apă scursă în ocean (Y).

Circuitele locale ale apei pot fi redată sub forma unor **ecuații simple ale bilanțului hidrologic**:

a) pentru Oceanul Planetar: $E_o = X_o + Y$ ($449\,000\text{ km}^3 = 412\,200\text{ km}^3 + 36\,800\text{ km}^3$);

b) pentru spațiul continental: $E_c = X_c - Y$ ($62\,000\text{ km}^3 = 98\,800\text{ km}^3 - 36\,800\text{ km}^3$).
 Totalizând aceste două ecuații se obține **expresia bilanțului hidrologic la nivelul globului pământesc**, care, după cum am precizat mai sus, este constant:
 $E_o + E_c = X_o + X_c$ ($449\,9000\text{ km}^3 + 62\,000\text{ km}^3 = 511\,000\text{ km}^3$; $412\,200\text{ km}^3 + 98\,800\text{ km}^3 = 511\,000\text{ km}^3$).

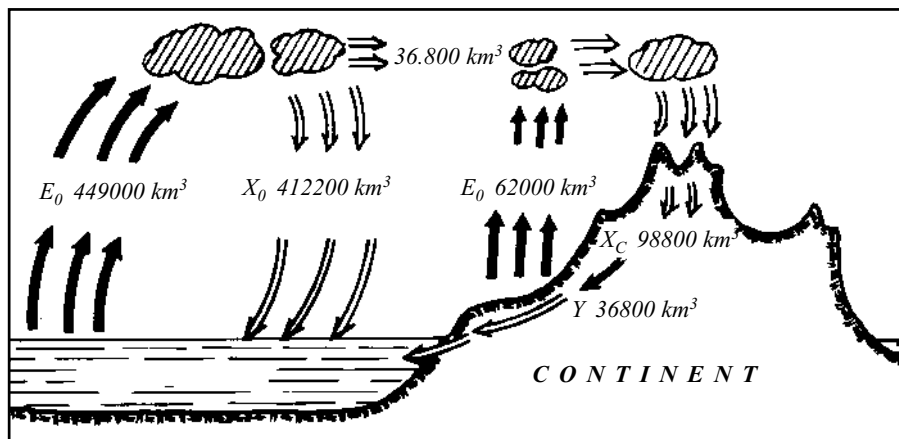


Fig.1.2. Circuitul universal al apei pe Glob: E_o – cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața oceanelor; E_c – cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața continentelor; X_o – cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața oceanelor; X_c – cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața continentelor; Y – cantitatea medie anuală de apă scursă în ocean.

Bilanțul hidrologic poate fi analizat la scări spațiale și temporale diferite. El exprimă, așa cum am menționat anterior, diferența dintre aporturile (A) și pierderile de apă (P) de pe teritoriul considerat. Aportul este reprezentat, în principal de precipitații (X), iar pierderile de evaporație (Z) și scurgere (Y).

La nivel global și pentru o perioadă mare de timp, ecuația generală a bilanțului hidrologic este cea propusă de Perrault (în 1674) pentru bazinul Senei (C. Cosandey et M. Robinson):

$$X = Y + Z.$$

La scara unui bazin hidrografic, pentru o perioadă determinată de timp, în analiza bilanțului hidrologic trebuie să se țină seama variația de la un an la altul a rezervei de apă a bazinului (ΔR), astfel încât ecuația bilanțului devine:

$$X = Y + Z \pm \Delta R.$$

Dacă într-un an aportul de apă în bazin este superior pierderilor, rezerva de apă din bazin crește, iar ΔR are valoare pozitivă. În cazul în care pierderile sunt superioare aportului, rezerva de apă din bazin scade, iar ΔR are valoare negativă.

Pentru o perioadă de mai mulți ani, ΔR tinde către zero, variațiile rezervei de apă compensându-se. În aceste condiții, ecuația bilanțului hidrologic revine la forma generală:

$$X = Y + Z.$$

1.5.3. PRINCIPALELE PROCESE ȘI COMPONENTE ALE CIRCUITULUI APEI ÎN NATURĂ

Circuitul apei în natură este rezultatul manifestării succesive sau simultane a mai multor procese, dintre care cele mai importante sunt: evaporația, condensarea, precipitațiile, scurgerea, interceptia, infiltrația.

1. EVAPORAREA este procesul fizic prin care apa, sub acțiunea energiei solare, trece din starea sa lichidă sau solidă în stare de vapori (evaporarea apei direct din zăpadă sau gheață se numește **sublimare**). Se exprimă în general, în mm.

Evaporarea se realizează nu numai de pe suprafața apei (lichide sau solide), ci și de la nivelul solului și al învelișului vegetal. În aceste condiții, se pot distinge:

- **evaporație fizică**, ce se realizează de pe suprafața diferitelor tipuri de unități acvatice și care constituie, de fapt, principalele surse de vapori de apă din atmosferă;

- **evaporație fiziologică**, reprezentată de transpirația plantelor și animalelor;

- **evapotranspirație** sau **evaporație totală**, ce include apa evaporată de pe suprafețele acvatice, de la nivelul solului (acoperit sau nu de vegetație) și al vegetației.

În cadrul evapotranspirației se diferențiază:

- **evapotranspirația potențială (maximală) - ETP** - ce reprezintă volumul maxim de apă care ar rezulta în cazul în care cantitatea de apă evaporabilă sau transpirabilă ar fi nelimitată pe un spațiu dat;

- **evapotranspirația reală - ETR** - care ia în considerare disponibilitatea reală în apă de pe o suprafață, mai precis, apa care se evaporă în realitate de pe suprafața considerată.

Procesul evaporării este foarte complex și depinde de o serie de factori: temperatura aerului, regimul eolian, umiditatea atmosferei, umiditatea regiunii (generată de prezența și extinderea diferitelor tipuri de unități acvatice), condițiile de relief, sol și vegetație, proprietățile fizice și chimice ale apei.

Temperatura aerului are rolul cel mai important în procesul evaporării și este influențată de energia solară care constituie principala sursă de încălzire a Pământului. Din cantitatea totală a energiei solare, 14% se consumă pentru încălzirea directă a aerului, iar restul de 86% ajunge pe pământ. Din această cantitate, 43% se consumă pentru încălzirea uscatului, iar 43% se reflectă în atmosferă.

Procesul de evaporație de la suprafața apei diferă de cel de la suprafața uscatului, a solului. Evaporația de la suprafața apei diferă cantitativ în funcție de extinderea unității acvatice, de temperatura și salinitatea acesteia, precum și de adâncimea apei. De asemenea, un rol important îl are și gradul de umiditate din atmosferă și viteza cu care acționează vântul. Evaporația diferă de la o zi la alta, de la un anotimp la altul și de la un an la altul. Evaporația diurnă este mai activă și mai intensă între orele 14 și 16 și mult mai redusă în orele dimineții (4-6). În anotimpul de vară, evaporația are o viteză și o intensitate foarte mare în raport cu anotimpul de iarnă, când acest proces poate să atingă limita zero.

Pe suprafața Oceanului Planetar și pe spațiul continental evaporarea se schimbă în raport cu latitudinea locului. De exemplu, în regiunile tropicale unde temperaturile sunt ridicate, iar regimul eolian este foarte activ, de pe suprafața oceanului se evaporă anual un strat gros de apă de 225 cm, în regiunile temperate gradul de evaporare al apei este mult mai redus, de circa 100 cm, iar în regiunile

polare acesta este foarte scăzut (45 cm). În Marea Roșie și în Golful Persic, unde temperatura apei poate să depășească 40°C, se remarcă cel mai intens proces de evaporare a apei. În lacul Aral, care se află situat în regiunea de pustiu a Kazakstanului, sub influența temperaturilor mai ridicate din timpul verii și a vânturilor puternice care bat tot timpul anului, de pe suprafața lui se evaporă un strat gros de apă de 4,00 m pe an.

Pe suprafața uscatului, gradul de evaporație este cu mult mai redus în comparație cu arealul oceanic. Din observațiile efectuate pe teritoriul țării noastre se constată că evaporația prezintă mici variații de la o regiune la alta. Diferențieri mai accentuate se remarcă de la o unitate de relief la alta. De exemplu, la Iași evaporația pe timp de un an este de 470 mm, la Cluj-Napoca de 516 mm, la Arad de 552 mm, la Buftea de 563 mm, iar la București de 595 mm. Evaporația prezintă valori variabile și de la o lună la alta. În zona orașului București, în luna august se înregistrează cea mai mare cantitate de apă evaporată (92,9 mm) iar în luna ianuarie cantitatea de apă evaporată scade la 8,7 mm.

Cantitatea de vapori absorbită de atmosferă este influențată de temperatura aerului și de gradul de umiditate a regiunii. Când atmosfera prezintă o saturare incompletă, iar temperatura aerului se află în continuă creștere atunci se ridică și limita de saturație. Din observațiile făcute s-a constatat că saturația atmosferei cu vapori de apă depinde de temperatura aerului. De exemplu, la o temperatură de 20°C saturația atmosferei cu vapori de apă ajunge la 17,3 g/m³, la temperatura de 0°C saturația atinge 4,8 g/m³, iar la - 20°C ajunge la 1,1 g/m³.

Vântul este un factor foarte important în influențarea procesului de evaporare de pe suprafața apei sau a uscatului. S-a observat că pe măsură ce crește intensitatea vântului, crește și cantitatea de apă evaporată. Aceasta se explică prin faptul că pe măsură ce viteza vântului crește se intensifică și schimbul între aerul aflat deasupra suprafeței de evaporare și aerul venit din altă parte, mai puțin saturat.

Solul influențează, de asemenea, prin culoarea și structura sa procesul de evaporare. Astfel, la nivelul unui sol de culoare închisă evaporarea se face mult mai ușor și în proporție mai mare decât în cazul solurilor deschise la culoare. De asemenea, structura solurilor și gradul lor de porozitate pot să influențeze procesul de evaporare. Solurile care prezintă o porozitate crescută se caracterizează printr-o circulație intensă a apelor subterane și printr-o evaporare mai redusă la suprafața acestora. Solurile cu structura compactă se caracterizează printr-o evaporație mult mai mare.

Relieful. În funcție de expunerea versanților se creează condiții deosebite în procesul de evaporație, fapt ce se reflectă în distribuția zonală a vegetației. Pe versanții sudici, de regulă mai însoriți decât cei nordici, evaporația este mult mai mare și mai activă. De asemenea, pe relieful care se caracterizează printr-o puternică fragmentare, evaporația va avea valori variabile de la zonele interfluviale până la cele intens adâncite.

Vegetația este un alt factor principal care influențează procesul de evaporație de pe spațiul continental. Astfel, între o zonă lipsită de vegetație și o regiune cu vegetație de stepă, evapotranspirația este mult mai mare în cea din urmă. În regiunile cu întinse suprafețe împădurite, evapotranspirația realizează valori foarte mari fiind asemănătoare cu cele de pe suprafața mărilor și oceanelor de la aceeași latitudine. Dealtfel, din observațiile efectuate asupra unor areale împădurite, s-a constatat că un codru secular de fag (*Fagus silvatica*) redă atmosferei anual prin evapotranspirație între 2,4 și 3,5 milioane litri apă la ha, ceea ce reprezintă 60% din cantitatea de precipitații primite.

2. CONDENSAREA. Când umezeala relativă din atmosferă atinge o saturație completă de 100%, iar temperatura începe să coboare are loc **condensarea**. Aceasta se produce sub forma unor picături de apă, iar în cazul când are loc fenomenul de sublimare apare sub forma unor cristale mici de gheață. În atmosferă condensarea vaporilor poate să aibă loc prin detentă sau prin amestecul a două mase de aer cu temperaturi diferite.

Condensarea prin detentă se realizează atunci când aerul aflat în mișcare ascensională se răcește, de regulă, cu circa $0,6^{\circ}\text{C}$ la fiecare 100 m. La o anumită altitudine aerul va atinge punctul de saturare și va da naștere la fenomenul de condensare. Sub această formă pe suprafața Pământului iau naștere cele mai abundente precipitații.

Condensarea se produce și **prin amestecul a două mase de aer** aflate la un grad limită de saturare și la temperaturi diferite. Modul acesta de condensare dă naștere la cantități reduse de precipitații.

Condensarea vaporilor de apă din atmosferă presupune existența unor nuclee de condensare, de dimensiuni microscopice precum cloruri de origine marină, praf continental sau cosmic, fum ș.a.

Ca principale forme de condensare a vaporilor în atmosferă se remarcă ceața și norii. **Ceața** se produce, de regulă, în anotimpurile de tranziție când un aer cald și umed trece peste o suprafață terestră puternic răcită. La menținerea ei contribuie și diferitele impurități care se găsesc în atmosferă cum ar fi pulberile provenite din mediul industrial.

Norii se formează prin procesul de condensare a vaporilor de apă în condițiile de scădere a temperaturii aerului sau în condițiile când se realizează un contact între masele de aer cald și umed cu masele de aer rece. Gradul de acoperire cu nori reprezintă **nebulozitatea** și se exprimă pe baza unei scări cuprinse între 0 și 10. Acolo unde umiditatea relativă este ridicată, cum este cazul în regiunea ecuatorială, se înregistrează nebulozitatea cea mai accentuată (5,5 - 6); în regiunile tropicale, unde bat alizeele, umiditatea relativă este foarte scăzută și în consecință nebulozitatea este minimă (4 - 4,5).

3. PRECIPITAȚIILE. Precipitațiile atmosferice reprezintă o componentă importantă a bilanțului hidrologic și implicit a circuitului apei în natură. Ele constituie rezultatul condensării vaporilor de apă în atmosferă sau la nivelul suprafeței terestre, fiind generate de schimbările de temperatură sau de presiune. Producerea precipitațiilor atmosferice este determinată de unirea picăturilor de apă condensate în jurul diferitelor nuclee. Prin creșterea greutateii, forța de gravitație devine mai puternică și picăturile pot ajunge astfel la nivelul solului.

Precipitațiile cad pe suprafața Pământului în stare lichidă sau solidă adică sub formă de ploi, burniță, zăpadă, grindină, promoroacă etc. Tot în grupa precipitațiilor pot fi incluse și alte forme de condensare a vaporilor de apă la nivelul suprafeței terestre cum ar fi bruma, chiciura și roua. Parametrii cantitativi utilizați pentru caracterizarea precipitațiilor sunt stratul de apă căzut (în mm) și intensitatea ploii (în mm/min sau în mm/oră).

Din punct de vedere al genezei, precipitațiile atmosferice pot fi frontale, convective și orografice (C. Cosandey et M. Robinson, 2000).

Precipitațiile frontale (de tip ciclonic) sunt generate de întâlnirea a două mase de aer cu temperaturi și grad de umiditate diferite.

Precipitațiile convective sunt consecința încălzirii locale a suprafeței terestre, care determină urcarea ascendentă a aerului și răcirea sa adiabatică. Sunt precipitații

intense și de scurtă durată, specifice îndeosebi zonelor intertropicale și celor temperate în anotimpul de vară.

Precipitațiile orografice apar în urma ascendenței aerului bogat în umiditate impusă de prezența unei bariere orografice (montane). Sunt caracteristice versanților masivelor montane expuși direct circulației maselor de aer de origine oceanică, în timp ce versanții opuși primesc cantități mai reduse de precipitații. Este cazul, de exemplu, versanților vestici ai Carpaților Occidentali și Orientali care, spre deosebire de cei estici, recepționează cantități mai importante de precipitații, fapt reflectat și de debitele mai bogate ale râurilor.

Repartiția precipitațiilor pe suprafața uscatului este influențată de apropierea sau de îndepărtarea unei regiuni față de bazinele oceanice sau marine care furnizează o mare cantitate de umezeală, de condițiile de relief ale regiunii respective și de gradul de acoperire cu vegetație. De exemplu, în regiunile muntoase cantitatea de precipitații va fi mai mare decât în regiunile de câmpie. Cantitatea de precipitații diferă de la o zonă climatică la alta. În **regiunea ecuatorială**, unde curenții ascendenți sunt foarte dezvoltati, cantitatea medie anuală de precipitații variază între 1500 și 2000 mm. Pe unele insule muntoase din Oceanul Pacific această cantitate poate să depășească 10000 mm. În **regiunea tropicală** unde se manifestă acțiunea curenților descendenți, precipitațiile lipsesc favorizând menținerea și uneori extinderea unor areale de pustiuri sau semipustiuri. În **zonele temperate** unde se remarcă influența ariilor ciclonice, cantitatea precipitațiilor crește din nou până la circa 1000 mm pe an. În **zona rece**, ca rezultat al temperaturilor joase, cantitatea de precipitații scade la limite de 150 - 250 mm/an.

Există câteva puncte pe glob unde anual cad mari cantități de precipitații. De exemplu, la Cerrapundji, localitate situată la poalele Himalayei, anual cade o cantitate medie de precipitații de 12655 mm. În anul 1851 s-a înregistrat o cantitate de 14789 mm. De asemenea, la San Juan del Sur din Nicaragua, anual cade o cantitate de 6588 mm, la Anori în Columbia se semnalează 7139 mm, iar la Waialeal (în Insulele Hawaii) 12090 mm pe an.

Pe Glob există însă și regiuni foarte aride, unde cantitatea medie anuală de precipitații este foarte mică. De exemplu, în zonele unde bat alizeele s-au format întinse deșerturi (Sahara, Arabia, Mesopotamia, Kalahari). Altele au luat naștere în spatele unor centuri muntoase (Camanchacas-Peru, California, Tibet, Iran etc.). În astfel de regiuni pot fi ani de-a rândul când nu cade nici o picătură de apă. De exemplu, la Arica din pustiul Atacama plouă în medie o dată la 25 ani.

4. **INTERCEPTIA** reprezintă procesul prin care apa căzută sub formă de precipitații este reținută de către învelișul vegetal. Ulterior, o parte din apa interceptată se evaporă, iar altă parte poate ajunge cu întârziere la nivelul solului. Cantitatea de apă reținută prin interceptie variază în funcție de tipul și densitatea vegetației. Se estimează că vegetația cu un aparat foliar bine dezvoltat (pădurile de foioase, mixte) poate intercepta până la 30% din precipitațiile căzute, pajiștile până la 25%, iar culturile agricole, până la 15% (A. Musy et V. Laglaine, 1992).

Întrucât este greu de determinat cantitativ, iar volumul de apă interceptat este, în general, redus în comparație cu alte elemente componente ale circulației apei în natură, în calculele de bilanț este adesea neglijată.

5. **INFILTRAȚIA** reprezintă procesul de pătrundere a apei în sol și în interiorul scoarței sub acțiunea forței gravitaționale. Pentru adâncimi mai mari se utilizează termenul de **percolație**. Intensitatea infiltrației este influențată de proprietățile hidrogeologice ale rocilor (porozitate, permeabilitate, grad de înședare ș.a.) și caracteristicile solului (textură, structură, grad de îngheț). Ea poate fi